



वीएसएससी, एलपीएससी, आईपीआरसी एवं आईआईएसयू
के सहयोग से

एक दिवसीय हिंदी तकनीकी संगोष्ठी

अंतरिक्ष अनुसंधान में हाल की प्रगति -
नवाचार और उद्भवन के अवसर
25 नवंबर, 2022

भारतीय अंतरिक्ष विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी संस्थान
तिरुवनंतपुरम



सत्यमेव जयते

भारतीय अंतरिक्ष विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी संस्थान

(वि.अ.आयोग अधिनियम 1956 की धारा-3 के अधीन मानित विश्वविद्यालय घोषित)

भारत सरकार, अंतरिक्ष विभाग, वलियमला पोस्ट, तिरुवनंतपुरम 695 547 भारत



INDIAN INSTITUTE OF SPACE SCIENCE AND TECHNOLOGY

(A Deemed to be University u/s 3 of the UGC Act, 1956)

Government of India, Department of Space

Valiamala P. O, Thiruvananthapuram 695 547 India

www.iist.ac.in

दूरभाष (Tel): +91 471 2568402 फेक्स (Fax): +91 471 2568401 ई-मेल (E-mail): unnikrishnan@iist.ac.in

डॉ. उण्णिकृष्णन नायर एस / Dr. Unnikrishnan Nair S

निदेशक / Director



संदेश

नवंबर 8, 2022

भारतीय अंतरिक्ष विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी संस्थान (आईआईएसटी) देश का ऐसा प्रथम संस्थान है, जो अंतरिक्ष विज्ञान, अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी एवं अंतरिक्ष अनुप्रयोगों में विशेष बल देकर स्नातक, स्नातकोत्तर, डॉक्टरल और पोस्ट डॉक्टरल स्तर पर उच्च शिक्षा प्रदान करता है। हमारा दृष्टिकोण, विशेष रूप से अंतरिक्ष विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी में उच्च प्रभावी अनुसंधान के माध्यम से ज्ञान को आगे बढ़ाकर, तकनीकी रूप से कुशल और सामाजिक रूप से जागरूक पेशेवरों को तैयार करने और नवाचार संचालित उद्यमिता को उत्प्रेरित करने के लिए गुणवत्तापूर्ण शिक्षा प्रदान करते हुए एक अग्रणी शैक्षणिक संस्थान होना है, जिससे राष्ट्र और वैश्विक समाज की जरूरतों को पूरा किया जा सके। आईआईएसटी एक ओर से पूरी निष्ठा से शिक्षण, अधिगम एवं अनुसंधान में उत्कृष्टता प्राप्त करने के लिए प्रतिबद्ध है तो दूसरी ओर संघ सरकार की राजभाषा नीति के अनुपालन में सदा अग्रणी रहने का प्रयास करता आ रहा है।

हमारे लिए यह बड़ी खुशी की बात है कि इस वर्ष अंतरिक्ष विभाग के पूल सी (वीएसएससी, एलपीएससी, आईपीआरसी, आईआईएसयू एपीईपी एवं आईआईएसटी) के केंद्रों / यूनिटों के लिए हमारा संस्थान नवंबर 25, 2022 को "अंतरिक्ष अनुसंधान में हाल की प्रगति - नवाचार और उद्भवन के अवसर" विषय पर हिंदी तकनीकी संगोष्ठी का आयोजन कर रहा है। इसरो हमेशा नवाचार की भावना को बढ़ावा देने का प्रयास करता है और व्यवस्थित वैज्ञानिक मार्गदर्शन के द्वारा ज्ञान संचालित उद्यमों को स्थापित करने और समृद्ध करने के लिए एक आधारशिला के रूप में कार्य करता है। इसलिए संगोष्ठी का विषय न केवल समसामयिक है, बल्कि संगोष्ठी के प्रतिभागी केंद्रों व यूनिटों के क्रियाकलापों से सीधा संबंध भी रखता है।

इस संगोष्ठी में प्रस्तुतीकरण हेतु कुल 40 लेख चयनित हुए हैं और सभी लेखकों के सारगर्भित एवं ज्ञानवर्धक लेखों को इस लेख संग्रह में शामिल किया गया है। निश्चित रूप से यह लेख-संग्रह तकनीकी विषयों पर हिंदी के उपयोगी दस्तावेज सिद्ध होगा।

में सभी केंद्रों / यूनिटों के लेखकों, सभी समितियों के सदस्यों और संगोष्ठी से जुड़े हर व्यक्ति को संगोष्ठी के सफल आयोजन के लिए शुभकामनाएं देता हूँ और आशा करता हूँ कि यह संगोष्ठी प्रतिभागियों के स्मृति पटल पर चिरकाल तक अंकित रहे।

(उण्णिकृष्णन नायर एस.)

भारत सरकार
अंतरिक्ष विभाग
विक्रम साराभाई अंतरिक्ष केंद्र
तिरुवनंतपुरम - 695 022, भारत
दूरभाष : 0471-2565567/2704412
फैक्स : 0471-2704105
ईमेल : director@vssc.gov.in



Government of India
Department of Space
Vikram Sarabhai Space Centre
Thiruvananthapuram - 695 022, India
Phone : +91-471-2565567/2704412
Fax : +91-471-2704105
Email : director@vssc.gov.in

डॉ उष्णिक्ष्णन नायर एस
Dr Unnikrishnan Nair S
विशिष्ट वैज्ञानिक व
Distinguished Scientist &
निदेशक/Director



संदेश

अंतरिक्ष विभाग के केंद्रों / यूनिटों के लिए तकनीकी हिंदी संगोष्ठी एक ऐसी गतिविधि है जो अंतरिक्ष विज्ञान और प्रौद्योगिकी के क्षेत्रों में नवीनतम और सबसे महत्वपूर्ण डोमेनों को लोकप्रिय बनाने की बात को अत्यधिक महत्व देते हुए इसरो द्वारा पर्याप्त लगन के साथ की जाती है। इस वर्ष संगोष्ठी का आयोजन भारतीय अंतरिक्ष विज्ञान और प्रौद्योगिकी संस्थान द्वारा "अंतरिक्ष अनुसंधान में हाल की प्रगति - नवाचार और उद्भवन के अवसर" विषय के साथ किया जा रहा है। विषय और स्थान दोनों का काफी महत्व है।

हमारे देश में अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी के विकास की यात्रा के उपयुक्त क्षण में, सभी इच्छुक लोगों को अवसर देते हुए, अंतरिक्ष अर्थव्यवस्था में उभरते वैश्विक बाजार को कब्जे में करने के अभियान में इसरो जैसे सरकारी अभिकरणों के साथ शामिल होने के लिए निजी उद्यमियों और स्टार्टअपों को आमंत्रित करने का निर्णय किया गया है। नवाचार और उद्भवन के अवसरों का पता लगाने, वाद-विवाद करने और विचार करने के लिए यह विषय अभी सबसे उचित है।

मैं समझता हूँ कि आईआईएसटी, तिरुवनंतपुरम में 25 नवंबर, 2022 को निर्धारित तकनीकी हिंदी संगोष्ठी में विभिन्न विषयों पर चालीस लेख प्रस्तुत किए जाएंगे और संगोष्ठी के लेख-संग्रह का विमोचन उस समारोह में किया जाएगा। मैं संगोष्ठी के आयोजन और लेख-संग्रह की तैयारी और विमोचन हेतु आयोजकों को शुभकामनाएं देता हूँ। प्रतिभागियों को, डोमेन की नई अवधारणाओं से अवगत होने और क्षेत्र के प्रतिष्ठित लोगों के संपर्क में रहने के अवसर सहित, भारतीय अंतरिक्ष विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी संस्थान (आईआईएसटी), वलियमला, तिरुवनंतपुरम के मनोरम परिसर में एक यादगार दिन मिले।

(उष्णिक्ष्णन नायर एस)

भारत सरकार
अंतरिक्ष विभाग
द्रव नोदन प्रणाली केंद्र
वलियमला पोस्ट
तिरुवनंतपुरम - 695 547, भारत
दूरभाष : 0471 2567257/2567554
फैक्स : 0471 2567242
इमेल : director@lpsc.gov.in



Government of India
Department of Space
Liquid Propulsion Systems Centre
Valiamala P.O.
Thiruvananthapuram - 695 547, India
Telephone : 0471 2567257/2567554
Fax : 0471 2567242
Email : director@lpsc.gov.in

डॉ. वी. नारायणन/Dr. V. Narayanan
निदेशक/Director



निदेशक, एल पी एस सी का संदेश

यह जानकर मुझे अति प्रसन्नता है कि अंतरिक्ष विभाग के पूल सी के केंद्रों/यूनिटों यथा वी एस एस सी, एल पी एस सी, आई पी आर सी, आई आई एस यू तथा आई आई एस टी के लिए भारतीय अंतरिक्ष विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी संस्थान(आई आई एस टी) द्वारा हिंदी तकनीकी संगोष्ठी 2022 का आयोजन किया जा रहा है। इसरो एक ऐसा संगठन है जिसने राजभाषा हिंदी को प्रमुखता से महत्व दिया है तथा बहुत जटिल वैज्ञानिक एवं तकनीकी प्रणालियों पर कार्य करने के बावजूद इसे कार्यान्वित करने में सदैव हर संभव प्रयास किया है।

संगोष्ठी के लिए चयनित विषय:-“अंतरिक्ष अनुसंधान में हाल की प्रगति – नवाचार और उद्भवन के अवसर पर” वास्तव में बहुत ही प्रासंगिक विषय है तथा इसमें विचार-विमर्श के पर्याप्त अवसर सन्निहित हैं। अंतरिक्ष विज्ञान में हाल में हुई प्रगतियों को देखते हुए कुछ का उल्लेख करना मुश्किल है क्योंकि वर्तमान में हम ने अत्यंत महत्वकांक्षी योजनाओं यथा मानव अंतरिक्ष अभियान(गगनयान), एवं कई अन्य वैज्ञानिक अभियान जैसे आदित्य L1, शुक्र अभियान, भारी उत्थान प्रमोचन यान विकास, विद्युत नोदन पर आधारित अंतरिक्षयान, क्वांटम संचार प्रारंभ किया गया है। इन महत्वकांक्षी अभियानों को पूरा करने के लिए, हमें विभिन्न विद्याओं में कई नवीन प्रौद्योगिकियों का विकास से जिनपर संगोष्ठी में निश्चित ही प्रकाश डालेंगे, करनी होंगी और इनमें पारंगत होना होगा। आगे हमने अंतरिक्ष क्षेत्र में सुधारों को अपनाया है जिससे जो नये निजी उद्यमियों एवं नवोद्यमियों के लिए मल्टीबिलियन उद्योग के द्वार खोलेगा। पर इसरो से नहीं बल्कि इसरो के परिधि से बाहर के कई प्रतिभाशाली एवं रुचि रखने वाले व्यक्तियों को भी नवाचार एवं उद्भवन का अवसर प्रदान करेंगे।

यह हिंदी तकनीकी संगोष्ठी निश्चित ही नई प्रौद्योगिकियों एवं विचारों का मार्ग प्रशस्त करेगी जिन्हें सभी उद्भवनों के लिए स्पिनऑफ में परिवर्तित किया जा सकता है तथा हमारे युवाओं को अपेक्षित नवाचारों की ओर प्रेरित करेगी। राष्ट्र के रूप में भारत वैज्ञानिक उन्नति से ही हर क्षेत्र में तरक्की कर सकता है तथा अपनी राजभाषा में इसकी पहल बेहद सराही जानी चाहिए। मैं एक बार पुनः इस हिंदी तकनीकी संगोष्ठी के आयोजकों को बधाई देता हूँ तथा संपूर्ण समारोह के लिए उन्हें शुभकामनाएँ देता हूँ।

व. नारायणन

व नारायणन
निदेशक, एल पी एस सी

भारत सरकार
अंतरिक्ष विभाग
इसरो नोदन कॉम्प्लेक्स (आईपीआरसी)
महेंद्रगिरि पी.ओ., तिरुनेलवेली जिला - 627 133
तमिलनाडु, भारत

दूरभाष : 04637 - 281444, 445

फैक्स : 04637 - 281447



Government of India
Department of Space
ISRO Propulsion Complex (IPRC)
Mahendragiri P.O., Tirunelveli District - 627 133
Tamil Nadu, India

Telephone : 04637 - 281444, 281445

Fax : 04637 - 281447

Email : director@iprc.gov.in

एम. बदरीनारायण मूर्ति
उत्कृष्ट वैज्ञानिक
निदेशक, आईपीआरसी



संदेश

मैं भारतीय अंतरिक्ष विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी संस्थान, वलियमला, तिरुवनंतपुरम को इसरो के केंद्रों/इकाइयों के पूल 'सी' के लिए "अंतरिक्ष अनुसंधान में हाल की प्रगति - नवाचार और उद्भव के अवसर" विषय पर एक दिवसीय हिंदी तकनीकी संगोष्ठी आयोजित करने के लिए बहुत खुशी और गर्व के साथ बधाई देता हूं। साथ ही, मैं यह जानकर प्रसन्नता व्यक्त करता हूं कि पूल 'सी' केंद्रों/इकाइयों के वैज्ञानिक इस संगोष्ठी में हिंदी, हमारी राजभाषा में चालीस तकनीकी पत्र प्रस्तुत कर रहे हैं।

अंतरिक्ष विज्ञान और प्रौद्योगिकी के अनुप्रयोग मुख्य रूप से सतत विकास लक्ष्यों को प्राप्त करने के लिए हैं। इसके अलावा, अंतरिक्ष विज्ञान और प्रौद्योगिकी के अनुप्रयोग का यह विश्लेषण करता है कि कैसे नए तकनीकी विकास अंतरिक्ष-आधारित अनुप्रयोगों का उपयोग करने की लागत को कम करते हैं और स्थानीय, राष्ट्रीय, क्षेत्रीय और अंतरराष्ट्रीय हितधारकों के बीच विशेष रूप से भारत जैसे विकासशील देशों में लक्ष्यों से संबंधित अनुप्रयोगों को संभावित रूप से बढ़ाते हैं। अंतरिक्ष अनुसंधान में प्रगति ने कई नवाचारों को विकसित करने में मदद की है। उदाहरण के लिए, चिकित्सा क्षेत्र में इसने कैंसर, अल्जाइमर रोग और अन्य अवस्थाओं को भी समझने में मदद की। कोलाइड अनुसंधान कंपनियों को रोज़मर्रा के उत्पादों के डिजाइन को बेहतर बनाने में मदद करता है, जिनके बारे में हमने सुना है, जैसे टूथपेस्ट और फार्मास्यूटिकल्स। अंतरिक्ष अनुसंधान में हुई प्रगतियों में से ये केवल कुछ ही तरीके हैं जिनसे मनुष्यों के जीवन में सुधार हुआ है, लेकिन अभी और भी बहुत कुछ बाकी है।

प्रौद्योगिकी की हमेशा बदलती प्रकृति के लिए इसरो को हमेशा "अगली सबसे अच्छी चीज" की तलाश में लगे रहने की आवश्यकता है। प्रौद्योगिकी में नवाचार इसरो को अधिक कुशल और लागत प्रभावी बनाने के साथ-साथ अंतरिक्ष अन्वेषण के लिए नई संभावनाओं और अवसरों के द्वार खोलने की अनुमति देता है। हम सभी जानते हैं कि भारत ने वर्षों से स्पेस टेक से संबंधित विभिन्न पहलुओं और चुनौतियों का समर्थन किया है। अटल इनक्यूबेशन सेंटर योजना में उद्यमिता और नवाचार का समर्थन करने के लिए अटल इनोवेशन मिशन इसमें से एक है।

अंतरिक्ष अनुसंधान में वैश्विक प्रगति को ध्यान में रखते हुए, आयोजकों द्वारा चुने गए संगोष्ठी का विषय समय की मांग है और अत्यधिक प्रशंसनीय है। आशा है कि यह संगोष्ठी सभी हितधारकों को 'कैसे अंतरिक्ष अनुसंधान में प्रगति नवाचार और उद्भव के अवसर प्रदान करेगी' को बेहतर ढंग से समझने का एक शानदार अवसर देगी। इस अवसर पर मैं सभी को हार्दिक बधाई देता हूं और संगोष्ठी की शानदार सफलता की कामना करता हूं।

एम. बदरीनारायण
(एम. बदरीनारायण मूर्ति)

भारत सरकार
अंतरिक्ष विभाग

इसरो जड़त्वीय प्रणाली यूनिट

वट्टियूरकाव पी.ओ

तिरुवनंतपुरम -695 013

दूरभाष : +91(471)2361933/2569333

फैक्स : +91(471) 2361973

ई-मेल : iisu_director_office@vssc.gov.in



Government of India

Department of Space

ISRO Inertial Systems Unit

Vattiyoorakavu P.O.

Thiruvananthapuram-695 013

Telephone: +91(471)2361933 / 2569333

Fax: +91(471)2361973

e-mail: iisu_director_office@vssc.gov.in

डॉ. डी. साम दयाल देव / Dr. D Sam Dayala Dev

विशिष्ट वैज्ञानिक / Distinguished Scientist

निदेशक / Director



संदेश

यह मेरे लिए अत्यंत हर्ष का विषय है कि इसरो के तिरुवनंतपुरम स्थित केंद्रों/यूनिटों (विक्रम साराभाई अंतरिक्ष केंद्र, द्रव नोदन प्रणाली केंद्र, इसरो जड़त्वीय प्रणाली एकक, आईपीआरसी, एपीईपी तथा आईआईएसटी) के संयुक्त प्रयास से भारतीय अंतरिक्ष विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी संस्थान (आईआईएसटी) वलियमला, तिरुवनंतपुरम द्वारा 25 नवंबर, 2022 को हिंदी तकनीकी संगोष्ठी का आयोजन किया जा रहा है। इस संगोष्ठी का विषय "अंतरिक्ष-अनुसंधान में हाल की प्रगति - नवाचार और उद्घवन के अवसर" न केवल इसरो द्वारा की गई प्रगति को रूपांकित करता है वरन् भारत सरकार द्वारा अंतरिक्ष क्षेत्र को निजी संस्थानों के लिए खोलने के क्रांतिकारी कदम के फलस्वरूप अंतरिक्ष के क्षेत्र में उत्पन्न नवाचार और उद्घवन के अवसरों का भारत के निजी प्रौद्योगिकी संस्थानों द्वारा दोहन और भारत के आर्थिक विकास में होनेवाली भूमिका को भी संपूर्ण रूप से दर्शाता है। मुझे दृढ़ विश्वास है कि संगोष्ठी के दौरान प्रतिभागियों द्वारा इस विषय में नए-नए विचार प्रस्तुत किए जाएंगे और उनमें से कुछ महत्वपूर्ण निष्कर्ष भी निकलेंगे जो कि भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रमों की पूर्ण सफलता और देश की आर्थिक उन्नति में सहायक सिद्ध होंगे।

मुझे यह जानकर भी अत्यंत हर्ष हो रहा है कि इस संगोष्ठी में वैज्ञानिकों ने बढ़-चढ़कर भाग लिया है और संगोष्ठी के दौरान प्रस्तुतीकरण हेतु चालीस लेखों का चयन किया गया है तथा इन सभी लेखों को इस लेख संग्रह में शामिल किया गया है। मुझे पूर्ण विश्वास है कि यह लेख संग्रह हिंदी में किए गए वैज्ञानिक कार्यों की एक उच्च कोटि की संदर्भ पुस्तिका सिद्ध होगा। मैं अपनी तरफ से व आईआईएसटी की तरफ से सभी चयनित लेखों के लेखकों को हार्दिक बधाई देता हूँ व संगोष्ठी की पूर्ण सफलता की कामना करता हूँ।

नवंबर 01, 2022

(डॉ. डी. साम दयाल देव/
Dr. D Sam Dayala Dev)



सत्यमेव जयते

भारतीय अंतरिक्ष विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी संस्थान

(वि.अ.आयोग अधिनियम 1956 की धारा-3 के अधीन मानित विश्वविद्यालय घोषित)

भारत सरकार, अंतरिक्ष विभाग, वलियमला पोस्ट, तिरुवनंतपुरम 695 547 भारत



INDIAN INSTITUTE OF SPACE SCIENCE AND TECHNOLOGY

(A Deemed to be University u/s 3 of the UGC Act, 1956)

Government of India, Department of Space

Valiamala P. O, Thiruvananthapuram 695 547 India

www.iist.ac.in

दूरभाष (Tel): +91 471 2568403 (0) 2568464 (D), फ़ैक्स (Fax): +91 471 2568463

ई-मेल (E-mail): registrar@iist.ac.in, yvnkrishna@iist.ac.in

डॉ. वाई.वी.एन. कृष्ण मूर्ति

Dr. Y. V. N. Krishna Murthy

वरिष्ठ आचार्य व कुलसचिव

Senior Professor & Registrar



संदेश

यह हमारे लिए अत्यंत हर्ष का विषय है कि इस वर्ष अंतरिक्ष विभाग के पूल सी (वीएसएससी, एलपीएससी, आईपीआरसी, आईआईएसयू, एपीईपी एवं आईआईएसटी) के केंद्रों / यूनिटों के लिए भारतीय अंतरिक्ष विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी संस्थान, आईआईएसटी नवंबर 25, 2022 को “अंतरिक्ष अनुसंधान में हाल की प्रगति-नवाचार और उद्भवन के अवसर” विषय पर हिंदी तकनीकी संगोष्ठी का आयोजन कर रहा है। यह विषय अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी के साथ-साथ भारतीय आर्थिक और औद्योगिक पहलू को भी स्पर्श करता है।

इसरो अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी विकास, अन्वेषण और क्षमता निर्माण में निजी प्रवेश को प्रोत्साहित करने तथा नवाचार एवं उद्भवन के अवसर दिलाने का प्रयास करता है। इसरो ने देश को कई ख्याति दिलाई है, हालांकि आज निजी क्षेत्र भी अंतरिक्ष में काम कर रहा है और बहुत से व्यक्तियों और स्टार्ट अप ने अंतरिक्ष से संबंधित तकनीक विकसित करने में अपना योगदान दिया है। इसलिए समकालीन भारतीय परिदृश्य में यह विषय अत्यधिक प्रासंगिक और उपयोगी है।

हिंदी तकनीकी संगोष्ठी जैसे कार्यक्रम सामूहिक प्रयासों का सुफल होते हैं। संगोष्ठी के सभी लेखकों, विभिन्न समितियों और कार्यालय के अधिकारियों, कर्मचारियों के अमूल्य समय व श्रम ने इस संगोष्ठी की सफलता की नींव रखी है। आयोजन समिति के अध्यक्ष होने के नाते मैं सभी समिति के सदस्यों, प्रतिभागियों और प्रत्यक्ष – परोक्ष रूप से योगदान देने वाले प्रत्येक व्यक्ति को बधाई देता हूँ।

कार्यक्रम की सफलता के लिए मेरी ओर से हार्दिक शुभकामनाएं।

कृष्ण मूर्ति

(वाई. वी. एन. कृष्ण मूर्ति)

कुलसचिव, आईआईएसटी



वायुगतिक अभिकल्पना एवं संश्लेषण ग्रुप
AERODYNAMIC DESIGN & SYNTHESIS GROUP
एयरो एन्टिटी /Aeronautics Entity
विक्रम साराभाई अंतरिक्ष केन्द्र/ Vikram Sarabhai Space Centre
तिरुवनंतपुरम- /Thiruvananthapuram- 695022

डॉ पंकज प्रियदर्शी /Dr. Pankaj Priyadarshi
ग्रुप निदेशक/ Group Director

टेलिफोन: 0471 256 5349
ईमेल: pankaj_priyadarshi@vssc.gov.in



संदेश

इस वर्ष भारतीय अंतरिक्ष विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी संस्थान, आईआईएसटी, वलियमला में नवंबर 25, 2022 को हिंदी तकनीकी संगोष्ठी का आयोजन किया जा रहा है। इस अवसर पर मैं लेखकों को बधाई देना चाहता हूँ क्योंकि यह संकलन उन ही की मेहनत का फल है। इन सभी लेखों को विशेषज्ञों ने पढ़ कर अपनी टिप्पणियाँ द्वारा और सुधारा है। इन विशेषज्ञों ने लेखों का वर्गीकरण भी किया है। इस योगदान के लिए सभी विशेषज्ञों को बहुत-बहुत धन्यवाद।

इन लेखों के द्वारा जटिल विषयों को जनसामान्य की भाषा, हिंदी, में प्रस्तुत करने से सभी प्रतिभागियों की इन विषयों में ज्ञानवृद्धि होगी। हमें यह प्रयास करना है कि हम जहाँ तक हो सके वहाँ तक अपने दैनिक कार्यों में हिंदी का प्रयोग करें। इसमें हिंदी संगोष्ठियों का योगदान काफी अच्छा रहा है।

इस संगोष्ठी में 40 लेख प्रस्तुत किए जाएंगे। हमने कोशिश की है कि सभी लेखकों को अपने लेख प्रस्तुत करने का उचित समय मिले। इसलिए दो सत्र एक साथ चलाए जाएंगे और कुछ लेख पोस्टर सत्र में भी प्रस्तुत किए जाएंगे। सभी सत्रों में पाँच - पाँच लेख प्रस्तुत किए जाएंगे। इससे सभी को विचार विमर्श करने का समय भी मिलेगा।

इस अवसर पर मैं सभी लेखकों को हार्दिक शुभकामनाएं देता हूँ और उम्मीद करता हूँ कि वे हिंदी में वैज्ञानिक कार्यों को करने का प्रयास करते रहेंगे और दूसरों को भी प्रेरित करेंगे।

पंकज प्रियदर्शी
ग्रुप निदेशक, एडीएसजी
एयरो, वीएसएससी
अध्यक्ष, मूल्यांकन एवं संपादकीय समिति

संरक्षक

डॉ. उष्णिक्कृष्णन नायर एस.

निदेशक

कोर समिति

| | |
|---------------------------------------------------------------------------|------------|
| डॉ. वाई. वी. एन. कृष्ण मूर्ति, कुलसचिव, आईआईएसटी..... | अध्यक्ष |
| डॉ. कुरुविळा जोसफ़, डीन, एस ए, एस डब्ल्यू, ओ आर..... | सह-अध्यक्ष |
| डॉ. दीपक मिश्रा, आचार्य, एविओनिकी विभाग..... | सदस्य |
| डॉ. उमेश आर. कढ़णे, आचार्य, भौतिकी विभाग..... | सदस्य |
| डॉ. पूना राम सिन्हा, सहायक आचार्य, पृथ्वी एवं अंतरिक्ष विज्ञान विभाग..... | सदस्य |
| डॉ. अशोक कुमार, सहायक आचार्य, भौतिकी विभाग..... | सदस्य |
| श्री. आर. हरि प्रसाद, उप कुलसचिव (ग्रेड - II)..... | सदस्य |
| श्रीमती बिंदिया के. आ., उप कुलसचिव (ग्रेड - I), प्रशासन..... | सदस्य |
| श्री. राकेश. आर. मेनेन, उप कुलसचिव (ग्रेड - I), क्रय एवं भंडार..... | सदस्य |
| श्री. प्रदीप कुमार के. आर, वरिष्ठ प्रशासन अधिकारी, स्थापना..... | सदस्य |
| डॉ. पंकज प्रियदर्शी, वैज्ञा./इंजी. एच, एयरो..... | सदस्य |
| डॉ. तरुण कुमार पंत, वैज्ञा./इंजी. एसजी, एसपीएल..... | सदस्य |
| डॉ. विपिन कुमार यादव, वैज्ञा./इंजी. एसएफ, एसपीएल..... | सदस्य |
| श्रीमती लक्ष्मी जी, सहा. निदेशक (रा.भा.) (तदर्थ) | सदस्य |
| श्री. सूर्यमणि त्रिपाठी वैज्ञा./इंजी एसजी/उ.प्र.प्र, एफ सी वी डी..... | सदस्य |
| डॉ दीपक कुमार अग्रवाल, वैज्ञा./इंजी एसजी/प्र.प्र, एचटीडी..... | सदस्य |
| श्री आशीष मिश्रा, वैज्ञा./इंजी एसएफ, क्यूए-सीई व सी एस..... | सदस्य |
| श्री. मनोज कुमार, सहा. निदेशक (रा भा) | सदस्य |
| श्री. राजीव सिन्हा, वैज्ञानिक/ इंजीनियर- जी, ग्रुप निदेशक, एमडीपीजी..... | सदस्य |
| श्रीमती अंशु पाठक, वैज्ञानिक/ इंजीनियर- एस ई, आर क्यू ए..... | सदस्य |
| श्रीमती जिता पी. तोमस, वैज्ञानिक/ इंजीनियर- एस ई..... | सदस्य |
| श्री. राम चंद्र अड्डुरु, वैज्ञानिक/ इंजीनियर - एस एफ..... | सदस्य |
| श्रीमती नीतु पी. टी, कनिष्ठ अनुवाद अधिकारी..... | सदस्य |
| श्री. लोकेश कुमार, वैज्ञानिक/इंजीनियर - एसई..... | सदस्य |
| श्री. विकाश कुमार, वैज्ञानिक/इंजीनियर - एसई..... | सदस्य |
| डॉ. विजय शेखर, कनिष्ठ अनुवाद अधिकारी..... | सदस्य |
| श्रीमती सिमी असफ़, सहायक निदेशक (राजभाषा), आईआईएसटी..... | संयोजक |

मूल्यांकन सह संपादकीय समिति

- डॉ. पंकज प्रियदर्शी, वैज्ञानिक/इंजीनियर एच, एयो, वीएसएससी.....अध्यक्ष
श्री. राजीव सिंहा, जीडी, टीएसडीजी/एमआईएसए, आईआईएसयू.....सह-अध्यक्ष
डॉ. निशांक कुमार, प्रभाग प्रधान/एसएमईडी/एसआईएस/आईआईएसयू.....सदस्य
डॉ. उमेश आर कढणे, आचार्य, भौतिकी विभाग, आईआईएसटी.....सदस्य
डॉ. तरूण कुमार पंत, वैज्ञानिक/इंजीनियर एसजी, एसपीएल, वीएसएससी.....सदस्य
डॉ. विपिन कुमार यादव, वैज्ञानिक/इंजीनियर एसएफ, एसपीएल, वीएसएससी.....सदस्य
श्री. सूर्य मणि त्रिपाठी, वैज्ञानिक/इंजीनियर एसजी/डीडीएच. एफ सीवीडी, एलपीएससी...सदस्य
डॉ. दीपक कुमार अगरवाल, वैज्ञानिक/इंजीनियर एसजी/डीएच, एचटीडी, एलपीएचसी.....सदस्य
श्री आशीष मिश्रा, वैज्ञानिक/इंजीनियर एसएफ, क्यूए-सीई एवं सीएस, एलपीएससी.....सदस्य
श्री. विकास कुमार, वैज्ञानिक/इंजीनियर एसई, आईपीआरसी.....सदस्य
डॉ. दीपक मिश्रा, आचार्य, एविओनिकी विभाग, आईआईएसटी.....संयोजक

स्वागत समिति

- डॉ. वी. सेन्नाराज, उपकुसचिव (ग्रेड-II), शैक्षिकी, आईआईएसटी.....अध्यक्ष
श्री. प्रशांत पी, वैज्ञानिक/इंजीनियर एसई, आईएसएमपी/आईएसपीई/आईआईएसयू सह-अध्यक्ष
श्रीमती रेनी तोमथ, उप कुलसचिव (ग्रेड-I), वित्त, आईआईएसटी.....सदस्य
श्रीमती थंगासेल्वी आर, वरिष्ठ प्रशासन अधिकारी, एलपीएससी.....सदस्य
श्रीमती श्रीजा आर. कनिष्ठ अनुवाद अधिकारी, एलपीएससी.....सदस्य
कुमारी मून बकाया हज़रिका, वैज्ञानिक/इंजीनियर एससी, एवीएन, वीएसएससी.....सदस्य
श्रीमती ज्योति यादव, अध्यापक, एससीएस, वीएसएससी.....सदस्य
श्रीमती श्रुती सी. वरिष्ठ वैज्ञानिक सहायक-ए, एपीईपी.....सदस्य
श्रीमती मोली के. पी., लेखा अधिकारी, लेखा, आईपीआरसी.....सदस्य
श्री. सतीश कुमार वी. वरिष्ठ तकनीकी सहायक-ए, आईआईएसटी.....संयोजक

पंजीकरण समिति

- श्री. प्रियदर्शन, एसएफ, एआईएस, आईआईएसयू.....अध्यक्ष
श्रीमती पदमिनि एस, प्रशासन अधिकारी, एलपीएससी.....सह-अध्यक्ष
श्रीमती संगीता शिवनाथ, वैज्ञानिक/इंजीनियर एसई, एपीईपी.....सदस्य
श्रीमती श्रीदेवी टी, प्रशासन अधिकारी, एलपीएससी.....सदस्य
श्री सर्वेश कुमार सिंह, तकनीकी अधिकारी सी, एसआईएस, आईआईएसयू.....सदस्य

श्रीमती श्रीदेवी के.जे, वरिष्ठ परियोजना सहायक, आईआईएसटी.....सदस्य
 श्रीमती दिव्या एस. वैयक्तिक सचिव, आईआईएसटीसदस्य
 श्रीमती राधामल देवराज, वरिष्ठ परियोजना सहायक, पीजीए, वीएसएससी.....सदस्य
 श्री कृष्ण मुरारी, हिंदी टंकक, पीजीए, वीएसएससी.....सदस्य
 श्री जिबिन दास, वरिष्ठ सहायक, पीजीए, आईपीआरसी..... सदस्य
 श्रीमती मिनि कुमारी आर.जी. वरिष्ठ परियोजना सहायक, आईआईएसटी.....संयोजक

मुद्रण एवं प्रकाशन समिति

श्री अब्दुनासर ए, पुस्तकालय अधिकारी - डी, आईआईएसटी.....अध्यक्ष
 श्रीमती सिमी असफ़, सहायक निदेशक (रा.भा.), आईआईएसटी.....सह-अध्यक्ष
 डॉ. निखिल आईरूर, पुस्तकालय अधिकारी- सी, आईआईएसटी.....सदस्य
 श्री मनोज कुमार, सहायक निदेशक (रा.भा.)- एलपीएससी.....सदस्य
 डॉ. अश्वती एस. वैज्ञानिक/इंजीनियर एसडी - एलपीएससी.....सदस्य
 श्री. मनुवर अंसारी, वैज्ञानिक/इंजी. एससी, आईएसएमपी/आईएसपीई/आईआईएसयू.....सदस्य
 श्रीमती सी वी विनीता, वरिष्ठ अनुवाद अधिकारी, वीएसएससी.....सदस्य
 श्रीमती चंदना राजेश, वरिष्ठ अनुवाद अधिकारी, वीएसएससी.....सदस्य
 डॉ. टी. विजय शेखर, जूनियर अनुवाद अधिकारी - आईपीआरसी.....सदस्य
 श्री अभय जैन, वरिष्ठ परियोजना सहायक, आईआईएसटी..... संयोजक

मंच प्रबंधन समिति

श्री. के.वी.एस.वी.सीएच मल्लिकार्जुन राव, प्रधान सीएमडी, आईआईएसटी.....अध्यक्ष
 श्री. पिलिपोसे एमसी, क्रय एवं भंडार अधिकारी, एलपीएससी.....सह-अध्यक्ष
 श्री. जयकृष्णन एन. आर., तकनीकी अधिकारी - सी, आईआईएसटी.....सदस्य
 श्री. अजेश जी. एस. तकनीशियन जी, आईआईएसटी.....सदस्य
 श्री. तिलकन तकनीशियन जी, आईआईएसटी.....सदस्य
 श्री. सुनिल एस. वरिष्ठ तकनीकी सहायक-ए, आईआईएसटी.....सदस्य
 श्रीमती सुधा देवी के.एस. लेखा अधिकारी- एलपीएससी.....सदस्य
 श्रीमती शीबा जे. तकनीकी अधिकारी - सी, आईआईएसटी..... संयोजक

कार्यक्रम समिति

डॉ. वी. रवि, आचार्य, मानविकी विभाग, आईआईएसटी.....अध्यक्ष
श्रीमती बिंदिया केआर, उप कुलसचिव (ग्रेड-1) प्रशासन, आईआईएसटी.....सह-अध्यक्ष
श्री. मनोज कुमार, सहायक निदेशक (रा.भा.), एलपीएससी.....सदस्य
श्री. अभय जैन, वरिष्ठ परियोजना सहायक, आईआईएसटी.....सदस्य
श्रीमती सिमी असफ़, सहायक निदेशक (रा.भा.), आईआईएसटी.....संयोजक

तकनीकी सहायता समिति

श्री. मोहन सुकुमार, कंप्यूटर तंत्र प्रशासक व प्रबंधक, आईआईएसटी.....अध्यक्ष
श्रीमती लक्ष्मी प्रीति मौनी, वैज्ञानिक/इंजीनियर-एसएफ, एमएसए,वीएसएससी.....सह-अध्यक्ष
श्री. गिरिश कुमार के. आर, तकनीकी अधिकारी - सी, आईआईएसटी.....सदस्य
श्री. मोहम्मद सजिन के. तकनीकी अधिकारी - सी, आईआईएसटी.....सदस्य
श्री. निषाद पी, तकनीकी अधिकारी - सी, एलपीएससी.....सदस्य
श्रीमती समिता के. के., वरिष्ठ तकनीकी सहायक - सी, एलपीएससी.....सदस्य
श्रीमती टिन्नी वार्गीश, तकनीकी अधिकारी - एसी, एमएसए, वीएसएससी.....सदस्य
श्रीमती अभिलाष एस, वरिष्ठ तकनीकी सहायक ए, आईआईएसटी.....संयोजक

सांस्कृतिक कार्यक्रम समिति

डॉ. आनंद एन, आचार्य, पृथ्वी एवं अंतरिक्ष विज्ञान, आईआईएसटी.....अध्यक्ष
डॉ. जंयती एस, सह आचार्य, भौतिकी विभाग, आईआईएसटी.....सह-
अध्यक्ष
डॉ. षैजुमोन सी. एस, सह आचार्य, मानविकी विभाग, आईआईएसटी.....सदस्य
श्रीमती ऐन्सी ऑस्टिन, पुस्तकालय सहायक -बी, आईआईएसटी.....संयोजक

परिवहन और आवास समिति

श्री. प्रदीप कुमार के.आर, वरिष्ठ प्रशासन अधिकारी/पीआरओ, आईआईएसटी.....अध्यक्ष
श्री. श्रीनी पी, प्रशासन अधिकारी, एलपीएससी.....सह-अध्यक्ष
श्रीमती बिंदया के.आर, उप कुलसचिव (ग्रेड-1) प्रशासन, आईआईएसटी.....सदस्य
श्री. सनीष कुमार टी. एस. वैज्ञानिक/इंजीनियरी-एसई, एलपीएससी.....सदस्य
श्री. शाइजु ए, टेकनिशियन-जी, टीओएमडी, आईआईएसटी.....संयोजक

खान पान समिति

- श्री. विनोद कुमार के. पी, प्रधान, कैंटीन सेवाएं, आईआईएसटी.....अध्यक्ष
श्री. जिनोय के.टी. कैटरिंग प्रबंधक, एलपीएससी.....सह-अध्यक्ष
श्री. रमा कृष्णन वी. वरिष्ठ परियोजना सहायक, आईआईएसटी.....सदस्य
श्री. हरिकृष्णन एस, वरिष्ठ परियोजना सहायक, आईआईएसटी..... संयोजक

वित्त और क्रय समिति

- श्री. सिवनंदन जी, वरिष्ठ प्रधान लेखा/आईएफए, एलपीएससी.....अध्यक्ष
श्री. सुभाष चंद्रन एम.बी, उप कुलसचिव (ग्रेड-1) क्रय, आईआईएसटी.....सह-अध्यक्ष
श्रीमती रजीना बीगम, उप कुलसचिव (ग्रेड-1) लेखा, आईआईएसटी.....सदस्य
श्री रामनाथन एस, उप कुलसचिव (ग्रेड-1) भर्ती एवं समीक्षा, आईआईएसटी.....सदस्य
श्री. नागमलेश्वर राव जी, वैज्ञानिक/इंजीनियर एसएफ, डीडीएच/एमएसटीडी.....सदस्य
श्री. राघुनाथन नायर आर, क्रय/भंडार अधिकारी, एलपीएससी.....सदस्य
श्री. एम. आर. प्रेमकुमा, वरिष्ठ क्रय/भंडार अधिकारी, पीएसडी, एलपीएससी.....सदस्य
श्रीमती संगीता पी, लेखा अधिकारी, सीएसीसी, वीएसएससी.....सदस्य
श्री. राजीव बी. वी, क्रय/भंडार अधिकारी, आईपीआरसी.....सदस्य
श्री. अरूण कुमार बी, वरिष्ठ परियोजना सहायक, आईआईएसटी.....संयोजक

अनुक्रमणिका
तकनीकी सत्र

| क्र. सं. | लेख का शीर्षक | लेखक (डॉ./श्री./श्रीमती) | केंद्र/यूनिट | पृष्ठ सं. |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------|-----------|
| 1) | प्रक्षेपण यान/अंतरिक्षयान दर मापन हेतु समस्वरण फोर्क दर (TFRG) संवेदक का विकास एवं नवाचार के अवसर | प्रेम प्रकाश | आईआईएसयू | 1-8 |
| 2) | परक्लोरेट सेलों के निष्पादन को बेहतर बनाने के लिए पुराने कैथोडों के लिए उचित निक्षारण -विलायक का चयन और समग्र अध्ययन | जिता पी. तोमस | एपीईपी | 9-18 |
| 3) | गतिशील प्रवस्था के रूप में 18-क्राउन -6 ईथर का उपयोग करते हुए आयन क्रोमैटोग्रैफी द्वारा सोडियम की उपस्थिति में अमोनियम का निर्धारण | संगीता शिवनाथ | एपीईपी | 19-28 |
| 4) | रैंडम पोजिशनिंग मशीन (RPM)-सूक्ष्म गुरुत्वाकर्षण प्रयोगों के लिए एक मंच | के.जी. श्रीजालक्ष्मी | आईआईएसटी | 29-35 |
| 5) | वायुमंडलीय सूक्ष्म कण के रासायनिक गुण तथा आकार के अध्ययन के ले स्वदेशी उड़ान-समय एरोसोल द्रव्यमान स्पैक्ट्रोमीटर | पी. आर. सिन्हा | आईआईएसटी | 36-43 |
| 6) | साउंडिंग रॉकेट अनुप्रयोग के लिए सम्मिश्र प्रणोदक आधारित स्पिन रॉकेट का विकास | के. जी. के. किशोर | वीएसएससी | 44-50 |
| 7) | ठोस नोदक प्रक्रमण के दौरान गुणता नियंत्रण उपाय | सविता नायर | वीएसएससी | 51-57 |
| 8) | पुनः प्रयोज्य प्रमोचन यान की आधुनिक तकनीकियाँ | अनंती सरोज | आईपीआरसी | 58-68 |
| 9) | FEAST ^{SMT} 2021 और NASTRAN 2017 का उपयोग करके गगनयान वाहन की फेयरिंग | कोट्टेश कुरुड़ीमाथ | वीएसएससी | 69-74 |

| | | | | |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------|---------|
| | के गतिशील प्रतिक्रिया विश्लेषण की तुलना | | | |
| 10) | गगनयान कर्मिदल कक्ष के शीर्ष लॉगरॉन के लिए एए2014 टी652 प्लेट-प्ररूप फोर्जिंग का विकास एवं उत्पादन | अख्तेदार अब्बास खान | वीएसएससी | 75-83 |
| 11) | अन्तरिक्ष में प्लाज़्मा तरंगों का मापन | विपिन कुमार यादव | वीएसएससी | 84-93 |
| 12) | भविष्य में प्रमोचन यान जांच पड़ताल प्रणालियों में एकीकृत अवधारणा तथा एकल संचालक कंसोल सिद्धांत का कार्यान्वयन | पवन कुमार मंगल | वीएसएससी | 94-100 |
| 13) | आध्वनिक माख नंबर पर छिद्र सहित गोलाकार विन्यास के प्रवाह लक्षण | बी. वेंकट शिवराम जादव | वीएसएससी | 101-109 |
| 14) | अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी के लिए मेटा-लर्निंग | दीपक मिश्रा | आईआईएसटी | 110-117 |
| 15) | तीव्र प्रकाशिक क्वांटम इंटेगलमेंट का क्वांटम संचार में उपयोगिता | अशोक कुमार | आईआईएसटी | 118-122 |
| 16) | MPEG4 आधारित रियल-टाइम एम्बेडेड वीडियो सिस्टम | गरिमा गौतम | वीएसएससी | 123-128 |
| 17) | लायडार प्रौद्योगिकी - नवाचार और उदभवन के अवसर | प्रशांत प्रकाश अंगरख | आईआईएसटी | 129-137 |
| 18) | प्रक्षेपण यान वायुगतिकी के लिए मुक्त-स्रोत कोड का उपयोग | अमित सचदेवा | वीएसएससी | 138-144 |
| 19) | विक्रम के800 N के केंद्रीय इंजन के लिए एक शुद्धीकरण योजना का विकास | ऐश्वर्य शंखधार | एलपीएससी, वलियमला | 145-152 |
| 20) | बलाघूर्ण हस्तोपकरण का अंशांकन, सापेक्ष माप विचलन, और प्रमाणन की नवीन प्रक्रिया | नितिन कुमार जैन | वीएसएससी | 153-163 |
| 21) | चंद्रमा के टक्कर प्रक्षेपवक्र पर अग्रसर रॉकेट-चरण के चंद्र प्रभाव स्थान का विश्लेषण | पूजा दत्त | वीएसएससी | 164-171 |

| | | | | |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|----------------------|---------|
| 22) | टीईसीएस में एसएसएलवी के लिए एमओबीसीसी सॉफ्टवेयर का सत्यापन | शिव कुमार यादव | वीएसएससी | 172-181 |
| 23) | विक्रम1601 एकीकृत टूलसेट (वीआईटी) - संस्करण 3.0 का अवलोकन | रविकांत पाण्डेय | वीएसएससी | 182-187 |
| 24) | भारतीय ग्रीष्म मानसून के दौरान ऊपरी क्षोभमंडलीय आर्द्रता :भारतीय उपग्रह प्रेक्षणों द्वारा एक नवीन परिप्रेक्ष्य | के .एन .उमा, | वीएसएससी | 188-193 |
| 25) | वृहत भंवर सतत अनुकरण के माध्यम से तिरुवनन्तपुरम के वायुमंडलीय सीमा परत की ऊंचाई में होने वाले दैनिक परिवर्तनों का अन्वेषण | डी .बाला सुब्रहमण्यम | वीएसएससी | 194-200 |
| 26) | अंतरिक्ष अनुप्रयोगों में ईईई पार्ट्स: वर्तमान और भविष्य | सतलज कुमार | वीएसएससी | 201-213 |
| 27) | बोल्ड फोर्स सेंसर का उपयोग कर टॉर्क-प्रीलोड गुणांक का प्रायोगिक मूल्यांकन | राकेश कुमार श्रीवास्तव | वीएसएससी | 214-222 |
| 28) | कंपन और शॉक में गगनयान-कू मॉड्यूल के लिए बरोआल्टीमीटर सेंसर का प्रदर्शन मूल्यांकन | हर्षित कुमार गुप्ता | आईआईएसयू | 223-231 |
| 29) | प्रतिबिंबन प्रदायभार के विद्वतीय प्रकाश माड्यूल की संरचनात्मक अभिकल्पना का तकनीकी चुनौतियाँ एवं भावी संदर्श | सोनाली ज्ञान | वीएसएससी | 232-245 |
| 30) | समानव मोड्यूल के प्रणोदन प्रणाली के लिये राहत वाल्व की रचना | मुकुल तिवारी | एलपीएससी, बैंगलोर | 246-251 |
| 31) | बैटरी प्रौद्योगिकी में प्रगति | जयदीप अकसम | वीएसएससी | 252-256 |
| 32) | आर्टेमिस कार्यक्रम: चंद्रमा और अन्य ग्रहों की अंतरिक्ष अन्वेषण में प्रगति की समीक्षा | पूरन सिंह | वीएसएससी | 257-271 |

| | | | | |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------|---------|
| 33) | प्रगति के मार्गदर्शक - अंतरिक्ष अनुसंधान। | अज़र नेहाल | आईपीआरसी | 272-277 |
| 34) | अंतरिक्ष अनुसंधान में हाल की प्रगति - नवाचार और उद्भवन के अवसर | रूपेश कुमार | आईपीआरसी | 278-281 |
| 35) | अंतरिक्ष अनुप्रयोग के लिए मैग्नीशियम मिश्र धातु पर माइक्रो आर्क ऑक्सीकरण | मनौवर अंसारी | आईआईएसयू | 282-290 |
| 36) | अंतरिक्ष अनुसंधान में हाल की प्रगति - नवाचार और उद्भवन के अवसर-अंतरिक्ष की सफाई | अभय जैन | आईआईएसटी | 291-298 |
| 37) | अंतरिक्ष की दुनिया में भारत के बढ़ते कदम | कुमारी शालू | एलपीएससी, बैंगलोर | 299-305 |
| 38) | अंतरिक्ष अनुसंधान में इसरो-कार्यान्वयन एवं उपलब्धियाँ | अवकाश कुमार गुप्ता | एलपीएससी, बैंगलोर | 306-311 |
| 39) | भारतीय अंतरिक्ष के क्षेत्र में नीति नवाचार | सुमित कुमार | एलपीएससी, बैंगलोर | 312-317 |
| 40) | अंतरिक्ष अनुसंधान क्षेत्र में इसरो की उपलब्धियाँ - भावी योजनाएं | नेहा केसरवानी | एलपीएससी, बैंगलोर | 318-325 |

तकनीकी सत्र

प्रक्षेपण यान/अंतरिक्षयान दर मापन हेतु समस्वरण फोर्क दर (TFRG) संवेदक का विकास एवं नवाचार के अवसर

प्रेम प्रकाश (वरिष्ठ तकनीकी सहायक, आई एस एम डी, आर क्यू ए)
इसरो जड़त्वीय प्रणाली एकक, आई आई एस यू (IISU), तिरुवनंतपुरम)

सार:

इसरो के प्रक्षेपण यान/अंतरिक्षयान दर मापन हेतु समस्वरण फोर्क दर घूर्णक या संक्षेप में टीएफआरजी (TFRG) का इन-हाउस विकास नवाचार के नए अवसर व आत्मनिर्भरता के नए आयाम पेश करता है। वर्तमान में जहाँ आई आई एस यू, जो जड़त्वीय संवेदकों व प्रणालियों का प्रणेता रहा है, विभिन्न प्रकार के दर घूर्णकों का निर्माण करता है वहीं दर वर्ग के एक घूर्णक, दर समाकलनी जाइरोदर्शी की मांग यह बाहर से पूरी करता है। दर समाकलनी जाइरोदर्शी एक पूर्णतः यांत्रिक घूर्णक है जिसमें 30 से भी अधिक वैद्युत-यांत्रिक तत्व समायोजित होते हैं। यह कोणीय संवेग का संरक्षण के सिद्धांत पर कार्य करता है। समय के साथ इस प्रकार के घूर्णक के यांत्रिक तत्व जैसे बेयरिंग में घर्षण की वृद्धि संवेदक के कार्य निष्पादन को प्रभावित करते हैं और इस संवेदक पर आधारित जड़त्वीय प्रणाली कार्यहीन हो जाता है। इसी क्रम में आई आई एस यू में एक नतोनन्त व अत्याधुनिक दर वर्ग के घूर्णक की नव कल्पना करते, उद्भवन के नए अवसर ढूँढते हुए एक घन अवस्था समस्वरण फोर्क अनुनादक आधारित समस्वरण फोर्क दर घूर्णक को विकसित किया जा रहा है। संभव है कि भविष्य में इस संवेदक का अत्यधिक उत्पादन किया जा सकेगा और इसरो इसे अन्य उपयोगकर्ताओं को भी बेच सकेगा। इस संवेदक में सुधार कर इसे जड़त्वीय श्रेणी या उच्च परिशुद्धता वाले संवेदक निर्मित करने की भी चेष्टा की जाने की संभावना उपलब्ध है जिससे प्रक्षेपण यानों का नौसंचालन भी किया जा सकेगा। विविध क्षेत्रों जैसे ऑटोमोबाइल, इलेक्ट्रॉनिक उपकरणों, रोबोटिक्स, जैव चिकित्सा तथा कई दूसरे उद्योगों में भी टी एफ आर जी की उपयोगिता देखी जा सकती है। यह लेख प्रक्षेपण यान/अंतरिक्षयान दर मापन हेतु समस्वरण फोर्क दर घूर्णक में नवाचार, उद्भवन व अंततः इसके निर्माण को केंद्रित करता है। इस लेख में टीएफआरजी संवेदक के घटकों का वर्णन, मुख्य भाग (अनुनादक) कि अभिकल्पना, पदार्थ चुनाव के बारे में भी बताया गया है। कोरियोलिस प्रभाव तथा टीएफआरजी के कार्य सिद्धांत कि विस्तृत चर्चा भी निम्न खंड में की गई है। इस लेख में टीएफआरजी तथा अंतरिक्षयान में इसके स्थान एवं उद्देश्य के बारे में भी परिचय देता है।

परिचय:

सर्वप्रथम घूर्णाक्षदर्शी का वर्गीकरण महत्वपूर्ण है। मूलतः घूर्णक को अभिनति अपवाह (बायस ड्रिफ्ट) के अनुसार वर्गीकृत किया जाता है -

दर श्रेणी : 10-10000 डिग्री /घंटा

स्पर्शिक श्रेणी : 0.01-10 डिग्री /घंटा

नौवहन श्रेणी : <0.01 डिग्री /घंटा

टी एफ आर जी कोरियोलिस कंपित घूर्णाक्षदर्शी की श्रेणी में आता है जिसका उपयोग जड़त्वीय कोणीय दर मापने के लिए किया जाता है। किसी भी संवेदनशील अक्ष के सापेक्ष दर मापन हेतु यह दो कंपन विधाओं के युग्मन का उपयोग करता है। प्रक्षेपण यान या अंतरिक्षयान के अक्षनमन (पिच), पार्श्ववर्तन (याव) एवं लोटन (रोल) अक्ष में यान की दर मापने एवं नियंत्रण के लिए तीन अलग अलग टी एफ आर जी की आवश्यकता है जिन्हें किसी विशेष संकुल में एक विशिष्ट विन्यास व इलेक्ट्रॉनिक्स के साथ एक हाउसिंग के भीतर स्थापित कर सटीक दर मापन संभव होता है। कोणीय दर के माप के लिए कम लागत, कम आकार तथा कम बिजली खपत की मांग भी टी एफ आर जी की मदद से पूरी की जा सकेगी। टी एफ आर जी संवेदक के भीतर किसी भी घूर्णनी यांत्रिक अवयव की अनुपलब्धता के कारण इसका जीवन काल सामान्य दर घूर्णाक्षदर्शी के अपेक्षा अधिक होता है। स्व निर्मित टी एफ आर जी संवेदक शीघ्र ही निकट भविष्य में उपलब्ध होने वाला है जिनकी मदद से आई आई एस यू बाहरी एजेंसी (इलेक्ट्रॉनिक कार्पोरेशन ऑफ इंडिया) पर निर्भरता कम कर सकेगा और परम्परागत दर घूर्णाक्षदर्शी को प्रतिस्थापित कर सकेगा। इसी परिदृश्य में, समस्वरण फोर्क दर घूर्णक की अभिकल्पना, योग्यता परीक्षण एवं विकास किया गया है जिसकी विवेचना निम्नवर की गई है।

टी एफ आर जी (TFRG) (समस्वरण फोर्क दर घूर्णक)

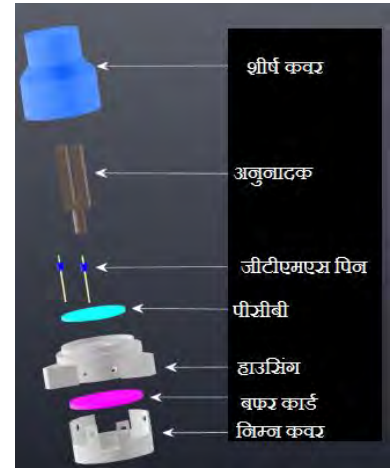
क्या है:

समस्वरण फोर्क दर घूर्णक एक जड़त्वीय संवेदक है जो घूर्णी संदर्भ विन्यास में दोलनी प्रपथ पर भ्रमण करता है और उत्पन्न हुए कोरियोलिस बल का उपयोग कर प्रक्षेपण यान/अंतरिक्षयान का दर मापता है। यह परिशुद्ध संयोजन तकनीक से बनाया जाता है जिसके प्रमुख अवयव निम्नलिखित हैं:

अनुनादक

- दाब-वैद्युत स्ट्रीप (प्रवर्तक युक्ति)
- कांच धातु सील
- बफर कार्ड
- अन्तःसम्बद्ध मुद्रित परिपथ बोर्ड
- धात्विय हाउसिंग, शीर्ष कवर तथा निम्न कवर

टीएफआरजी का विस्तृत दृश्य चित्र 1 में दिखाया गया है।



चित्र 1: टीएफआरजी विस्तृत दृश्य

टी एफ आर जी (TFRG) के घटकों का वर्णन :

अनुनादक:

समस्वरण फोर्क या स्वरित्र एक अनुनादक के रूप में कार्य करता है। इसकी बनावट को चित्र 2 में दिखाई गयी है। इसके दो फोर्क होते हैं जिसे चार भागों में बांटा गया है। प्रत्येक भाग को टाइन कहा जाता है जो संवेदन तत्व होते हैं। निचला भाग स्टेम या प्रतिपादिका कहलाता है। टाइन का अनुप्रस्थ परिच्छेद वर्गाकार तथा प्रतिपादिका का अनुप्रस्थ परिच्छेद बेलनाकार बनाया गया है। टाइन स्वरित्र का अति क्रांतिक यांत्रिक तत्व है क्योंकि यह ही दर मापन का कार्य करता है। स्वरित्र की आवृत्ति इसके फोर्कों की लम्बाई तथा फोर्कों के प्रत्यास्थता पर निर्भर करती है। संवेदन तत्वों के कंपन द्वारा उत्पन्न कोरिओलिस बल और यान के घूर्णन के कारण संवेदक के दो कंपन विधाओं के मध्य ऊर्जा का हस्तांतरण होता है। कंपन विधाएं दो प्रकार की हो सकती हैं- समान विधाएं या भिन्न विधाएं। सामान्यतः समस्वरण फोर्क संवेदक की दोनों विधाएं भिन्न होती है।

- टाइन की आनमन विधाएं
- प्रतिपादिका की विमोटी विधाएं

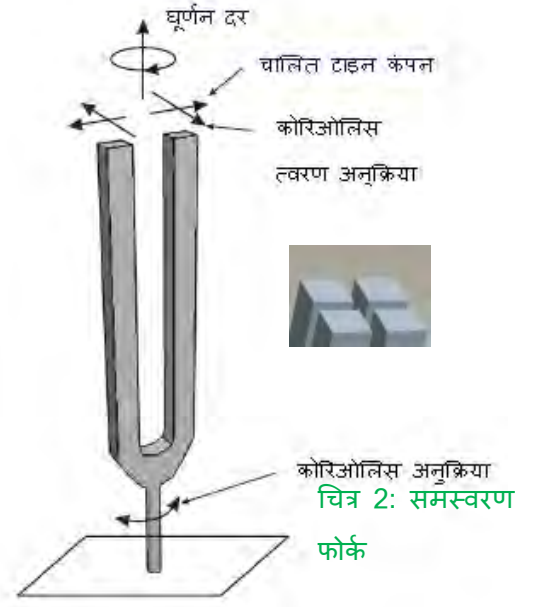
समार्ज विधाएं अनुनादक के विशेष कंपन संबंधी गुणों में से एक है। टाइन तथा प्रतिपादिका को वैलडिंग कर एकीकृत किया जाता है।

अनुनादक की अभिकल्पना:

सर्वप्रथम अनुनादक के लिए उचित पदार्थ का चुनाव किया जाता है। यांत्रिक गुणों में अनुनादक की प्राकृतिक आवृत्ति तथा तापीय प्रसार गुणांक अति महत्वपूर्ण है। वातावरण के ताप परिवर्तन से तनिक भी प्रत्यास्थ मापांक परिवर्तित होने पर अनुनादक की प्राकृतिक आवृत्ति में परिवर्तन आ जाता है जो अनुनादक के कार्य को प्रभावित करता है। इसलिए आवश्यक है कि पदार्थ की ताप-प्रत्यास्थ गुणांक गुणधर्म अल्प हो और प्रचालन तापीय परास के भीतर ताप-प्रत्यास्थ गुणांक में अत्यल्प परिवर्तन हो। इस दृष्टिकोण से एक विशिष्ट पदार्थ को चुना गया है ; **Ni SPAN C** धातुमिश्रण।

Ni SPAN C की विशेषता:

Ni SPAN C एक निकल-लोहा-क्रोमियम धातुमिश्रण जिसमें टाइटेनियम व मैंगनीज मिलाकर अवक्षेपण कठोरण किया जाता है।



Ni SPAN C धातुमिश्रण की रासायनिक संरचना नीचे दिखाई गयी है;

| पदार्थ | % संरचना |
|-----------|-------------|
| निकल | 41.0 - 43.5 |
| क्रोमियम | 4.90 - 5.75 |
| टाइटेनियम | 2.20 - 2.75 |
| मैंगनीज | 0.80 अधिकतम |
| लोहा | 45 - 49.6 |

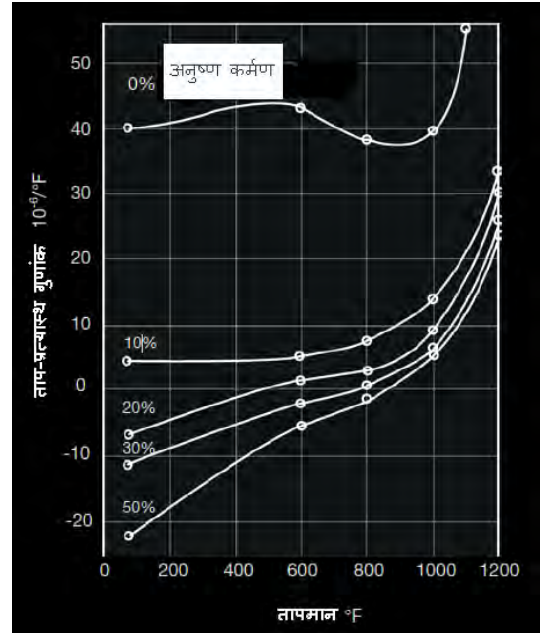
तापीय प्रसार गुणांक: $7.60 \mu\text{m}/\text{m}^\circ\text{C}$

अनुष्ण कर्मण के साथ परस्पर उष्मा उपचार से Ni SPAN C का वांछित ताप-प्रत्यास्थ गुणांक प्राप्त किया जा सकता है। अनुष्ण कर्मण से आंतरिक विकृति पैदा होती है जिससे ऋणात्मक गुणांक भी संभव है। कम तापमान पर उष्मा उपचार से आंतरिक विकृति को हटाया जा सकता है। 50% अनुष्ण कर्मण के साथ 560 °F पर 5 घंटे के उष्मा उपचार से 0 पीपीएम/°F गुणांक प्राप्त हो जाता है। 600 °F से अधिक तापीय उपचार से ताप-प्रत्यास्थ गुणांक की स्थिरता बनी रहती है।

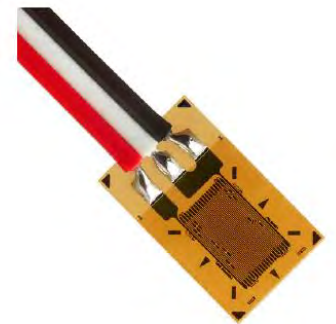
चित्र 3 में आलेख द्वारा अनुष्ण कर्मण तथा विभिन्न तापमान पर 5 घंटे के उष्मा उपचार का ताप-प्रत्यास्थ गुणांक पर प्रभाव दिखाया गया है। टीएफआरजी के अनुनादक की परिशुद्धता को ध्यान में रखते हुए इष्टतम ताप-प्रत्यास्थ गुणांक 10-15 पीपीएम/°F प्राप्त किया गया है। दीर्घ परास प्रचालन तापमान तथा तापमान अपवाह के मद्देनजर अनुनादक की ताप-प्रत्यास्थ गुणांक 0 पीपीएम/°F की अपेक्षा धनात्मक मान चुना गया है।

दाब-वैद्युत स्ट्रीप :

दाब-विद्युत किसी पदार्थ का वो गुण है जिससे ये यांत्रिक विकृति को विद्युत विभव में परिवर्तित करता है। टी एफ आर जी में प्रयुक्त दाब-वैद्युत स्ट्रीप अनुनादक के प्रवर्तक के रूप में कार्य करता है। इस स्ट्रीप को टाइम के बाह्य निचले सतह पर सोल्डर किया जाता है। ज्यावक्रीय वोल्टेज निवेशित करने पर अनुनादक अपने प्राकृतिक आवृत्ति पर कंपन करने लगता है। ध्यातव्य हो कि टाइम से जुड़ा स्ट्रीप अनुनादक के आवृत्ति को



चित्र 3 : अनुष्ण कर्मण सह तापमान-CET ग्राफ



चित्र 4 : दाब-वैद्युत स्ट्रीप

प्रभावित नहीं करता है तथा प्रवर्तक मात्र के रूप में कार्य करता है। दाब-विद्युत स्ट्रिप को चित्र 4 में दिखाया गया है।

धात्विय हाउसिंग, शीर्ष कवर तथा निम्न कवर :

ये घटक यांत्रिक ढाँचे के रूप में कार्य करते हैं। हाउसिंग AISI 304 पदार्थ से निर्मित होता है जिसके भीतर अनुनादक उप समुच्चयन, अन्तःसम्बद्ध पीसीबी और बफर कार्ड को बंधकों कि मदद से स्थापित किया जाता है। इस हाउसिंग में आरोपण होल बने होते हैं जिनपर बंधकों को लगाया जाता है और टीएफआरजी संवेदक को जड़त्विय पैकेज के भीतर स्थापित किया जाता है। शीर्ष तथा निम्न कवर को हाउसिंग खुले भागों पर स्थापित किया जाता है जो इसके भीतर के घटकों को बाह्य पर्यावरण से सुरक्षा प्रदान करते हैं।

कांच धातु सील (GTMS) :

हाउसिंग के भीतर एक ओर पूर्णतः बंद अनुनाद कक्ष से दूसरी ओर बफर कार्ड तक वैद्युत संबंधन स्थापित करने के लिए एकल पिन वाले कांच धातु सील का उपयोग किया जाता है। इसे चित्र 5 में दिखाया गया है।



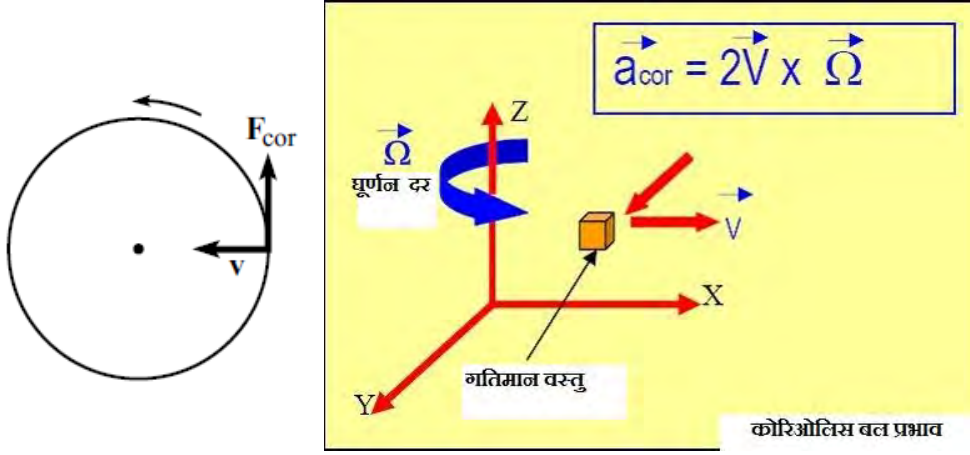
चित्र 5 : कांच धातु सील

टी एफ आर जी (TFRG) कार्य सिद्धांत:

जैसा कि उपर्युक्त वर्णित है, टीएफआरजी संवेदक कोरियोलिस कंपित घूर्णाक्षदर्शी की श्रेणी में आता है। इसलिए इस संवेदक द्वारा कोरियोलिस प्रभाव का उपयोग किया जाता है। सर्वप्रथम सन् 1851 में फोकाल्ट दोलक एक कार्यात्मक कोरियोलिस कंपित घूर्णाक्षदर्शी बनाया गया था। निम्न खंड में कोरियोलिस प्रभाव को समझाया गया है।

कोरियोलिस प्रभाव:

जैसा कि चित्र 6 में दिखाया गया है एक वस्तु किसी घूमते (कोणीय गति Ω) हुए वृत्ताकार प्लैटफार्म पर अरीय दिशा में केन्द्र की ओर प्लैटफार्म के सापेक्ष v गति से आगे बढ़ रहा है। Ω की दिशा पृष्ठ से बाहर की ओर है। ऐसी स्थिति में उस वस्तु पर एक छद्म बल लगता है जिसका मान $2mv\Omega$ और दिशा v के लम्बवत होती है।

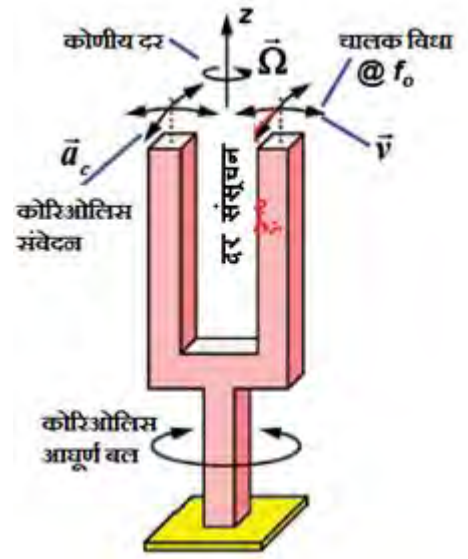


चित्र 5: कोरिओलिस प्रभाव

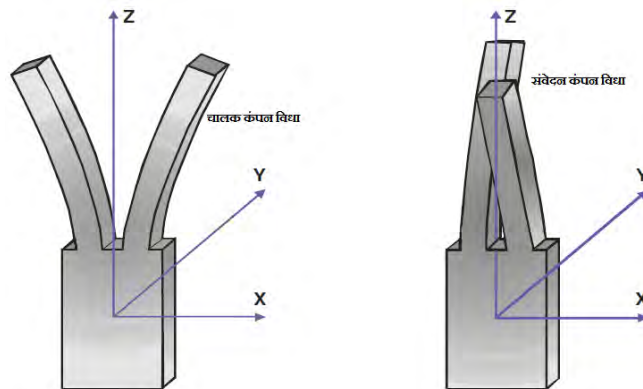
यह छद्म बल ही कोरिओलिस प्रभाव पैदा करता है। वस्तुतः यह प्रभाव कोणीय संवेग के संरक्षण के सिद्धांत के कारण पैदा होता है।

टीएफआरजी के मुख्य घटक (अनुनादक) को इस प्रकार अभिकल्पित किया जाता है कि उसकी दो मुख्य कंपन विधाएँ होती हैं: संवेदन विधा तथा चालक विधा। जैसा कि चित्र 7 (क) और (ख) में दिखाया गया है अनुनादक के टाइन पर सोल्डर किए दाब-विद्युत स्ट्रिप से चालक विधा पैदा होती है। जब अनुनादक को कोणीय दर दिया जाता है तब कोरिओलिस प्रभाव के कारण $v \times \Omega$ की दिशा में इसकी संवेदन विधा पैदा होती है।

यहाँ X तथा Y अक्ष क्रमशः चालक और संवेदन विधाओं को प्रदर्शित कर रहे हैं। दोनों विधाओं की आवृत्ति समान होती है।



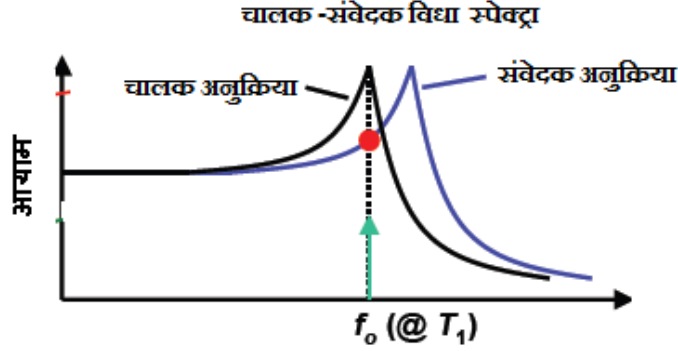
चित्र 7(क): टीएफआरजी सिद्धांत



चित्र 7(ख): अनुनादक की विधाएं

संवेदक विधा

का आयाम कोणीय दर, Ω जमा चालाक विधा आयाम के सीधे समानुपाती होता है। संवेदित टाइन से उत्पन्न निर्गत सिग्नल धारितीय प्रणाली के अंतराल को परिवर्तित करता है जिसे बाह्य परिक्रमी द्वारा माप कर कोणीय दर का पता लगाया जाता है।



ऊपर ग्राफ में आयाम-आवृत्ति का संबंध दिखाया गया है।

निर्गत सिग्नल को बढ़ाने के लिए निम्नलिखित उपाय किए जा सकते हैं:

- संवेदन अक्ष का द्रव्यमान बढ़ाकर
- संवेदन अक्ष की दुर्नम्यता को कम कर
- द्रव्यमान बढ़ाकर और दुर्नम्यता को कम कर अनुनादी आवृत्ति कम की जाती है
- चालक आयाम को बढ़ाकर चालक आवृत्ति तथा संवेदन आवृत्ति को समान हो जाता है जिससे निर्गत सिग्नल को Q गुना प्रवर्धित हो जाता है।

टी एफ आर जी (TFRG) के प्राचल :

| पैरामीटर | विनिर्देश | ईकाई |
|------------------------|---------------------|--------------------------|
| निवेश परिसर | ± 30 | डीग्री/सेकेण्ड |
| विभेदन | ± 0.01 | डीग्री/सेकेण्ड |
| शून्य स्थायित्व | ± 0.01 | डीग्री/सेकेण्ड |
| स्केल गुणक | 240-340 | मीलीवोल्ट/डीग्री/सेकेण्ड |
| अरैखिकता | 2-3 | प्रतिशत |
| अभिनति समग्र स्थायित्व | 0.1 | डीग्री/सेकेण्ड |
| द्रव्यमान | 65-75 | ग्राम |
| आयाम | $\phi 40 \times 45$ | मीलीमीटर |

टी एफ आर जी (TFRG) का परीक्षण एवं अवमूलन:

टीएफआरजी का परीक्षण और मूल्यांकन योजना दस्तावेज के अनुसार किया जाना है जो निर्माणाधीन है। निम्नलिखित परीक्षण आयोजित हैं-

1. मानक कक्ष परिस्थिति (SRC) स्तर की जांच :

- विद्युतजांच
- लघु अवधि स्थिरता और दर परीक्षण
- पावर विचरण परीक्षण
- आवृत्ति अनुक्रिया परीक्षण

2. पर्यावरण परीक्षण :

- तापीय परीक्षण
- कंपन परीक्षण
- प्रघात परीक्षण
- निर्वात परीक्षण

निष्कर्ष :

कम लागत व इन-हाउस विकसित कर टीएफआरजी संवेदक योग्यता परीक्षण उपरांत दर मापन पैकेजों में स्थापित करने हेतु तैयार होने वाले हैं। साथ ही यह संवेदक अधिकाधिक उत्पादित किए जा सकते हैं। ये टीएफआरजी आधारित जड़त्वीय सन्दर्भ एकेक (TIRU) पैकेज के मुख्य संवेदक हैं जो गतिकीय सम्स्वरित जाइरोदर्शी आधारित जड़त्वीय सन्दर्भ एकेक (IRU) को प्रत्यास्थापित करेंगे। दर जायरो पैकेज डीजिटल (RGPD) के दर समाकलनी जाइरोदर्शी (RIG) को भी टीएफआरजी संवेदक द्वारा प्रत्यास्थापित करने की योजना है।

इस प्रकार टीएफआरजी संवेदक के प्रयोग से प्रक्षेपण व अंतरिक्ष यानों के अभिवृत्ति नियंत्रण की दिशा में प्रगति सुनिश्चित की जा सकती है जो अंतरिक्ष अनुसन्धान में हाल की प्रगति को इंगित करता है।

संदर्भ:

1. www.specialmetals.com, \Catalog of ni-span-c alloy 902,"
2. Lecture from University of California
3. <https://cwcircuits.com/post/starting-the-tuning-fork-gyroscope->

लेखक परिचय -



श्री प्रेम प्रकाश 'आईएसएमडी' प्रभाग के गुणवत्ता एवं विश्वसनीयता विभाग में वरिष्ठ तकनीकी सहायक-ए के पद पर कार्यरत हैं। इन्होंने वर्ष 2014 में यांत्रिकी अभियांत्रिकी में डिप्लोमा प्राप्त किया। इसके पश्चात 2016 मार्च में इसरो के आई आई एस यू में इनकी नियुक्ति हुई। तब से ये अभियांत्रिकी गुणवत्ता एवं विश्वसनीयता के प्रक्षेपण यान के क्षेत्र में कार्य कर रहे हैं।

परक्लोरेट सेलों के निष्पादन को बेहतर बनाने के लिए पुराने कैथोडों के लिए उचित
निष्कारण- विलायक का चयन और समग्र अध्ययन

जिता पी तोमस, जूना पी के, सामजित एम जी, संगीता वीएस, सनंत एच मेनन,

जोजो मैत्यु

अमोनियम परक्लोरेट प्रायोगिक संयंत्र, ठोस नोदन एवं अनुसंधान एन्टिटी

विक्रम साराभाई अंतरिक्ष केंद्र, तिरुवनंतपुरम, भारत

लेखक (t_jitha_thomas@vssc.gov.in)

सारंश

अमोनियम परक्लोरेट उत्पादन की प्रक्रिया में एक मध्यवर्ती उत्पाद है सोडियम परक्लोरेट। एपीईपी में इसका उत्पादन बैच सेलों में सोडियम क्लोरेट विलयन का विद्युत अपघटनी अपचयन द्वारा किया जाता है। ये सेल टाइटेनियम सबस्ट्रेट लेड डाइऑक्साइड ऐनोड और SS316L कैथोड से बने हैं। विद्युत अपघटन सेलों का निष्पादन ऐनोड और कैथोड, दोनों के पृष्ठीय अभिलक्षणों पर निर्भर है। विद्युत अपघटन के दौरान, धात्विक उपद्रव्यों के संचयन से कैथोडों के पृष्ठ पर एक निष्क्रिय परत बन जाती है जिसे तनूकृत हाइड्रोक्लोरिक अम्ल से अम्लोपचार द्वारा हटाया जाता है। भले ही यह पृष्ठीय उपचार नए कैथोडों के लिए प्रभावकारी स्थापित हुआ हो, विद्युत अपघटन प्रक्रिया की बारंबार आवृत्ति के बाद (कहा जाए तो 4 या 5 साइकल के बाद, 6-8 महीने/साइकल) इस उपचार से सेलों में प्रयुक्त कैथोडों की प्रभावी पुनःपूर्ति संभव नहीं है। अतः, कैथोडों के पृष्ठ पर बनी निष्क्रिय परत को ठीक से न हटाया गया हो तो ऐसे कैथोडों के प्रयोग से विद्युत अघटनी सेलों का समग्र निष्पादन प्रभावित हो जाता है। इसलिए एक समग्र अध्ययन किया गया जिसका उद्देश्य था पुराने कैथोडों की पुनःपूर्ति पर विविध विलायकों की प्रभाविता को समझना। SEM विश्लेषण द्वारा नए तथा विविध विलायकों से रसायनोत्कीर्ण कैथोडों का पृष्ठीय अभिलक्षणन किया गया। विविध विलायकों की प्रभाविता निर्धारित करने हेतु बीकर स्तरीय अध्ययन किए गए। इस अध्ययन को परक्लोरेट सेलों में प्रयुक्त वास्तविक कैथोडों तक बढ़ाया गया और यह पाया गया कि 15 मिनट के लिए 60 डिग्री पर 25% नाइट्रिक अम्ल का उपयोग करके किया गया उत्कीर्णन ही पुराने कैथोडों के अम्लोपचार और पुनःसक्रियण के लिए सर्वोत्तम विलायक है।

संकेत शब्द- परक्लोरेट्स, विशल्कन, निश्चेष्टकरण, SS 316 L, एसईएम

1. परिचय

एपी उत्पादन की प्रक्रिया में एक मध्यवर्ती उत्पाद है सोडियम परक्लोरेट। एपीईपी में इसका उत्पादन बैच सेलों में सोडियम क्लोरेट विलयन का विद्युत अपघटनी अपचयन द्वारा किया जाता है। अभिक्रिया निम्नानुसार है-



ऐनोड पर सोडियम क्लोरेट का परक्लोरेट में रूपांतरण हो जाता है और कैथोड पर H₂ विमोचित हो जाती है। ऐनोड के रूप में टाइटेनियम सबस्ट्रेट लेड डाइऑक्साइड का और कैथोड के रूप में SS316L का प्रयोग किया जाता है। विद्युत अपघटन सेलों का निष्पादन ऐनोड और कैथोड, दोनों के पृष्ठीय अभिलक्षणों पर निर्भर है। विद्युत अपघटन के दौरान, कैथोडों के पृष्ठ पर एक निष्क्रिय परत बन जाती है जिसे इलेक्ट्रोड प्रतिस्थापन के दौरान तनूकृत हाइड्रोक्लोरिक अम्ल से अम्लोपचार द्वारा हटाया जाता है। भले ही यह पृष्ठीय उपचार नए कैथोडों के लिए प्रभावकारी स्थापित हुआ हो, विद्युत अपघटन प्रक्रिया की बारंबार आवृत्ति के बाद (कहा जाए तो 4 या 5 साइकल के बाद, 6-8 महीने/साइकल) इस उपचार से सेलों में प्रयुक्त कैथोडों की प्रभावी पुनःपूर्ति संभव नहीं है। अतः, कैथोडों के पृष्ठ पर बनी निष्क्रिय परत को ठीक से न हटाया गया हो तो ऐसे कैथोडों के प्रयोग से विद्युत अघटनी सेलों का समग्र निष्पादन प्रभावित हो जाता है। इस स्थिति पर पहुँचने पर कैथोडों का निपटान करना होगा। कैथोडों के पृष्ठ पर कुछ नैनोमीटर गहराई तक ही विद्युत रासायनी अभिक्रियाएं घटित होती हैं। इसलिए एक उचित निक्षारण- विलायक को खोजने का प्रयास किया गया जिससे उपचारित किए जाने पर कैथोड अच्छे निष्पादन दे सके।

SS हिस्सों, उपकरणों तथा प्रणालियों की सफाई, विशल्कन तथा निश्चेष्टकरण के लिए ASTM A 380 - मानक पद्धति का पालन किया गया। उक्त मानक पद्धति में SS हिस्सों, समुच्चयों, उपकरणों तथा संस्थापित प्रणालियों की सफाई, विशल्कन तथा निश्चेष्टकरण संबंधी संस्तुतियाँ और पूर्वोपाय शामिल हैं। साथ ही उसमें विविध धावन रसायनों और उसके संयोजनों के बारे में भी बताया गया है। SEM विश्लेषण द्वारा नए तथा विविध विलायकों से रसायनोत्कीर्ण कैथोडों का पृष्ठीय अभिलक्षणन किया गया। विविध विलायकों की प्रभाविता निर्धारित करने हेतु बीकर स्तरीय अध्ययन किए गए। अंत में इस अध्ययन को परक्लोरेट सेलों में प्रयुक्त वास्तविक कैथोडों तक बढ़ाया गया।

2. प्रायोगिक

2.1 विभिन्न विलायकों का अभिनिर्धारण

अभिनिर्धारित विभिन्न निक्षारण- विलायकों की सूची तालिका 1 में दी गई है। तालिका A2.1 स्टेनलेस स्टील का अम्लीय धावन, ASTM से लिया गया।

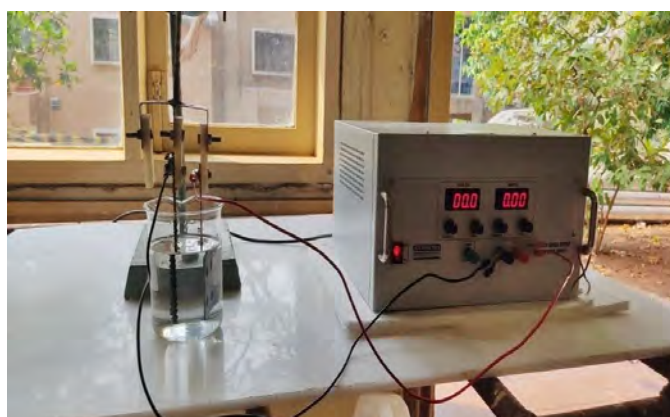
| क्र.सं. | निक्षारण- विलायक | तापमान(°C) | समय (मिनटों में) |
|---------|------------------------------------------|------------|---------------------|
| 1. | HNO ₃ , 6-25 % और HF, 0.5-8 % | 20-60 | आवश्यकता अनुसार |

| | | | |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|----------|
| 2. | HNO ₃ , 20-50 % | 20 - 40 50 - 70 | 30 10 |
| 3. | HNO ₃ , 20-40 % और Na ₂ Cr ₂ O ₇ ·2H ₂ O, 2-6 भार % | 20-50 | 25 |
| 4. | सिट्रिक अम्ल, 1 भार % और NaNO ₃ , 1 भार % | 20 | 60 |
| 5. | अमोनियम सिट्रेट, 5-10 भार% | 50-70 | 10-60 |

2.2 SEM द्वारा अभिलक्षणन अध्ययन

नए SS 316L कैथोड तथा विभिन्न विलायकों से रसायनोत्कीर्ण कैथोडों से 2mm x 2mm आमाप के नमूने काटे गए और SEM के ज़रिए पृष्ठीय अभिलक्षणन किया गया। 2 से 9 तक के चित्र नए तथा विभिन्न विलायकों से रसायनोत्कीर्ण पुराने कैथोडों के SEM प्रतिबिंब को दर्शाता है।

2.3 बीकर स्तरीय प्रयोग द्वारा दक्षता अध्ययन



चित्र 1- बीकर स्तरीय अध्ययन हेतु सज्जित प्रायोगार्थ व्यवस्था

चित्र 1, प्रायोगार्थ सज्जित बीकर स्तरीय व्यवस्था को दर्शाता है। इसके लिए 5 cm x 6 cm के कैथोड और 3cm x 6 cm के एनोड तैयार किए गए। प्रयोग के लिए पुराने कैथोडों से काटे गए तथा अभिनिर्धारित विभिन्न विलायकों से अम्लोपचारित कैथोडों का इस्तेमाल किया गया। प्रयोग के लिए एक स्थिर डीसी धारा स्रोत का उपयोग किया गया। प्रत्येक परीक्षण 5 ± 0.1 Amps. पर 6 घंटे के लिए चलाया गया। मेसर्स टीसीसी, कोच्ची से प्राप्त सोडियम क्लोरेट से 600 - 650 gpl प्रारंभिक सांद्रण वाले क्लोरेट विलयन आंतरिक तौर पर तैयार किया गया। प्रत्येक प्रयोग के अंत में, रूपांतरित क्लोरेट को आयोडीनमूलक अनुमापन

का उपयोग कर विश्लेषणात्मक विधि द्वारा मापा गया। धारा दक्षता का आकलन निम्नानुसार किया गया -

मान लें, रूपांतरित NaClO_3 की मात्रा 'C' gms है।

'C' gms को रूपांतरित करने के लिए आवश्यक सैद्धांतिक ऐम्पियर घंटा, $T = C/106.5 \times 2 \times 26.8$, जहां 2 फैराडे = 2×26.8 ऐम्पियर घंटा

वास्तविक ऐम्पियर घंटे को 'P' माना जाए

परक्लोरेट रूपायन हेतु धारा दक्षता का %, $C.E = T/P \times 100$

2.4 संयंत्र स्तरीय आकार के कैथोडों का उपयोग करते हुए 300 लीटर स्तर पर अध्ययन

चित्र 2, 300 लीटर स्तरीय अध्ययन हेतु सज्जित व्यवस्था को दर्शाता है। मेसर्स टीसीसी, कोच्ची से प्राप्त सोडियम क्लोरेट से 600 - 650 gpl प्रारंभिक सांद्रण वाले क्लोरेट विलयन आंतरिक तौर पर तैयार किया गया। बीकर स्तरीय अध्ययन से अभिनिर्धारित विलायकों से अम्लोपचारित पुराने कैथोडों का इस्तेमाल किया गया। प्रत्येक प्रयोग के अंत में, रूपांतरित क्लोरेट को आयोडीनमूलक अनुमापन का उपयोग कर विश्लेषणात्मक विधि द्वारा मापा गया।

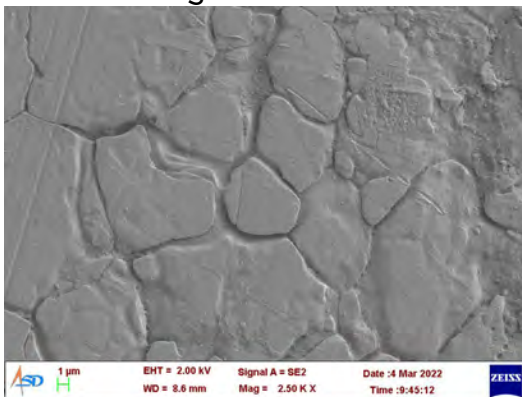


चित्र 2- 300 लीटर स्तर पर अध्ययन

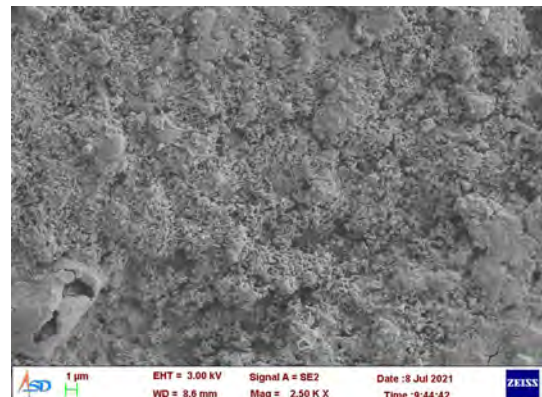
3. परिणाम और चर्चा

3.1 SEM नतीजों की तुलना

SEM नतीजे पुराने तथा नए कैथोडों की पृष्ठीय आकारिकी में अंतर को दर्शाता है।



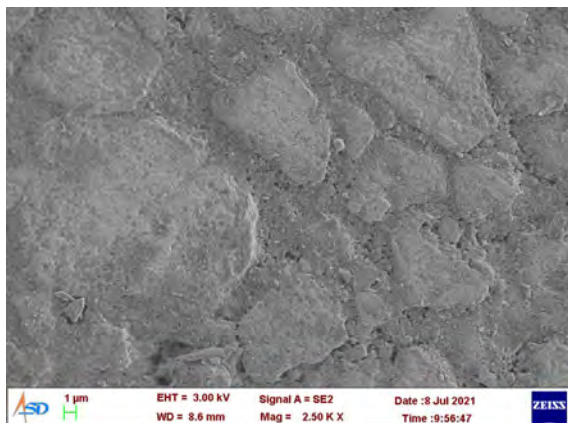
चित्र 3- नए SS 316 L कैथोड का SEM



चित्र 4- पुराने कैथोड का SEM प्रतिबिंब

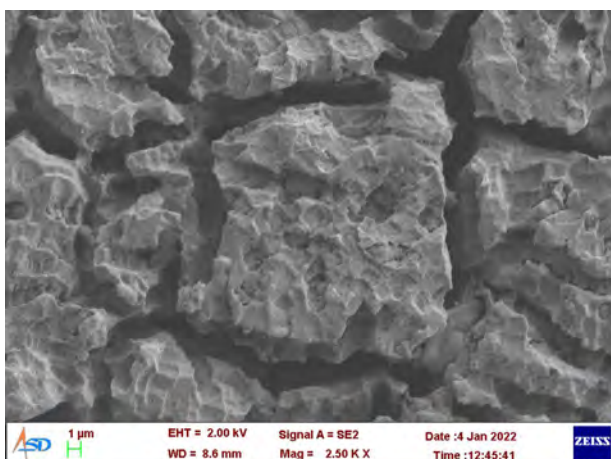
प्रतिबिंब

FIGURE 3:- SEM IMAGE OF FRESH SS 316 L CATHODE



चित्र 5- 5% HCl से वाश करने के पश्चात लिया गया पुराने SS 316 L कैथोड का SEM प्रतिबिंब (आर टी, 5 मिनट)

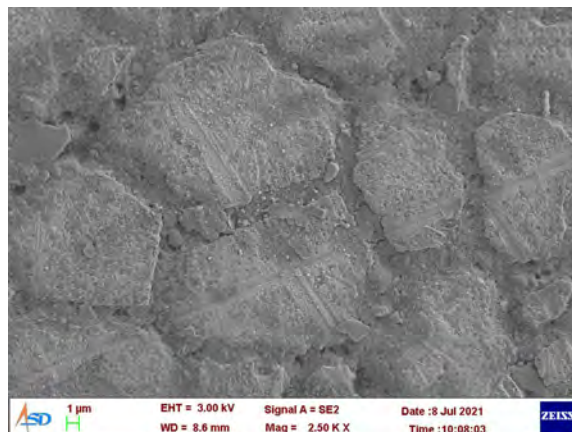
FIGURE 5:- SEM IMAGE OF USED SS 316 L CATHODE AFTER 5% HCl WASH (RT , 5 Min)



चित्र 7- 5% HCl - 25% HNO₃ धावन के बाद लिया गया पुराने SS 316 L कैथोड का SEM प्रतिबिंब (60 °C, 15 मिनट)

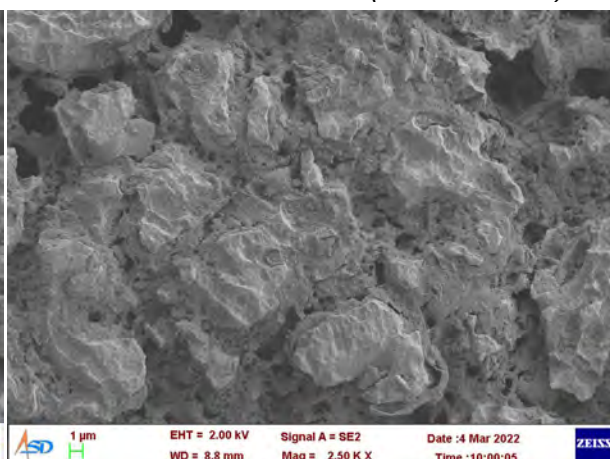
FIGURE 7:- SEM IMAGE OF USED SS 316 L CATHODE AFTER 5% HCl- 25% HNO₃ WASH (60 °C, 15 Min)

FIGURE 4:- SEM IMAGE OF USED CATHODE



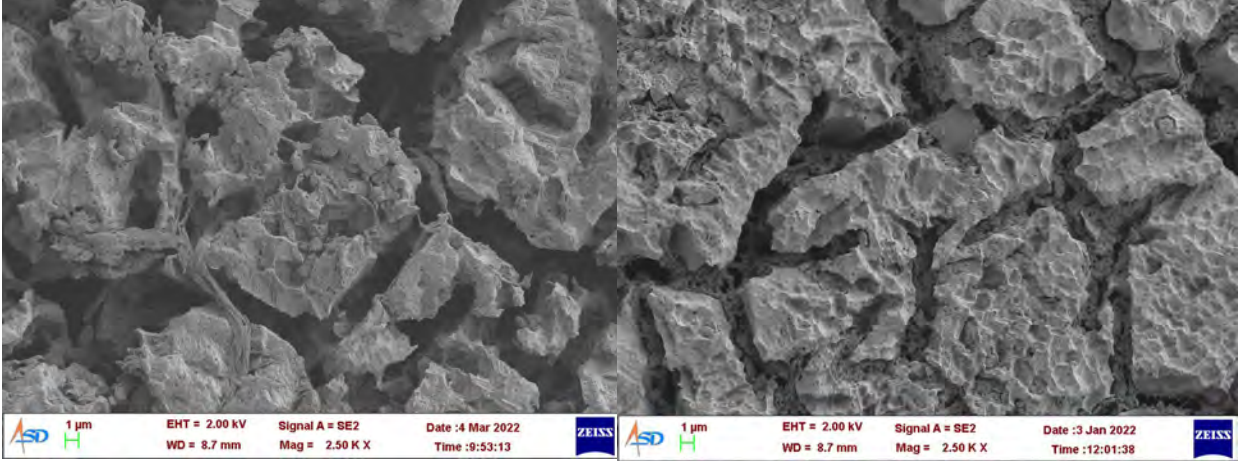
चित्र 6- 5% HCl - 25% HNO₃ धावन के पश्चात लिया गया पुराने SS 316 L कैथोड का SEM प्रतिबिंब (आर टी, 15 मिनट)

FIGURE 6:- SEM IMAGE OF USED SS 316 L CATHODE AFTER 5% HCl - 25% HNO₃ WASH (RT, 15 Min)



चित्र 8- 5% HCl - 25% HNO₃+ Na₂Cr₂O₇ धावन के बाद लिया गया पुराने SS 316 L कैथोड का SEM प्रतिबिंब (आर टी, 60 मिनट)

FIGURE 8:- SEM IMAGE OF USED SS 316 L CATHODE AFTER 5% HCl- 25% HNO₃ + Na₂Cr₂O₇ WASH (RT, 60 Min)



चित्र 9- 5% HCl - अमोनियम सिट्रेट धावन के बाद लिया गया पुराने SS 316 L कैथोड का SEM प्रतिबिंब (60 °C, 30 मिनट)

FIGURE 9:- SEM IMAGE OF USED SS 316 L CATHODE AFTER 5% HCl- AMMONIUM CITRATE WASH ((60 °C, 30 Min)

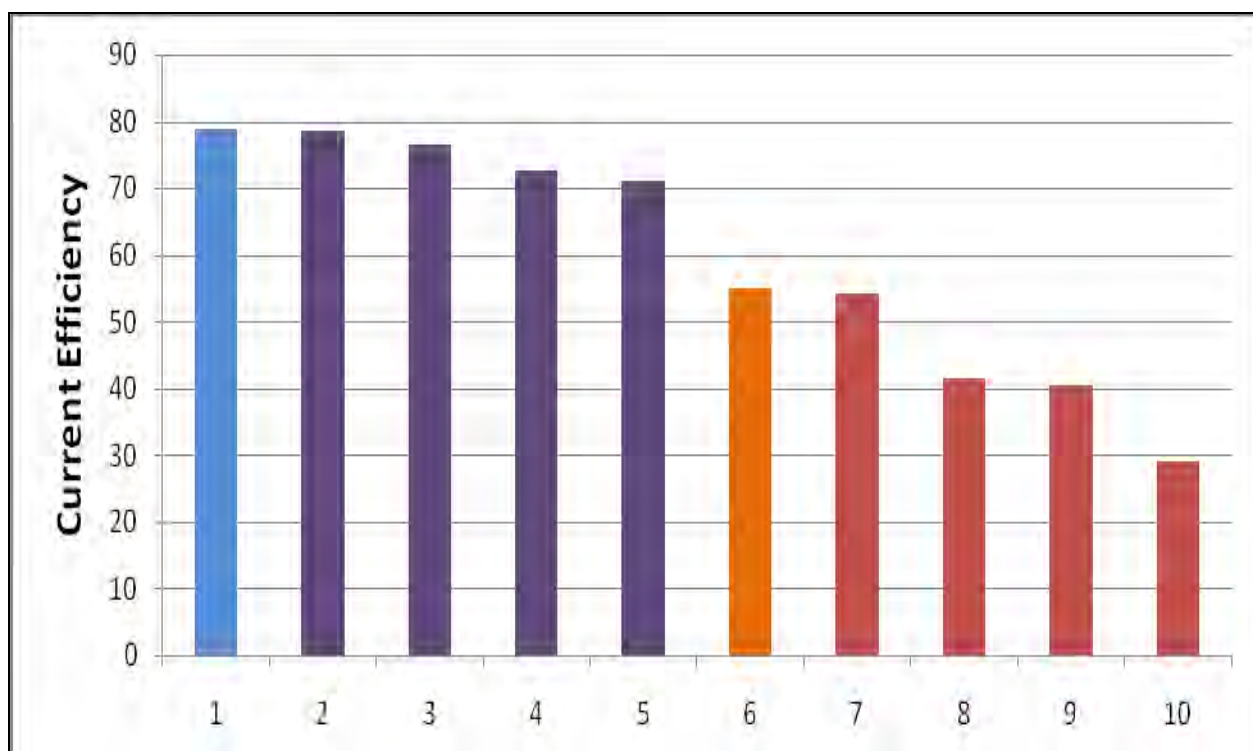
चित्र 10- HCl - सिट्रिक अम्ल+सोडियम नाइट्रेट धावन के बाद लिया गया पुराने SS 316 L कैथोड का SEM प्रतिबिंब

FIGURE 10:- SEM IMAGE OF USED SS 316 L CATHODE AFTER HCl- CITRIC ACID+SODIUM NITRATE WASH

नए कैथोड की पृष्ठीय आकारिकी स्मूथ टाइल जैसी है (चित्र-2)। विद्युत अपघटनी सेलों में बारंबार इस्तेमाल किए जाने पर यह पाया गया कि पृष्ठ खुरदरा हो गया है और टाइलों के बीच दरार भी बन गयी है। दरारों में घने रूप में स्केल्स जम गए हैं। वर्तमान प्रक्रिया यानी HCl से अम्लीय धावन द्वारा इसे पूर्ण रूप से नहीं हटाया जा सकता। प्रारंभ में 5% HCl से वाश करने के पश्चात् विविध विलायकों से वाश किए गए पृष्ठों के SEM प्रतिबिंबों की तुलना की गई और यह स्पष्ट पाया गया कि स्केल्स हटाने के मामले में बेहतर परिणाम, 15 मिनट के लिए 60 डिग्री पर 25% नाइट्रिक अम्ल का उपयोग कर किए गए धावन से ही प्राप्त होता है।

3.2. बीकर स्तरीय अध्ययन के परिणाम

चित्र 11 में नए कैथोड तथा विविध विलायकों से वाश किए गए पुराने कैथोडों के प्रयोग से अभिप्राप्त धारा दक्षता का रेखाचित्रण दिया गया है।



चित्र 11 - विविध विलायकों से अम्लोपचारित कैथोडों की धारा दक्षता का आलेख

| क्र.सं. | वर्णन |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | नया SS 316 L कैथोड |
| 2 | HCL (2एन , 5 मिनट, आरटी) + HNO ₃ , (25 %, 15 मिनट , 60 डिग्री) |
| 3 | HCL (2एन, 5 मिनट, आरटी) + HNO ₃ ,(25 %, 15 मिनट, आरटी) |
| 4 | HCL (2एन, 5 मिनट, आरटी) + सिट्रिक अम्ल (1%) - सोडियम नाइट्रेट (1%) (15 मिनट, 60 डिग्री) |
| 5 | HCL (2एन, 5 मिनट, आरटी) + सिट्रिक अम्ल (1%) - सोडियम नाइट्रेट (1%) (60 मिनट, आरटी) |
| 6 | HCl (2एन, 5 मिनट, आरटी) |
| 7 | HCL (2एन, 5 मिनट, आरटी) + अमोनियम सिट्रेट , 60 डिग्री, 30 मिनट |
| 8 | HCL (2एन, 5 मिनट, आरटी) + HNO ₃ + सोडियम डाइ क्रोमेट ,(25 %, 15 मिनट, 60 डिग्री) |
| 9 | HNO ₃ धावन , (25 %, 25 मिनट, 40 डिग्री C) |
| 10 | HNO ₃ धावन, (25 %, 15 मिनट, 60 डिग्री C) |

यह पाया गया कि पुराने कैथोडों पर जमे घने स्केल्स को हटाने के लिए पहले 5% HCl से 5 मिनट वाश करना आवश्यक है। फिर भी, नए कैथोडों से तुलनीय धारा दक्षता केवल HCl से वाश करने से प्राप्त नहीं होती। सर्वोत्तम धारा दक्षता, 60 डिग्री पर 25% नाइट्रिक अम्ल से वाश करते वक्त प्राप्त हुई और दूसरी श्रेष्ठ धारा दक्षता सामान्य तापमान पर 25% नाइट्रिक अम्ल से वाश करते वक्त प्राप्त हुई।

चित्र 12 और चित्र 13 में वास्तविक कैथोड और अम्लोपचारित कैथोड के बीच की तुलना दिखाई गई है यानी विद्युत अपघटनी सेल से हटाने के तुरंत बाद का कैथोड और 5 मिनट के लिए 5% HCl से और उसके बाद 15 मिनट के लिए 60 डिग्री पर 25% नाइट्रिक अम्ल से उपचारित कैथोड के बीच की तुलना दिखाई गई है। नाइट्रिक अम्ल से 60 डिग्री पर अम्लोपचार करने से कैथोड के पृष्ठ को अच्छी फिनिशिंग मिलती है और स्केल्स तथा कड़े से चिपके धात्विक अपद्रव्यों से मुक्ति भी मिलती है। एक महीने तक के भंडारण के बाद भी किसी प्रकार का गड़बेदार संक्षारण नहीं पाया गया।



चित्र 12- विद्युत अपघटनी सेल से हटाया गया कैथोड

FIGURE 12:- Cathode after dismantling from Electrolytic cell



चित्र 13- 5% HCl से 5 मिनट और उसके बाद 25% नाइट्रिक अम्ल से 60 डिग्री पर 15 मिनट उपचारित कैथोड

FIGURE 13:- Cathode after 5% HCl wash for 5 minutes followed by wash with 25% Nitric Acid at 60 deg for 15 minutes.

अम्लोपचारित कैथोड के साथ पायलट स्तर पर किए गए अध्ययन में नए कैथोडों से तुलनीय धारा दक्षता प्राप्त हुई।

| क्र.सं. | वर्णन | धारा दक्षता |
|---------|----------------------------------------------------------------------------|-------------|
| 1. | नया SS 316 L कैथोड | 60 - 65 % |
| 2. | HCL (2एन , 5 मिनट, आरटी) + HNO ₃ , (25 %, 15 मिनट , 60 डिग्री) | 62.7 % |

4 अपसंहार

कैथोडों के लगातार प्रयोग से प्राप्त अनुकूलतम से कम धारा दक्षता का विश्लेषण किया गया। SEM परिणाम SS 316 L कैथोडों की पृष्ठीय आकारिकी में हो रहे परिवर्तनों को स्पष्ट रूप से दर्शाता है। नए SS 316 L कैथोडों के स्मूथ पृष्ठ से बड़े दरार युक्त खुरदरे पृष्ठ वाले पुराने कैथोडों तक का परिवर्तन प्रकट है। आम तौर पर किए जा रहे HCl धावन से इन दरारों में जमे स्केल्स तथा धात्विक उपद्रव्यों को हटाना बहुत कठिन है। इसके अतिरिक्त, कड़े से चिपके हुए कॉपर जैसे धात्विक उपद्रव्यों को इस प्रकार हटाया जाना है कि SS 316 L धातु के क्रोमियम तथा अन्य संघटक विलायक में न घुल जाए। भले ही ASTM A 380 मानक में SS पुरजों की सफाई, विशल्कन और अम्लोपचार के लिए विविध विलायकों के सुझाव दिए गए हो, विद्युत अपघटनी अनुप्रयोगों में प्रयुक्त होनेवाले SS 316 L की सफाई के लिए उचित विलायक का चयन इस अध्ययन के माध्यम से ही किया गया। पृष्ठ की फिनिशिंग , स्केल्स तथा कड़े से चिपके धात्विक उपद्रव्यों का निष्कासन और तत्त्वारा उन्नत धारा दक्षता की प्राप्ति आदि के मामले में सर्वोत्तम नतीजे 60 deg C पर 25% सांद्रण वाले नाइट्रिक अम्ल में 15 मिनट निमज्जन करते वक्त प्राप्त हुई।

आभार

मैं, निदेशक, वीएसएससी का आभार व्यक्त करती हूँ जिन्होंने इस कार्य के निष्पादन के लिए समर्थन और सुविधा प्रदान किए हैं। / I gratefully acknowledge Director, VSSC for providing support and facility for doing this work.

संदर्भ

- [1] ASTM A 380 – Standard practice for cleaning, descaling and passivation of SS parts, equipments and systems
- [2] RN O Brien, P Seto, 'The Mechanism of hydrogen evolution at a stainless steel electrode in basic solution' . 1970 J. Electrochem. Soc. 117 32.
- [3] AC Makrides, 'Electrochemistry of surface oxides' 1966 J. Electrochem. Soc. 113 1158.
- [4] Nicolas Dubouis, Alexis Grimaud, 'The hydrogen evolution reaction: from material to interfacial descriptors'. Chem. Sci., 2019, 10, 9165

[5] Susan J Kerber, John Twerberg, "Stainless Steel Surface analysis" Advanced materials And processes, Nov 2000

लेखक परिचय -



श्रीमती जिता पी तोमस, उपप्रबंधक, ईएसीएफ(विद्युत अपघटन और ऐनोड विलेपन सुविधा) ने 2008 में वीएसएससी में कार्यभार ग्रहण किया था। आपने केरल विश्व विद्यालय से रसायन प्रौद्योगिकी में बी टेक की उपाधि प्राप्त की। वीएसएससी में कार्यभार ग्रहण करने से पूर्व आप हिंदुस्तान लैटेक्स लिमिटेड में 7 साल सहायक संयंत्र प्रबंधक (गुणता नियंत्रण) के पद पर कार्यरत थीं। 2008 से 2015 तक आपने कॉपोसिट्स एन्टिटी के सीसीक्यूजी ग्रुप में प्रक्रम गुणता नियंत्रण इंजीनियर के रूप में काम किया। उपक्षरक प्रणाली और कार्बन ग्रुप के प्रक्रम गुणता नियंत्रण इंजीनियर के तौर पर आपने पीएसएलवी, जीएसएलवी, एलवीएम3 जैसे ठोस रॉकेट मोटरों के लिए सम्मिश्र नॉज़लों, उच्च प्रणोद विकास इंजिनों के लिए सिलिका फीनॉलिक कंठों, द्रव इंजनों में प्रयुक्त कार्बन फलकों की निर्माण प्रक्रिया में सक्रिय भागीदारी दर्शाई है। सीएआरई मिशन के क्रू मॉड्यूल के अग्र ऊष्मा कवच की कार्य सिद्धि में भी आपने अपना योगदान दिया है। 2015 से आप एपीईपी में सोडियम परक्लोरेट और स्ट्रॉन्शियम परक्लोरेट विनिर्माण के प्रभारी इंजीनियर के रूप में कार्यरत हैं और सोडियम परक्लोरेट संयंत्र का संवर्धन तथा नए स्ट्रॉन्शियम परक्लोरेट संयंत्र के कमीशनिंग में भी आपका विशेष योगदान रहा है। आप, आइएसएमपीई, आइआइसीएलई जैसे व्यावसायिक संस्थाओं में सदस्य भी हैं ।

गतिशील प्रवस्था के रूप में 18-क्राउन -6 ईथर का उपयोग करते हुए आयन क्रोमेटोग्राफी द्वारा सोडियम की उपस्थिति में अमोनियम का निर्धारण

श्रुति सी, रेवती वी एस, संगीता शिवनाथ, हेमलता जी & जोजो मैत्यु
अमोनियम परक्लोरेट प्रायोगिक संयंत्र
विक्रम साराभाई अंतरिक्ष केंद्र

ई मेल:- sangeetha_sivanath@vssc.gov.in

सारांश

आयन क्रोमेटोग्राफी (आईसी), विलयन में मौजूद धनायन और ऋणायन के पीपीएम/पीपीबी स्तरीय आकलन की एक विशिष्ट विश्लेषणात्मक तकनीक है। कॉलम से एल्यूटेड आयनों के आरटी (धारण काल) के आकलन में प्रयुक्त क्षालक का एक महत्वपूर्ण भूमिका है। आम तौर पर, आईसी का उपयोग करते हुए सामान्य धनायनों के आकलन के लिए क्षालक के रूप में नाइट्रिक एसिड के साथ पाइरीडीन 2, 6 डाइकार्बॉक्सिलिक एसिड का उपयोग किया जाता है। सोडियम और अमोनियम धनायनों का धारण काल (आरटी) समान संकीर्ण सीमा (आरटी-3.5 मिनट) में होने के कारण यदि दो धनायन अलग-अलग सांद्रण में हैं तो क्षालक के रूप में पाइरीडीन 2, 6 डाइकार्बॉक्सिलिक एसिड का उपयोग करते हुए आईसी द्वारा उपरोक्त आयनों के आकलन करते वक्त निश्चित रूप से अतिव्यापन की समस्या आ जाती है जिससे आकलन में कठिनाई होती है।

इस अध्ययन में, गतिशील प्रवस्था में योगज के रूप में 18-क्राउन -6 ईथर का उपयोग करते हुए सोडियम मैट्रिक्स में अमोनियम (पीपीबी स्तर) के आकलन के लिए एक बेहतर आईसी पद्धति का प्रस्ताव किया गया था। गतिशील प्रवस्था में जब 18- क्राउन -6 जोड़ा गया तब धारण काल में उल्लेखनीय परिवर्तन हो जाने से अमोनियम आयन का आरटी 5.9 मिनट बन जाएगा, जिससे अतिव्यापन की समस्या भी दूर हो जाएगी। यह विधि, उच्च सांद्रण वाले सोडियम आयनों की उपस्थिति में भी अमोनियम का तेज़ और सटीक आकलन प्रदान कर सकती है। सांद्रता के अनुसार शिखर क्षेत्र आलेखित कर अमोनियम आयनों के अंशांकन ग्राफ तैयार किए गए थे। ग्राफ ने सहसंबंध गुणांक > 0.99 के साथ अच्छी रैखिकता दिखाई। विधि की सटीकता के मान्यकरण के लिए मानक योगज तकनीक का उपयोग किया गया था। यह विधि सरल, तेज और सटीक है और इसका उपयोग सोडियम मैट्रिक्स में पीपीबी स्तर में अमोनियम आयनों के आकलन के लिए किया जा सकता है।

1. प्रस्तावना

अमोनियम परक्लोरेट (एपी) इसरो के अंतरिक्ष कार्यक्रमों के ठोस रॉकेट नोदक में प्रयुक्त ऑक्सीकारक है। यह सफेद रंग का एक क्रिस्टल है और ठोस नोदक भार का 70 प्रतिशत

इसका योगदान है। इसरो के प्रमोचन यान कार्यक्रम के लिए आवश्यक एपी संबंधी सभी मांग अमोनियम परक्लोरेट प्रायोगिक संयंत्र (एपीईपी) द्वारा पूरी जाती है। सोडियम परक्लोरेट और अमोनियम क्लोराइड की द्वि उपघटन अभिक्रिया द्वारा अमोनियम परक्लोरेट उत्पादित किया जाता है। मिश्रण को 5°C तक ठंडा कर इससे अमोनियम परक्लोरेट अलग किया जाता है और परिणाम स्वरूप उत्पन्न कच्ची मातृद्राव (सीएमएल) में मुख्य संघटक के रूप में सोडियम क्लोराइड निहित रहता है, साथ में ~90ग्राम/लीटर (gpl) एपी भी। अमोनियम बाइकार्बोनेट से सीएमएल का रासायनिक उपचार कर और उससे अमोनियम क्लोराइड (NH₄Cl) और सोडियम बाइकार्बोनेट उत्पादित कर एपीईपी में, एपी उत्पादन के लिए एक शून्य बहिःस्राव निर्वहन प्रौद्योगिकी विकसित की गई थी। अमोनियम क्लोराइड, एपी उत्पादन की एक कच्ची सामग्री है और सोडियम परक्लोरेट के साथ द्वि उपघटन अभिक्रिया द्वारा एपी उत्पादित करने में इसका सीधा उपयोग किया जाता है। हाइड्रोक्लोरिक अम्ल मिलाकर सोडियम बाइकार्बोनेट को आगे सोडियम क्लोराइड में रूपांतरित किया जाएगा। अपर्युक्त विधि द्वारा उत्पादित सोडियम क्लोराइड का उपयोग सोडियम क्लोरेट के विद्युत अपघटनी उत्पादन के लिए फीड लवण जल के रूप में किया जा सकता है जो कि एपी के लिए आवश्यक एक अन्य कच्ची सामग्री है। सोडियम बाइकार्बोनेट में अमोनिया निहित रहता है और सोडियम बाइकार्बोनेट को सोडियम क्लोराइड में रूपांतरित करने से पूर्व तथा बाद में विद्युत अपघटक के लिए फीड के रूप में इस्तेमाल किए जाने से पूर्व इसमें निहित अमोनिया का प्रमात्रीकरण किया जाना है।

आयन क्रोमेटोग्रेफी (आइसी) विलयन में मौजूद धनायनों के पीपीएम/पीपीबी स्तरीय आकलन की एक विशिष्ट विश्लेषणात्मक तकनीक है। आइसी द्वारा उच्च सांद्रण युक्त सोडियम की उपस्थिति में भी अमोनिया (पीपीएम / पीपीबी स्तर) के आकलन में मुख्य चुनौती थी - ट्रेस स्तर में मौजूद अमोनियम आयनों और उच्च सांद्रण युक्त सोडियम आयनों के लिए अलग-अलग शिखर प्राप्त करना।

आइसी द्वारा आयन के आकलन में इस्तेमाल किए जा रहे क्षालक का आयन के आरटी (धारण काल) में एक महत्वपूर्ण भूमिका है। आम तौर पर, आइसी का उपयोग करते हुए धनायनों के आकलन के लिए क्षालक के रूप में नाइट्रिक एसिड के साथ पाइरीडीन 2, 6 डाइकार्बोक्सिलिक एसिड का उपयोग किया जाता है। सोडियम और अमोनियम धनायनों का धारण काल (आरटी) समान संकीर्ण सीमा (आरटी-3.5 मिनट) में होने के कारण यदि दो धनायन अलग-अलग सांद्रण में हैं तो क्षालक के रूप में पाइरीडीन 2, 6 डाइकार्बोक्सिलिक एसिड का उपयोग करते हुए आइसी द्वारा उपरोक्त आयनों के आकलन करते वक्त निश्चित रूप से अतिव्यापन की समस्या आ जाती है जिससे आकलन में कठिनाई होती है। लेखों से यह पता चला कि गतिशील प्रवस्था में जब 18- क्राउन -6 जोड़ा गया तब धारण काल में उल्लेखनीय परिवर्तन हो जाने से अमोनियम आयन का आरटी 5.9 मिनट बन जाएगा, जिससे अतिव्यापन की समस्या भी दूर हो जाएगी।

इस अध्ययन में, गतिशील प्रवस्था में 18-क्राउन -6 ईथर का प्रयोग कर सोडियम बाइक्राबोनेट में अमोनियम (पीपीबी स्तर) के आकलन के लिए एक बेहतर आयन क्रोमैटोग्राफिक (आईसी) विधि को मानकीकृत किया गया था। सांद्रता के अनुसार शिखर क्षेत्र आलेखित कर अमोनियम आयनों के लिए अंशांकन ग्राफ तैयार किए गए थे। ग्राफ में सहसंबंध गुणांक > 0.99 के साथ अच्छी रैखिकता दिखाई दी। विधि की सटीकता के मान्यकरण के लिए मानक योगज तकनीक का उपयोग किया गया था। यह विधि सरल, तेज, सटीक है और इसका उपयोग सोडियम बाइकार्बोनेट नमूनों में कम सांद्रता में मौजूद अमोनियम आयनों के आकलन के लिए किया जा सकता है।

2. प्रायोगिक

2.1 यंत्रिय

आयन क्रोमैटोग्राफिक अध्ययनों के लिए मेट्रोम मेक मॉडल 930 कॉम्पैक्ट आयन क्रोमैटोग्राफ का उपयोग किया गया था। 0.9 मिली / मिनट की क्षालक प्रवाह दर पर गार्ड कॉलम के साथ मेट्रोसेप C4 250/4.0 धनायन कॉलम का उपयोग करके सभी पृथक्करण किए गए थे। क्षालक के रूप में 1.7mmol/L नाइट्रिक एसिड के साथ 6.0mmol/L 18-क्राउन-6 ईथर का उपयोग किया गया था और एल्यूटेड आयनों को एक चालकता संसूचक द्वारा मापा गया था। मैजिक नेट 3.1 सॉफ्टवेयर का उपयोग करके उपकरण नियंत्रण और डेटा अधिग्रहण किया गया। सभी विश्लेषणों के लिए 100 µl सैम्पल लूप इंजेक्टर का उपयोग किया गया था। क्रोमैटोग्राम का डेटा विश्लेषण शिखर क्षेत्र / शिखर ऊंचाई विधि द्वारा किया गया था।

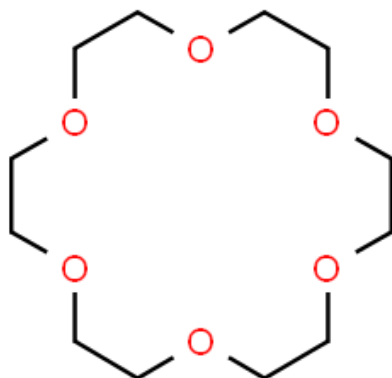
2.2 सामग्री और अभिकर्मक

इस अध्ययन में मेसर्स लोबकेमी ग्रेड के 18- क्राउन-6 ईथर, मेसर्स मर्क ग्रेड के नाइट्रिक एसिड का उपयोग किया गया है। सैम्पल विलयन तैयार करने के लिए >18Mohm cm प्रतिरोधकता वाले विआयनीकृत पानी का उपयोग किया गया था। अमोनियम के मानकों को तैयार करने के लिए 1000ppm के अमोनियम विलयन का उपयोग किया गया था।

2.3 गतिशील प्रवस्था में योगज के रूप में 18-क्राउन-6 ईथर का चयन

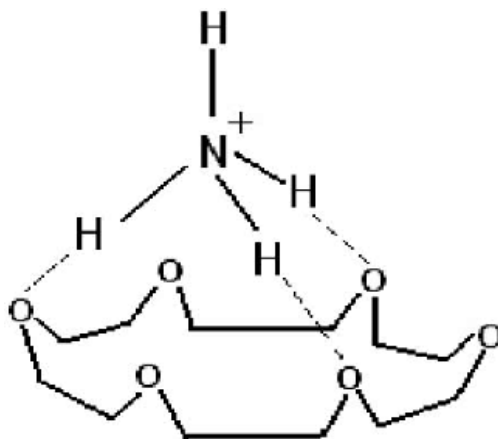
चित्र.1 में 18 क्राउन-6 ईथर की संरचना दिखायी गयी है। साइक्लिक पॉलीईथर, क्षार धातु धनायनों को बांधने में सक्षम संकुलन कर्मकों के एक नए वर्ग का प्रतिनिधित्व करते हैं। ऑक्सीजन परमाणु, रिंग के आंतरिक भाग में स्थित धनायन के साथ सहसंयोजन के लिए सबसे उपयुक्त स्थान पर स्थित हैं जबकि रिंग का बाहरी भाग जलविरागी होता है। विभिन्न धनायनों के प्रति क्राउन ईथर का आकर्षण पॉलीईथर के घनत्व से प्रभावित हो जाती है। उदाहरण के लिए, 18-क्राउन -6 में पोटैशियम

धनायनों के प्रति उच्च आकर्षण है। पोटैशियम धनायनों के लिए उच्च आकर्षण के अलावा, 18-क्राउन-6 प्रोटॉनित ऐमीनों से भी आकर्षित हो सकता है और बहुत स्थायी संकुल बना भी सकता है।



चित्र 1: 18-क्राउन-6 ईथर की संरचना

गतिशील प्रवस्था में 18-क्राउन-6 जोड़े जाने से NH_4^+ धनायनों को असंकुलित धनायनों की तुलना में उच्च जलरागिता वाले संकुलों में परिवर्तित किया जा सकता है। अमोनियम धनायन अपने तीन हाइड्रोजन परमाणुओं द्वारा क्राउन ईथर ऑक्सीजन परमाणुओं से बंधा हुआ है जिससे अमोनियम (चित्र 2) का स्थायी संकुल बन जाता है और जलविरागी अप्रगामी प्रवस्था के साथ मजबूत बंधुता रखता है। इसलिए अमोनियम आयनों का धारण काल और उच्च हो गया।

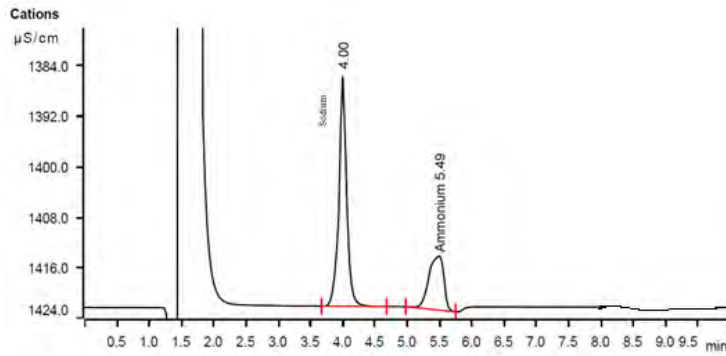


चित्र 2: 18-क्राउन-6 . के साथ अमोनियम संकुल का गठन

2.4 प्रक्रिया

आयन क्रोमैटोग्राफिक विश्लेषण:

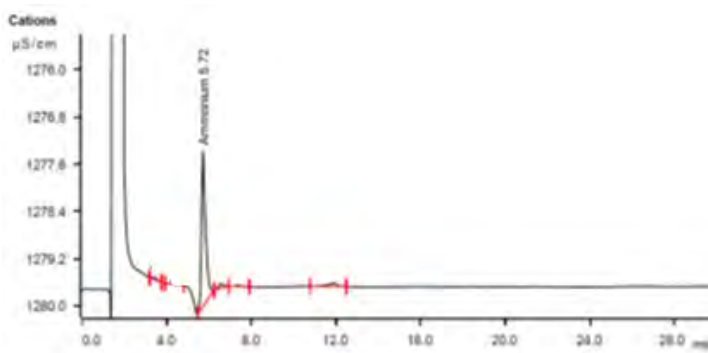
सोडियम आयनों की उपस्थिति में अमोनियम के धारण काल की जांच करने के लिए, सोडियम बाइकार्बोनेट सैम्पल्स में 200ppb (200 माइक्रोग्राम/लीटर) अमोनियम आयन मिलाकर एक सैम्पल विलयन तैयार किया गया था। चित्र 3 में क्रोमैटोग्राम दिखाया गया है। अमोनियम आयनों को 5.49 मिनट के आरटी पर और सोडियम को 4.00 मिनट पर क्षालन किया गया।



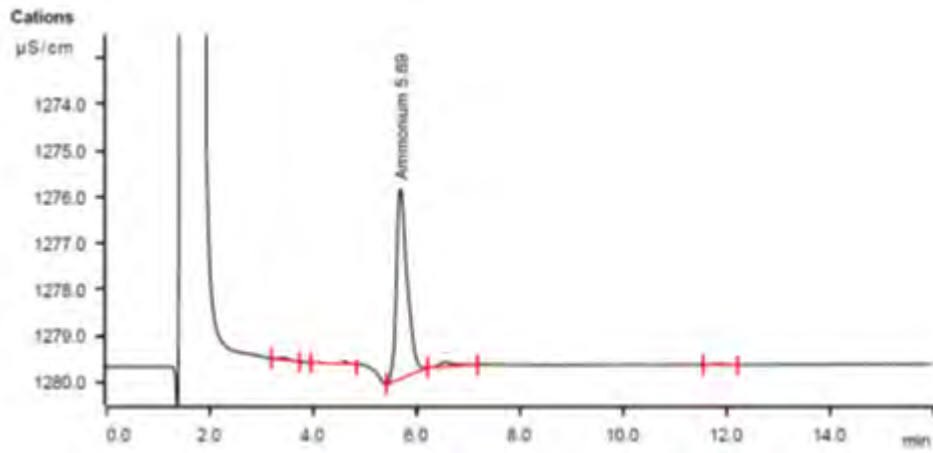
चित्र 3 : सोडियम आयनों की उपस्थिति में अमोनियम आयनों का क्रोमैटोग्राम।

अमोनियम आयन का अंशांकन:

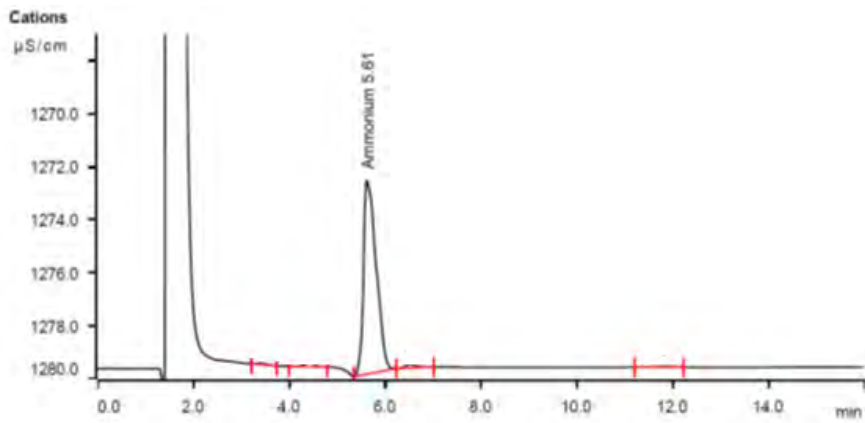
1000ppm मानक अमोनियम विलयन से 50 μ g/ml से 600 μ g/ml (50ppb से 600ppb) तक सांद्रण वाले अमोनियम आयन के मानक विलयन तैयार किए गए थे। मानक विलयन आईसी में इंजेक्ट किए गए और क्रोमैटोग्राम दर्ज किए गए (चित्र 4 से 8)। क्रोमैटोग्राम का ओवरले चित्र 9 में दिखाया गया है। सांद्रता के अनुसार शिखर क्षेत्र आलेखित कर अमोनियम आयन के लिए अंशांकन वक्र तैयार किया गया (चित्र 10)।



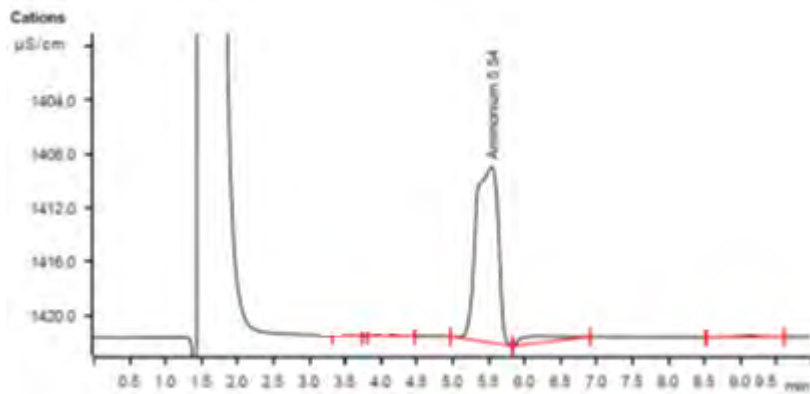
चित्र 4: 50 μ g/ml (50ppb) अमोनियम विलयन का आयन क्रोमैटोग्राम



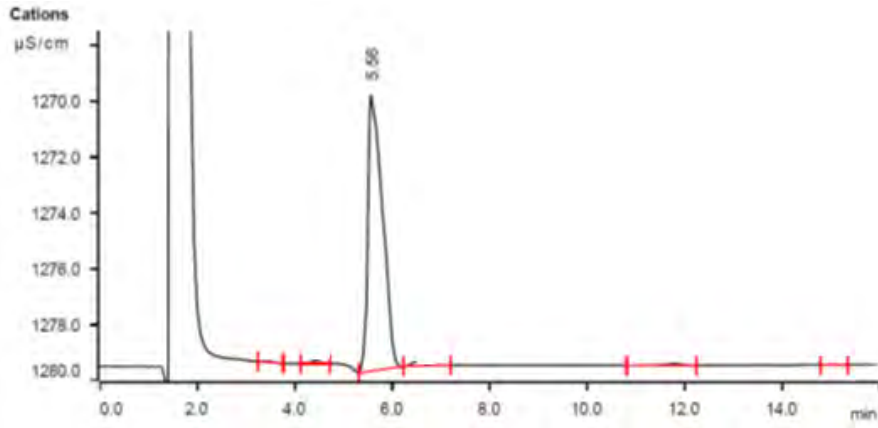
चित्र 5: 100µg/ml (100ppb) अमोनियम विलयन का आयन क्रोमैटोग्राम



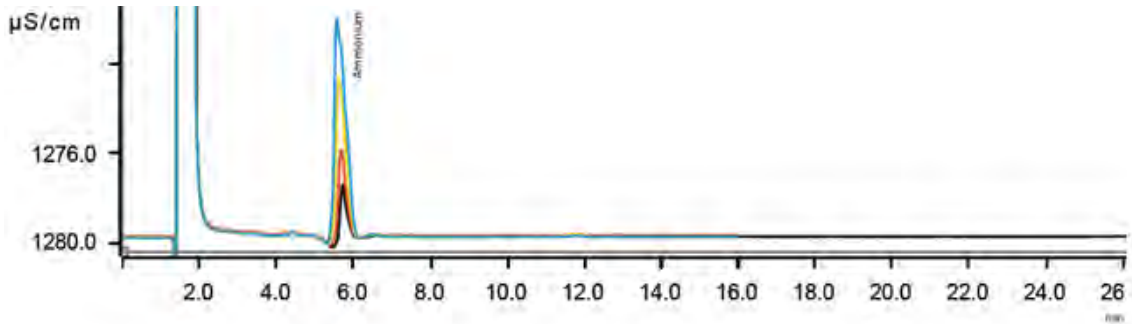
चित्र 6: 200µg/ml (200ppb) अमोनियम विलयन का आयन क्रोमैटोग्राम



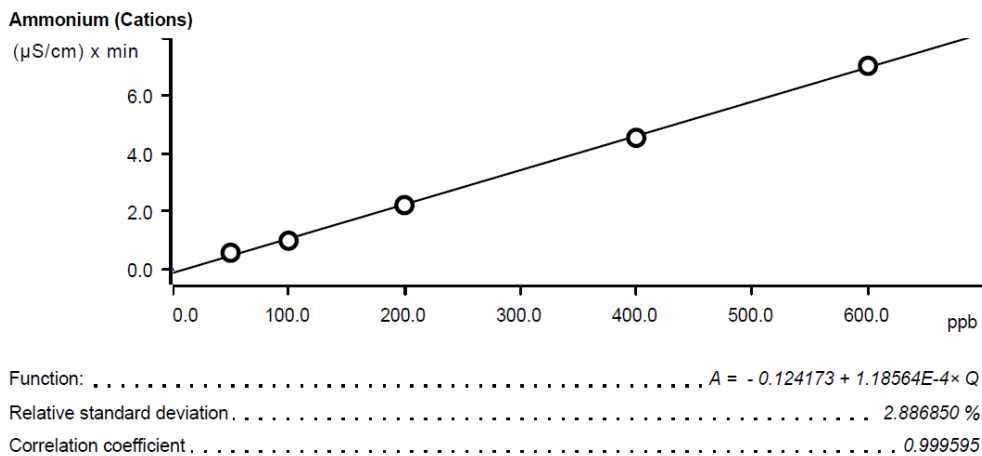
चित्र 7: 400µg/ml (400ppb) अमोनियम विलयन का आयन क्रोमैटोग्राम



चित्र 8: 600µg/ml (600ppb) अमोनियम विलयन का आयन क्रोमैटोग्राम



चित्र 9: 50ppb से 600ppb वाले अमोनियम विलयन के आयन क्रोमैटोग्राम का ओवरलाइ



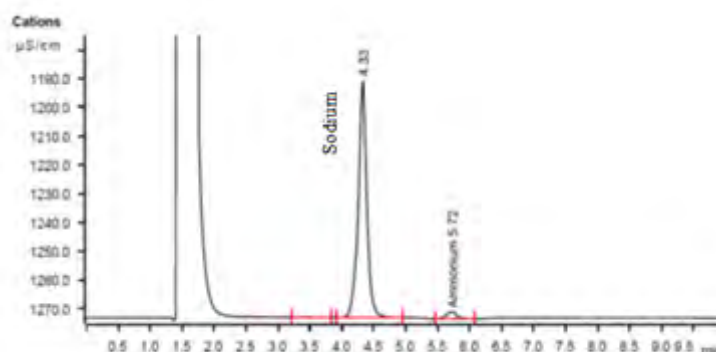
चित्र 10: 50ppb से 600ppb सांद्रणवाले अमोनियम विलयन से तैयार किया गया अंशांकन वक्र

2.5 सोडियम बाइकार्बोनेट प्रतिदर्श में अमोनियम का विश्लेषण

सटीक रूप से भारित सैम्पल को यानी सोडियम बाइकार्बोनेट (0.05 से 0.1 ग्राम) को निश्चित भार में 1लीटर अति-शुद्ध पानी में घुलाकर S1 से S4 तक के सैम्पल विलयन तैयार किए गए। इस तनुकृत घोल में 10ppm सोडियम होता है। 100 µl सैम्पल लूप का उपयोग कर सैम्पल विलयन को आईसी में इंजेक्ट किया गया और क्रोमैटोग्राम दर्ज किया गया। सैम्पल S1 का क्रोमैटोग्राम चित्र 11 में दिखाया गया है। S2 से S4 के नमूनों के क्रोमैटोग्राम को रिकॉर्ड किया गया और नमूनों में अमोनियम आयनों की सांद्रता का परिकलन उपरोक्त अंशांकन वक्र का उपयोग करके किया गया। परिणाम सारणीबद्ध हैं और तालिका 1 में दिए गए हैं।

| क्र.सं. | सैम्पल संदर्भ | मापित मान ppb में (इंजेक्टेड तनुकृत सैम्पल विलयन में) |
|---------|---------------|----------------------------------------------------------|
| 1 | S1 | 85 |
| 2 | S2 | 65 |
| 3 | S3 | 150 |
| 4 | S4 | 400 |

तालिका 1. सोडियम बाइकार्बोनेट में अमोनियम की सांद्रता का विश्लेषण परिणाम



चित्र 11: सोडियम बाइकार्बोनेट प्रतिदर्श का क्रोमैटोग्राम

2.6 अमोनियम आयनों के मानक योग द्वारा विधि का मान्यकरण।

विधि की सटीकता के मान्यकरण के लिए, उपरोक्त सैम्पल विलयन में 200 ppb के निश्चित सांद्रण युक्त अमोनिया विलयन जोड़ा गया और परिणामों को तालिका 2 में दर्शाए अनुसार सारणीबद्ध किया गया है।

| क्र.सं. | सैम्पल संदर्भ | अमोनियम (ppb) | |
|---------|---------------|---------------|---------|
| | | मापित | परिकलित |
| 1 | S1 | 281 | 285 |
| 2 | S2 | 258 | 265 |
| 3 | S3 | 340 | 350 |
| 4 | S4 | 591 | 600 |

तालिका 2. सोडियम बाइकार्बोनेट सैम्पल में 200ppb अमोनियम विलयन मिलाने से प्राप्त विलयन के विश्लेषण का परिणाम

3. परिणाम और चर्चा

सैम्पल विलयन (चित्र 11) के आयन क्रोमेटोग्राम से यह देखा जा सकता है कि दो विश्लेष्य आयनों यानी सोडियम और अमोनियम के लिए धारण काल क्रमशः 4.3 और 5.9 मिनट है। शिखर स्पष्ट हैं और कोई अतिव्यापन नहीं है। अमोनियम के अंशांकन ग्राफ (चित्र:10) सहसंबंध गुणांक > 0.9999 के साथ अच्छी रैखिकता दिखाते हैं।

अमोनियम के निर्धारण में एलुएंट सांद्रता और प्रवाह दर के प्रभाव का भी मूल्यांकन किया गया था। यह पाया गया कि 1.0ml/min की प्रवाह दर युक्त 6.0mmol/L 18-क्राउन-6 ईथर के साथ 0.9ml/min की प्रवाह दर युक्त 1.7mmol/L नाइट्रिक एसिड युक्त क्षालक सांद्रण ही आयनों के सही पृथक्करण साथ ही साथ स्पष्ट शिखर की प्राप्ति हेतु सबसे अनुकूलतम क्षालक सांद्रण है।

4. निष्कर्ष

सोडियम बाइकार्बोनेट नमूनों में पीपीबी स्तर में अमोनियम के मात्रात्मक विश्लेषण के लिए एक आयन क्रोमेटोग्राफिक विधि विकसित और मानकीकृत की गई थी। विधि सरल, तेज, सटीक है और सोडियम आयनों की उच्च सांद्रता की उपस्थिति में पीपीबी स्तर में अमोनियम आयनों के आकलन के लिए इसका उपयोग किया जा सकता है। विधि की सटीकता को मानक योग विधि द्वारा मान्य किया गया था।

संदर्भ

1. J.D. Lamb, P.A. Drake, Chemically suppressed anion chromatography based on macrocycle-cation complexation, J. Chromatogr. A 482 (1989) 367–380.
2. K. Ohta, K. Tanaka, Ion chromatographic separation of common mono- and divalent cations on silica gel column by elution with oxalic acid containing crown ethers, Analyst 124 (1999) 505–510.

लेखक परिचय -



श्रीमती संगीता शिवनाथ ने 2009 में वीएसएससी में कार्यभार ग्रहण किया था। आपने कालीकट विश्व विद्यालय से प्रथम रैंक के साथ रसायन विज्ञान में एम.एससी की उपाधि प्राप्त की। 2009 से 2010 तक आपने पीसीएम एन्टिटी के विश्लेषणात्मक स्पेक्ट्रमिकी प्रभाग (एएसडी) में वे.जा./इंजीनियर एस सी के पद पर काम किया। उक्त अवधि के दौरान आप प्रमोचन यानों में प्रयुक्त होनेवाली सामग्रियों तथा रसायनों के स्पेक्ट्रमदर्शीय अभिलक्षणन से संबंधित कार्यों से जुड़ी हुई थीं। 2010 से आप एपीईपी में कार्यरत हैं। वर्तमान में आप, उप प्रबंधक, गुणवत्ता नियंत्रण प्रयोगशाला का कार्यभार वहन कर रही हैं और आप, अमोनियम परक्लोरेट तथा स्ट्रॉन्शियम परक्लोरेट उत्पादन से संबंधित सभी नमूनों के विश्लेषण तथा गुणता मंजूरी के लिए जिम्मेदार अधिकारी भी हैं। आप, आयन क्रोमैटोग्राफ, पृष्ठीय क्षेत्रफल विश्लेषक, परमाण्विक अवशोषण स्पेक्ट्रमदर्शी आदि विभिन्न विश्लेषणात्मक उपकरणों का उपयोग करते हुए रासायनिक पदार्थों के अभिलक्षणन से संबंधित कार्यों से भी जुड़ी हुई हैं। आप इंडियन सोसाइटी ऑफ एनालिटिकल साइंटिस्ट्स की सदस्य भी हैं।

रैंडम पोजिशनिंग मशीन (RPM)- सूक्ष्म गुरुत्वाकर्षण प्रयोगों के लिए एक मंच

श्रुजना जुरातागी और के जी श्रीजालक्ष्मी*

रसायनिकी विभाग, आईआईएसटी, तिरुवनंतपुरम- 695547

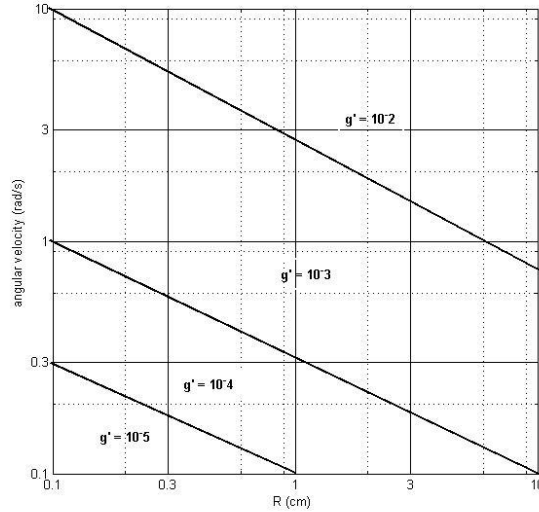
*sreeja@iist.ac.in

परिचय:

अंतरिक्ष अन्वेषण पहले से कहीं अधिक तेज गति से विस्तार कर रहा है। चांद और मंगल की उपनिवेशीकरण की दौड़ अपने चरम पर है। लॉन्च वाहनों और अंतरिक्ष आवासों में हो रहा प्रगति के साथ, एक और क्षेत्र जो बढ़ रहा है वह है अंतरिक्ष जीवन विज्ञान। अंतरिक्ष में स्वास्थ्य और जीवन की स्थिरता से जुड़े अनुसंधान में अंतरिक्ष की समान प्रतिकूल परिस्थितियों में प्रयोग शामिल हैं। आणविक स्तर पर, अंतरिक्ष में जीवन को प्रतिकूल बनाने वाले प्रमुख कारकों में से एक गुरुत्वाकर्षण की कमी है। पृथ्वी पर जीवन लगभग निरंतर गुरुत्वाकर्षण की उपस्थिति में विकसित हुआ है और इसे अचानक हटाने से सभी जीवन प्रक्रियाओं में अराजकता पैदा हो जाती है। 1g गुरुत्वाकर्षण के साथ और उसके बिना जीवन प्रक्रियाओं में इन अंतरों का अध्ययन करने में सक्षम होने के लिए, माइक्रोग्रैविटी सिमुलेशन ने एक प्रमुख भूमिका निभाई है। विभिन्न प्रकार के माइक्रोग्रैविटी सिमुलेटर हैं, जैसे कि ग्राउंड बेस्ड सिमुलेटर (2D क्लिनोस्टैट, 3D क्लिनोस्टैट, रोटेटिंग वॉल वेसल (RWV), RPM, ड्रॉप टॉवर); और गैर-जमीन आधारित सिमुलेटर (परवलयिक उड़ान, उच्च ऊंचाई वाले गुब्बारे)। संचालन और पहुंच की लागत को ध्यान में रखते हुए, जमीन आधारित माइक्रोग्रैविटी सिमुलेटर, क्लिनोस्टैट्स और आरपीएम (अधिक सटीक होने के लिए) का उपयोग अंतरिक्ष जीवन आधारित प्रयोगों के संचालन के लिए बड़े पैमाने पर किया गया है। यह आलेख एक डेस्कटॉप आरपीएम के बारे में चर्चा करता है जिसमें झुकाव सेटअप होता है, जो एक मानक आरपीएम का विस्तार है और जो अंतरिक्ष जैसी गुरुत्वाकर्षण स्थितियों के करीब समानता प्राप्त करने में सक्षम था।

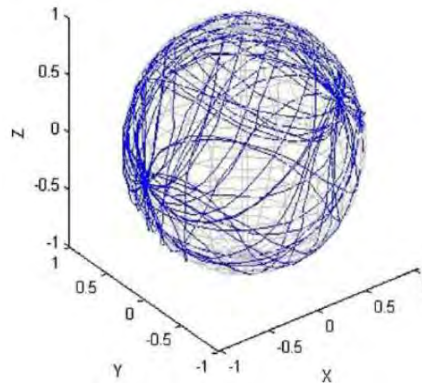
क्रियाविधि:

आरपीएम गुरुत्वाकर्षण वेक्टर के औसत के सिद्धांत पर काम करता है जैसे कि समय के साथ प्रयोग के नमूने द्वारा महसूस किया गया गुरुत्वाकर्षण 10^{-3} से 10^{-5} गुना 1g के परिमाण तक कम हो जाएगा। यह अपने गुरुत्वाकर्षण प्रतिक्रिया समय की तुलना में तेजी से दो लंबवत कुल्हाड़ियों में घुमाकर प्रयोग के नमूने को लगातार पुनर्व्यवस्थित करता है, जिससे नमूने को माइक्रोग्रैविटी का एहसास होता है। प्राप्त गुरुत्वाकर्षण का परिमाण रोटेशन के केंद्र से नमूने की दूरी (R) और रोटेशन के कोणीय वेग (ω) पर निर्भर करता है, जिसके संबंध का वर्णन चित्र 1 में R बनाम के लॉग-लॉग प्लॉट द्वारा किया गया है।



चित्र 1: लॉग (R) बनाम लॉग (ω) प्लॉट - इक्वि-जी कंट्रोल प्लॉट

नमूने का निरंतर 2-अक्ष घुमाव एक गोले के सभी संभावित अभिविन्यासों को प्राप्त करता है जो दो अक्षों में गुरुत्वाकर्षण वेक्टर को साइन और कोसाइन समकक्षों के रूप में हल करता है जैसा कि चित्र 2 में दिखाया गया है। घूर्णी पथ और गुरुत्वाकर्षण वेक्टर रिज़ॉल्यूशन में यह यादृच्छिक भिन्नता नमूनों को कम गुरुत्वाकर्षण स्तर का अनुभव प्रदान करता है। यह यादृच्छिक प्रभाव के कारण होता है जहां नमूना गुरुत्वाकर्षण वेक्टर को समझने में सक्षम नहीं होता है। (random factor के कारण)।

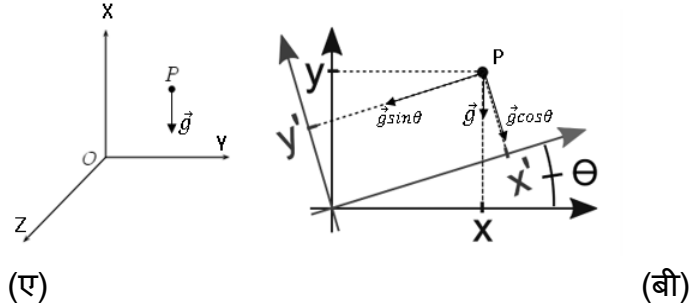


चित्र 2: आरपीएम में गुरुत्वाकर्षण वेक्टर ओवरटाइम का उन्मुखीकरण

मानक आरपीएम में, गुरुत्वाकर्षण वेक्टर पूरी तरह से औसत होने तक प्रारंभिक गड़बड़ी मौजूद होती है। इस यांत्रिक गड़बड़ी को नमूने द्वारा तनाव के रूप में अनुभव किया जाता है जो अंतरिक्ष में मौजूदा माइक्रोग्रैविटी स्थितियों के विपरीत है, और प्रयोगात्मक परिणामों पर प्रभाव डाल सकता है। इस प्रारंभिक प्रभाव को खत्म करने और कम गुरुत्वाकर्षण स्थिति को जल्द ही प्राप्त करने के लिए, आरपीएम को एक झुकाव सेटअप के साथ जोड़ा गया है जिसका वर्णन निम्नलिखित अनुभाग में किया गया है।

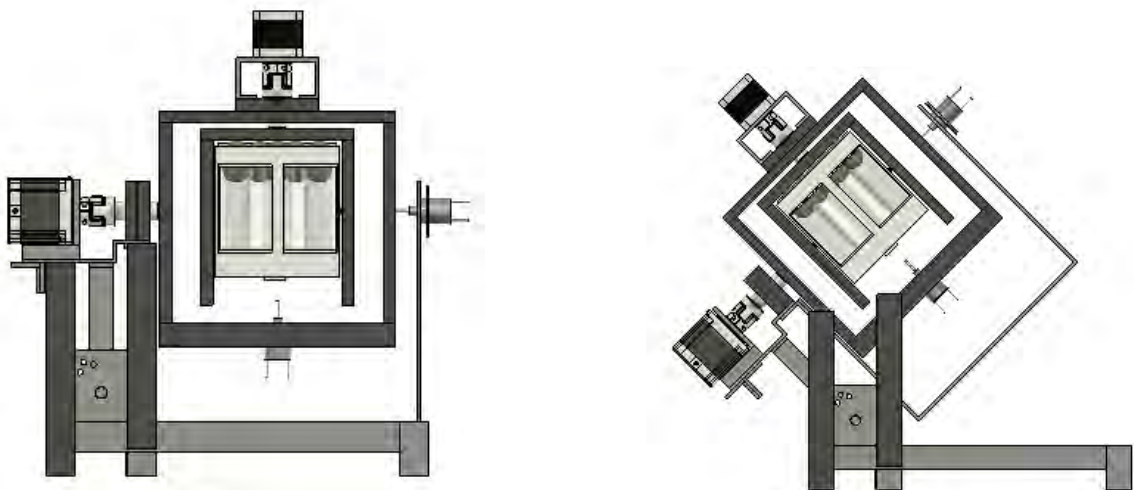
प्रयोग की नवीनता:

गुरुत्वाकर्षण वेक्टर को दो अक्षों में हल किया जा सकता है जिससे नमूना प्रभावी रूप से 1g से कम गुरुत्वाकर्षण स्तर का अनुभव कर सके। इस तकनीक में इस अवधारणा को शुरू में घूर्णन अक्षों में से एक के कोण पर पूरे आरपीएम सेटअप को झुकाकर लागू किया गया है।



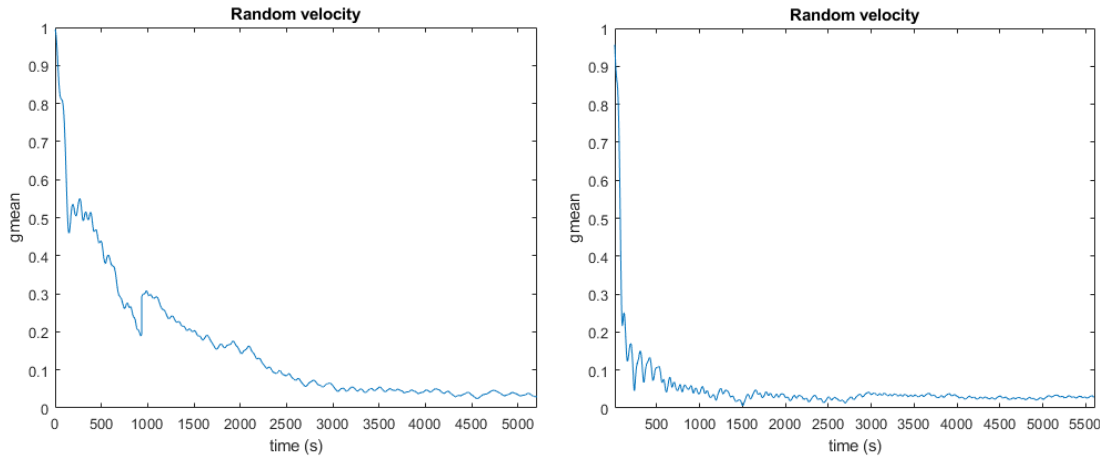
चित्र 3: (ए) क्षैतिज समन्वय अक्ष; (बी) गुरुत्वाकर्षण वेक्टर को हल करने वाला घूर्णन समन्वय अक्ष, g

एक मानक आरपीएम जब दो लंबवत अक्षों के बारे में घूमना शुरू करता है, तो गुरुत्वाकर्षण वेक्टर को 1g से हल करना शुरू कर देता है, जैसा कि चित्र 3 (ए) में दिखाया गया है। यह तकनीक आरपीएम को पहले से ही हल की गई अवस्था से गुरुत्वाकर्षण वेक्टर का औसत शुरू कर देती है जैसा कि चित्र 3(b) में दिखाया गया है। इस प्रकार नमूना औसत गुरुत्वाकर्षण स्थिति को तेजी से प्राप्त करता है और इसलिए नमूने द्वारा अनुभव की जाने वाली अव्यवस्थाएं भी कम हो जाती हैं। यह निम्नलिखित खंड में प्रयोगात्मक परिणामों के साथ प्रदर्शित किया गया है। एक आरपीएम को डिज़ाइन और निर्मित किया गया था जो क्षैतिज आकृति 4(ए) और झुकी हुई स्थिति आकृति 4(b) दोनों में कार्य करने में सक्षम है।



चित्र 4: आरपीएम (ए) क्षैतिज स्थिति में; (बी) झुका हुआ स्थिति में परिणाम और चर्चा:

प्रायोगिक परिणामों में आरपीएम के संचालन के दौरान अलग-अलग अवधि और अलग-अलग कोड (यादृच्छिक रूप से भिन्न कारक - वेग, दिशा, त्वरण) और नियंत्रण और आरपीएम उगाए गए पौधों की दृश्य परीक्षा के दौरान दर्ज किए गए एकसेलेरोमीटर डेटा शामिल हैं। इस खंड में दोनों परिणामों को संक्षेप में प्रस्तुत किया गया है। दर्ज किए गए एकसेलेरोमीटर डेटा को मैटलैब 2018 का उपयोग करके पोस्ट-प्रोसेस किया गया था। चित्र 5 में दिखाए गए परिणाम आरपीएम के त्वरण बनाम समय वक्र दिखाते हैं जो पांच मिनट के लिए यादृच्छिक रूप से भिन्न वेग से चलते हैं। चित्र 5 (ए) क्षैतिज स्थिति में त्वरण आउटपुट दिखाता है, जहां कार्यप्रणाली अनुभाग में चर्चा की गई प्रारंभिक अव्यवस्थाएं देखी जाती हैं। ये प्रारंभिक अव्यवस्थाएं कम हो जाती हैं जब आरपीएम एक झुकाव स्थिति में चलाया जाता है जैसा कि त्वरण बनाम समय वक्र, आकृति 5 (बी) में देखा गया है।

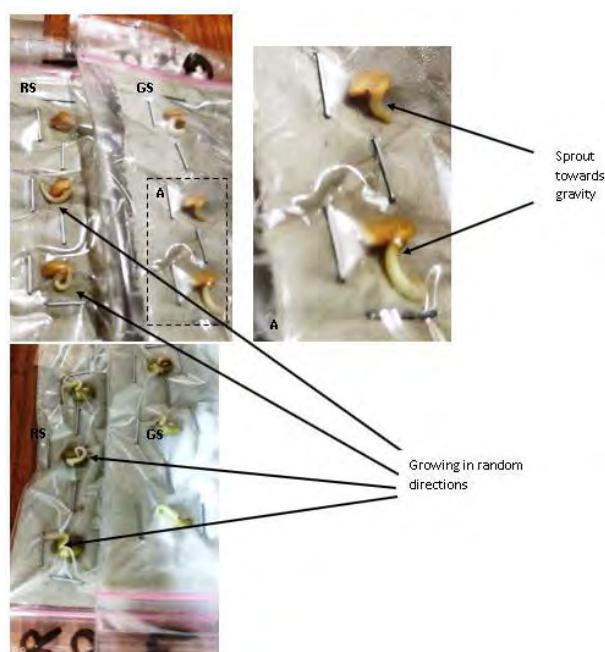


चित्र 5: आरपीएम यादृच्छिक वेग कोड में 5 मिनट के लिए (ए) क्षैतिज स्थिति (बी) 45 डिग्री झुका हुआ स्थिति में काम कर रहा है

नकली माइक्रोग्रैविटी के संपर्क में आने वाले पौधों के शरीर विज्ञान में परिवर्तन का निरीक्षण करने के लिए मूंग की फलियों (mung beans) और मेथी के बीजों (fenugreek seeds) को बंद स्थानों, छोटे आकार और विकास दर में अच्छी तरह से विकसित होने की उनकी क्षमता के कारण चुना गया था। जमीनी स्थिति में देखे गए परिवर्तन, क्षैतिज स्थिति में आरपीएम, और झुकी हुई स्थिति पर निम्नलिखित अनुभाग में चर्चा की गई है।

माइक्रोग्रैविटी में उगाए गए पौधों में देखे जाने वाले शारीरिक परिवर्तनों में से एक में ऑटोमोर्फोसिस (automorphosis) शामिल है। अंतरिक्ष माइक्रोग्रैविटी स्थितियों में उगाए गए पौधों में जड़, अंकुर और पत्तियों जैसे विभिन्न पौधों के अंगों का ऑटोमोर्फोसिस या नैस्टिक झुकना देखा गया है। इसी तरह के परिणाम नकली माइक्रोग्रैविटी स्थितियों के अधीन पौधों में देखे गए हैं। उदाहरण के लिए, पौधों की जड़ों और टहनियों की सीधीता प्रभावित होती देखी

गई, जिससे लहरदार पैटर्न या जड़ों और टहनियों का कुंडलन हो गया। (Hoson, et al., 1997) इसी तरह के अवलोकन होसन, एट अल। द्वारा मटर, चावल, और क्रेस, और अजुकी बीन बीजों का उपयोग करते हुए, प्रारंभिक स्थिति के बावजूद जड़ विकास दिशा में ऑटोमोर्फिज्म और सहज परिवर्तन दिखाते हुए रिपोर्ट किया गया था। (Hoson, et al., 1992) मूंग की फलियों और मेथी के नमूनों का उपयोग करके किए गए प्रयोगों में भी यही देखा गया। आरपीएम में किए गए हमारे प्रयोगों में इसी तरह के शारीरिक परिवर्तन देखे गए और चित्र 6 में दिखाए गए हैं। मूंग की फलियों और मेथी के नमूनों में ऑटोमोर्फोसिस देखा गया, जहां जड़ों में लहरदार पैटर्न और गैर-समान झुकाव दिखाई दिया। यह प्रभाव पौधों के वृद्धि हार्मोन, जैसे ऑक्सिन पर माइक्रोग्रैविटी के प्रभाव के कारण होने का अनुमान लगाया गया था। माइक्रोग्रैविटी के तहत ऑक्सिन के अतिरिक्त उत्पादन को जड़ कोशिकाओं के प्रसार दर में वृद्धि का कारण हाल की एक रिपोर्ट द्वारा बताया गया। (Oluwafemi, et al., 2020)



चित्र 6: जमीन और आरपीएम उगाए गए नमूनों में अंतर देखा गया (आरएस - आरपीएम उगाए गए नमूने; जीएस - ग्राउंड नमूने)

तालिका 1 क्षैतिज और झुकाव की स्थिति में आरपीएम में उगाए गए नमूनों की तुलना दिखाती है। झुकाव वाले आरपीएम में उगाए गए नमूनों ने वृद्धि में उच्च स्तर की कोइलिंग और यादृच्छिकता दिखाई। जैसा कि स्पष्ट रूप से देखा जा सकता है, मूंग और मेथी के बीज दोनों अलग-अलग दिशाओं में अंकुरित हुए हैं जो क्षैतिज आरपीएम से उगाए गए नमूनों के भिन्न हैं। ऐसा व्यवहार अंतरिक्ष में उगाए गए पौधों के नमूनों में देखा गया था, जहां जड़ें भटक गई थीं और इस प्रकार बेतरतीब ढंग से निर्देशित वृद्धि हुई। (Kraft, et al., 2000), (Kiss, et al., 1999)

तालिका 1: RPM में क्षैतिज और झुकी हुई स्थिति में उगाए गए नमूनों की तुलना

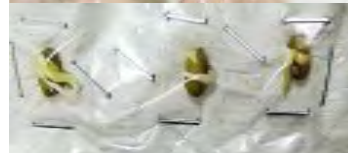
आरपीएम की स्थिति

**माइक्रोग्रैविटी सिमुलेशन के
36 घंटे के बाद के नमूने**

RPM क्षैतिज स्थिति में मूंग
दाल



मूंग की दाल RPM झुकी हुई
स्थिति में



आरपीएम क्षैतिज स्थिति में
मेथी



RPM झुकी हुई स्थिति में मेथी



निष्कर्ष:

अंतरिक्ष जीवन प्रक्रियाओं को कैसे प्रभावित करता है, यह समझने की प्रगति में आरपीएम की पेशकश के लाभों को ध्यान में रखते हुए, इस परियोजना में, हमने जीवन विज्ञान प्रयोगों को समायोजित करने के लिए विशेष रूप से एक लचीली नमूना स्थान के साथ एक आरपीएम के डिजाइन में प्रवेश किया। उसी के लिए एल्गोरिदम विकसित और परीक्षण किए। अलग करने योग्य इकाई के रूप में एक उपन्यास झुकाव तंत्र, निरंतर गुरुत्वाकर्षण को सक्षम करने के लिए वेक्टर रिजॉल्यूशन विकसित किया गया था जिसने एक मानक RPM में देखी गई प्रारंभिक गड़बड़ी को काफी हद तक दूर कर दिया। मूंग की फलियों और मेथी का उपयोग करते हुए पौधों के प्रयोगों की एक श्रृंखला से एकत्र किए गए सेंसर डेटा का उपयोग करके आरपीएम के प्रदर्शन का मूल्यांकन किया गया था। सेंसर डेटा से पता चला है कि एक झुकी हुई स्थिति में आरपीएम के साथ, क्षैतिज स्थिति की तुलना में कम गड़बड़ी के साथ माइक्रोग्रैविटी का समान परिमाण तेजी से प्राप्त किया जा सकता है। बीजों के साथ भी ऐसा ही प्रदर्शित किया गया है, जहां एक झुकाव की स्थिति में परिणाम क्षैतिज स्थिति वाले आरपीएम की तुलना में अंतरिक्ष में उगाए गए नमूनों के करीब थे। हालांकि, चर्चा किए गए इच्छुक और क्षैतिज आरपीएम नमूनों के बीच शारीरिक अंतर की पुष्टि करने के लिए आगे के अध्ययन की आवश्यकता है।

आभार:

लेखक प्रयोगशाला सुविधाओं के लिए निदेशक आईआईएसटी को धन्यवाद देते हैं।

ग्रन्थसूची:

- Hoson, T. et al., 1997. Evaluation of the three-dimensional clinostat as a simulator of weightlessness. *Planta*, 203(1), pp. S187-S197.
- Hoson, T., K. S., Masuda, Y. & Yamashita, M., 1992. Changes in plant growth processes under microgravity conditions simulated by a three-dimensional clinostat. *The botanical magazine= Shokubutsu-gaku-zasshi*, 105(1), pp. 53-70.
- Kiss, J., Edelmann, R. & Wood, P., 1999. Gravitropism of hypocotyls of wild-type and starch-deficient *Arabidopsis* seedlings in spaceflight studies. *Planta*, 209(1), pp. 96-103.
- Kraft, T., van Loon, J. & Kiss, J., 2000. Plastid position in *Arabidopsis* columella cells is similar in microgravity and on a random-positioning machine. *Planta*, 211(3), pp. 415-422.
- Oluwafemi, F., Ibraheem, O. & Fatoki, T., 2020. Clinostat microgravity impact on root morphology of selected nutritional and economic crops. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*, Pp. 92-104.
- Salisbury, F. & Wheeler, R., 1981. Interpreting plant responses to clinostating: I. Mechanical stresses and ethylene. *Plant physiology*, 67(4), pp. 677-685.

लेखक परिचय



के. जी. श्रीजालक्ष्मी भारतीय अंतरिक्ष विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी संस्थान, तिरुवनंतपुरम में सह आचार्य के पद पर कार्यरत हैं। उन्होंने केरल विश्वविद्यालय से रसायन विज्ञान में डॉक्टरेट की उपाधि प्राप्त की। श्री चित्रा तिरुनाल आयुर्विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी संस्थान, तिरुवनंतपुरम के बीएमटी स्कंध से अपने पोस्ट डॉक्टरल कार्यविधि के पश्चात 2007 को आईआईएसटी में उसके प्रथम दिन से ही अनुप्रयुक्त विज्ञान विभाग में संकाय के रूप में कार्यभार ग्रहण कर लिया था। अब वे रसायन विभाग में कार्यरत हैं तथा उनके अनुसंधान क्षेत्र के अंतर्गत कॉम्बिनेटोरियल केमिस्ट्री फोर मेटेरियल डेवलपमेंट, ड्रग डिसकवरी, ग्राविटेशनल बयोलॉजी, स्पेस लाईफ साईसेस एन्ड बयोअस्ट्रोनोट्स शामिल हैं। वर्तमान में उनकी टीम पहला भारतीय समानव अंतरिक्ष उडान कार्यक्रम के लिए एक जैविक प्रदायभार का निर्माण कर रही हैं।

वायुमंडलीय सूक्ष्म कण के रासायनिक गुण तथा आकार के अध्ययन के लिए स्वदेशी उड़ान-समय एरोसोल द्रव्यमान स्पेक्ट्रोमीटर (ToF-AMS) का विकास

सुनील कुमार, मो. कैफ, उमेश आर. कधाने और पी. आर. सिन्हा *
भारतीय अंतरिक्ष विज्ञान और प्रौद्योगिकी संस्थान, तिरुवनंतपुरम-695547, भारत
*संबंधित लेखक ई-मेल: prs@iist.ac.in

सार

वायुमंडल में उपस्थित सूक्ष्म-कण (एरोसोल) बादल से परस्पर क्रिया करते हैं, अतः इनके स्रोत और गठन तंत्र की महत्वपूर्ण प्रक्रियाओं की पहचान करने के लिए विस्तृत रासायनिक संरचना और सूक्ष्म कण के आकार वितरण की आवश्यकता होती है। इसके अलावा, जलवायु, दृश्यता और मानव स्वास्थ्य पर सूक्ष्म कण के प्रभाव, सूक्ष्म कण के आकार पर निर्भर करता है। सूक्ष्म कण का रासायनिक संरचना का मापन और आकार वितरण वास्तविक समय के साथ भारतीय क्षेत्र में अभाव और चुनौतीपूर्ण है। इस शोध पत्र में सूक्ष्म वायुमंडलीय कण की रासायनिक संरचना और आकार वितरण का वास्तविक समय में सटीक माप प्रदान करने के लिए उड़ान समय सूक्ष्म कण द्रव्यमान स्पेक्ट्रोमीटर (ToF-AMS) के स्वदेशी विकास को प्रस्तुत किया गया है। यह ToF-AMS का विकास दोहरी मोड में द्रव्यमान और आकार निर्धारण करने के लिए किया गया है। अतः इस ToF-AMS का विकास संचालन द्रव्यमान परास 1-300 परमाणु द्रव्यमान इकाई (AMU) तथा 100 में 1 के चयन करने की क्षमता के साथ विकसित किया गया है। इस ToF-AMS के डिजाइन और विकास प्रक्रिया में निम्नलिखित घटक सम्मिलित हैं: i) एक वायुगतिकीय इंजेक्टर, ii) ToF द्रव्यमान विश्लेषक, और iii) सूक्ष्म-कण आकार विश्लेषक। एरोसोल कणों का वायुगतिकीय (समरूप) व्यास आकार निर्धारण कण वेग का मापांकन द्वारा निर्धारित किया जाता है जोकि कण के उड़ान समय पर निर्भर करता है। ToF-AMS का परीक्षण और मापांकन आकार (1.0 माइक्रोन तक) और बड़े पैमाने पर विश्लेषण के लिए कृत्रिम सूक्ष्म कण नमूनों का उपयोग करके किया जा रहा है। ToF-AMS के समग्र प्रदर्शन का मूल्यांकन ऑप्टिकल कण काउंटर (Optical Particle Counter) और उच्च आयतन (High Volume Sampler) के साथ और व्यावसायिक रूप से उपलब्ध द्रव्यमान एरोसोल स्पेक्ट्रोमीटर के साथ भी किया जायेगा। बादल संघनन नाभिक कण (CCN) के विकास पर सूक्ष्म कण तथा मिश्रण अवस्था के प्रभाव का आकलन करने के लिए सूक्ष्म कण की आकार-समाधान रासायनिक संरचना का उपयोग भी किया जायेगा।

प्रस्तावना

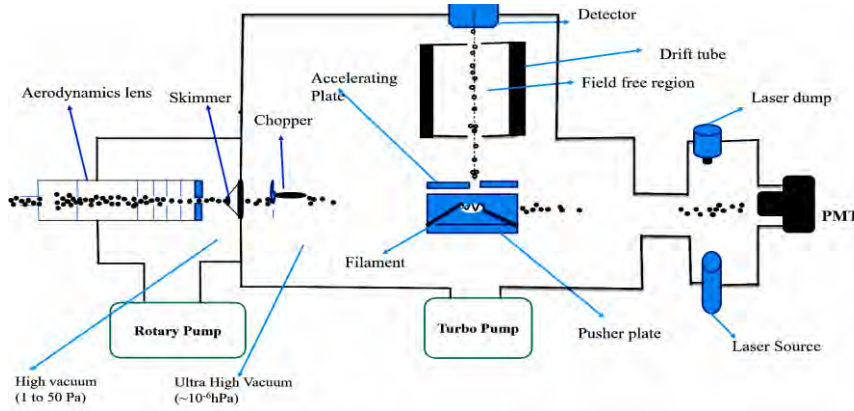
वायुमंडलीय सूक्ष्म-कण मुख्य रूप से बने ठोस और तरल कण होते हैं, सल्फेट, जैविक कार्बन, ब्लैक कार्बन, नाइट्रेट, खनिज धूल और समुद्री नमक जिनका आकार 10^{-3} – 10^2 माइक्रोन तक होता है। भारतीय उपमहाद्वीप में मुख्य रूप से सूक्ष्म कणों में ब्लैक कार्बन, सल्फेट, नाइट्रेट, और अमोनियम, रेगिस्तान या खनिज धूल (क्षेत्रीय रूप से उत्पादित या लंबी दूरी की परगमन), जैव ईंधन (biomass burning), फसल अवशेष या जंगल की आग, और समुद्री नमक के कण शामिल हैं (Sinha et al., 2012)। यद्यपि, यह स्थानीय और क्षेत्रीय पैमानों में काफी अलग हो सकता है। भारतीय उपमहाद्वीप में मौजूद विभिन्न प्रकार के सूक्ष्म-कण स्रोतों और कण प्रकारों को अवलोकनों के माध्यम से समझने और क्षेत्रीय पैमाने पर उनकी रासायनिक संरचना और विकिरण प्रभाव (हानिकारक किरणों) को मॉडल करने के लिए महत्वपूर्ण स्रोत है (Lawrence & Lelieveld, 2010)। IPCC (2007) की रिपोर्ट में सूक्ष्म कण रासायनिक गुणों के ज्ञान में एक बड़े अंतर, और इसलिए दक्षिण और पूर्वी एशिया में विकिरण बल में बड़ी अनिश्चितता का उल्लेख किया गया है। ToF-AMS से प्राप्त सूक्ष्म कण के आकार-समाधान रासायनिक संरचना का उपयोग करके स्रोतों और सूक्ष्म कण के प्रकारों की विस्तृत विशेषताओं का आकलन किया जा सकता है। ToF-AMS के आंतरिक विकास से जुड़ी तकनीकी कठिनाइयों और व्यावसायिक रूप से उपलब्ध ToF-AMS से जुड़ी उच्च लागत के कारण अब तक, इस तरह के माप भारतीय क्षेत्र में अत्यधिक चुनौतीपूर्ण और विरल हैं। इसलिए, इस शोध पत्र में, सूक्ष्म कण की मिश्रित स्थिति और बादलों के साथ उनकी परस्पर क्रिया का आकलन करने के लिए सूक्ष्म कण की आकार एवं रासायनिक संरचना को मापने के लिए ToF-AMS के स्वदेशी विकास को प्रस्तुत किया गया है।

उपकरण डिजाइन

इस ToF-AMS उपकरण डिजाइन में मुख्य रूप से तीन घटक हैं

1. वायुगतिकीय इंजेक्टर
2. आकार विश्लेषण
3. मास विश्लेषण

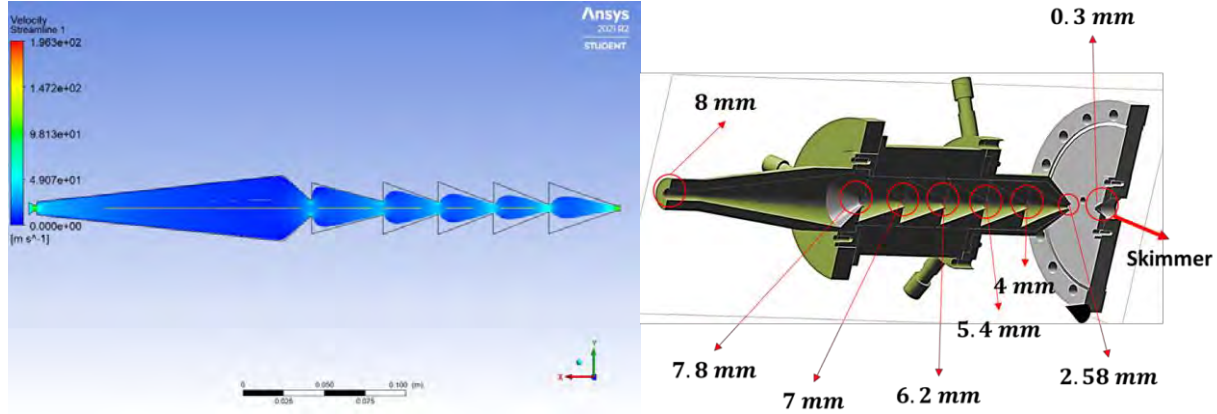
इन तीनों घटकों का संक्षिप्त विवरण नीचे प्रस्तुत किया गया है और योजनाबद्ध आरेख चित्र 1 में दिखाया गया है।



चित्र 1: उड़ान समय सूक्ष्म कण द्रव्यमान स्पेक्ट्रोमीटर (ToF-AMS) के विभिन्न घटकों का योजनाबद्ध आरेख।

वायुगतिकीय इंजेक्टर

यह एक शंक्वाकार आकृतियों की एक श्रृंखला होती है जो घटते व्यास के साथ संरेखित होती है, ताकि इंजेक्टर से बाहर निकलने वाले सूक्ष्म-कण बीम का अभिसरण सुनिश्चित किया जा सके। शंक्वाकार संरचना की मदद से यह वातावरण के सूक्ष्म कणों को ToF-AMS के निर्वात मापन कक्ष में प्रवेश कराती है (चित्र 2)। श्रृंखलाबद्ध घटते व्यास वाले यह इंजेक्टर एक अभिसरित लेंस की तरह कार्य करती है। इसमें वायु के प्रवेश के लिए एक महीन छिद्र (Orifice) होती है जिसका व्यास 100 माइक्रोमीटर है। इस छिद्र की सहायता से वायुमण्डल में विद्यमान कणों को 0.016 लीटर/मिनट की दर से निर्वात मापन कक्ष में भेजा जाता है। वायु में विद्यमान सूक्ष्म कणों को शंक्वाकार संरचना की निकास बिंदु से ~ 20 सेमी की दूरी पर लगभग 0.3 मिलीमीटर व्यास के स्किमर (skimmer) में केंद्रित करती है। इस इंजेक्टर के माध्यम से 0.1 से 8.0 माइक्रोमीटर व्यास तक के कणों में से ~ 6 माइक्रोमीटर वाले कणों के संचरण के लिए उच्चतम परिवहन दक्षता का परीक्षण किया गया है। इस इंजेक्टर की संरचना ऑटोकैड की सहायता से की गयी है, तथा इसकी रचना में सुधार ANSYS-CFD अनुकरण (सिमुलेशन) की सहायता से किया गया है। यह इंजेक्टर SS-304 धातु का बना हुआ है तथा इसके शंक्वाकार आकृतियों को घटते व्यास के साथ संरेखित किया गया है जैसा कि चित्र 2 में दिखाया गया है। इनके व्यास क्रमशः 7.8, 7.0, 6.2, 5.4, 4.0, 2.58 मिलीमीटर है। इसमें एक छोटा निर्वात-कक्ष भी संलग्न है, जो इंजेक्टर के लिए निर्वात कक्ष की तरह उपयोग होता है।



चित्र 2. इंजेक्टर की अनुप्रस्थ काट (cross section) अथवा कण प्रक्षेपक सतत अनुकरण आरेख

आकार विश्लेषण

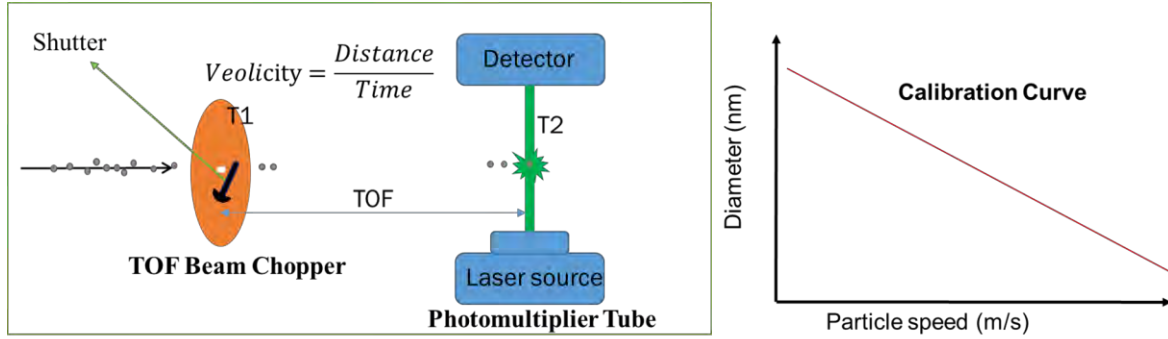
कण बीम कटन (Particle beam chopper)

यह एक छोटा विद्युत से संचालित उपकरण है जिसमें स्थायी चुंबकीय पट्टी के अंदर एक ताम्बे की कुंडली होती है। यह कॉइल विद्युत परिपथ से जुड़ी होती है। जब विद्युत परिपथ में धारा प्रवाहित होती है तो कॉइल में भी धारा प्रवाहित होती है। क्योंकि एच-ब्रिज सर्किट धारा की दिशा को आगे-पीछे करने के लिए सेट होता है, जिसके परिणामस्वरूप बीम कटन की भुजा बाएं और दाएं चुंबकीय बल का अनुभव करती है जो लेन्ज लॉ के सिद्धांत पर कार्य करता है। इस कॉइल को सूक्ष्म कणों के बीम प्रवाह में रखा जाता है तथा उत्पन्न कम्पन को पल्स जनरेटर (स्पंद जनित्र) द्वारा नियंत्रित किया जाता है जिसका विश्लेषण दोलनदर्शी (oscilloscope) से किया जाता है और समय T_1 का निर्धारण किया जाता है। इसमें आयन स्रोत के रूप में एक इलेक्ट्रॉन प्रभाव, और चैनलट्रॉन डिटेक्टर होता है। चैनलट्रॉन डिटेक्टर एरोसोल-इलेक्ट्रॉन परस्पर क्रिया द्वारा उत्पन्न आयनों का पता लगाने के लिए किया गया है।

सूक्ष्म कण आकार संसूचन प्रणाली (Aerosol particle size detection system)

सूक्ष्म कण आकार विश्लेषण के लिए फोटोमल्टीप्लायर ट्यूब (फोटॉन का पता लगाने वाला यन्त्र) से एक ज्ञात दूरी पर रखा गया बीम कटन यन्त्र होता है। यह प्रणाली एक लेजर और (फोटॉन का पता लगाने वाला यन्त्र) फोटोमल्टीप्लायर ट्यूब (PMT) के साथ मिलकर बनती है जैसा कि चित्र 3 में दिखाया गया है। फोटोमल्टीप्लायर ट्यूब को कण बीम कटन से कुछ ज्ञात दूरी पर इस तरह रखा जाता है। जब कण वायुगतिकीय इंजेक्टर के माध्यम से त्वरित होता है और निर्वात कक्ष में प्रवेश करता है जहां इसका वेग आकार पर निर्भर होता है। सूक्ष्म कण द्वारा लेजर-पीएमटी संपर्क क्षेत्र तक पहुंचने में लगने वाले समय को मापते हैं। चूंकि लेजर आने वाले सूक्ष्म कणों के साथ प्रकीर्ण (scatter) होता है और इन प्रकीर्ण हुए फोटॉन का पता PMT द्वारा लगाया जाता है और एक सिग्नल उच्च बिंदु (peak signal) उत्पन्न होता है जो समय

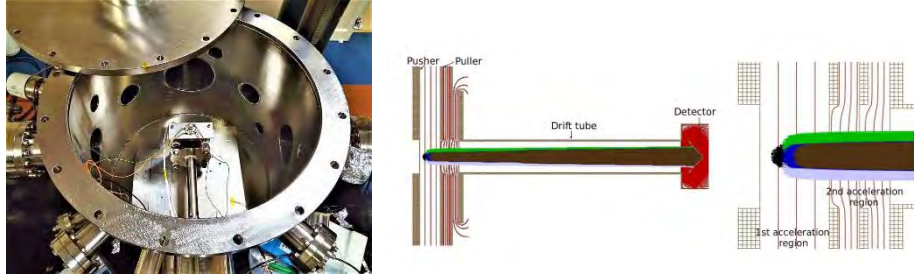
□□ देता है। इसलिए □□ और □□ के बीच का समय-अंतर सूक्ष्म कण की तय की गयी दूरी का समय देता है। क्योंकि बीम कटन यन्त्र और लेजर-पीएमटी तंत्र की बीच दूरी ज्ञात है इसलिए दूरी और समय-अंतर की मदद से ToF-AMS में आने वाले कणों का वेग ज्ञात किया जाता है। इन कणों का वेग सूक्ष्म कणों के आकार के साथ कैलिब्रेट किया गया है। इस तरह कणों के आकार का निर्धारण होता है।



चित्र 3. उड़ान समय-मास स्पेक्ट्रोमीटर के सूक्ष्म कण आकार संसूचन प्रणाली (Aerosol particle size detection system) अंशांकन वक्र का योजनाबद्ध आरेख।

सूक्ष्म कण द्रव्यमान विश्लेषक प्रणाली (Mass analyzer system)

इसमें इलेक्ट्रॉन उत्सर्जक स्रोत, इलेक्ट्रॉन एकत्र करनेवाला (electron collector), चैनल इलेक्ट्रॉन गुणक (Channel Electron Multiplier CEM), संसूचक (detector) और आंकड़ा अधिग्रहण (Data Acquisition) जैसे विभिन्न आवश्यक भाग होते हैं जैसा कि चित्र 4 में दिखाया गया है। द्रव्यमान विश्लेषक प्रणाली आयनों की गति पर आधारित होता है जो आयनों के द्रव्यमान एवं आवेश के अनुपात (m/z) पर निर्भर करती है। यह m/z अनुपात, इलेक्ट्रॉन बीम-तंतु (beam filament) को -70 eV तक आयनीकरण क्षमता के साथ इलेक्ट्रॉन उत्सर्जन स्रोत की सहायता से सूक्ष्म कणों के आयनीकरण करके प्राप्त किया जाता है। इस आयनीकरण क्षमता पर फिलामेंट की इलेक्ट्रॉन उत्सर्जन धारा ~ 4 nA प्राप्त हुई है। त्वरण (Acceleration) और निष्कर्षण (Extraction) प्लेट को $1000V$ एवं 100 हर्ट्ज स्पंदन आवृत्ति की क्षमता पर रखा जाता है जो आयनों को विद्युत चुम्बकीय बल से त्वरित करता है। जिसके फलस्वरूप कण m/z अनुपात के अनुसार गति करते हुए संसूचक (detector) तक पहुँचते हैं। चूँकि हर कण का m/z अनुपात अद्वितीय होता है जिसे संसूचक की मदद से ज्ञात किया जाता है, जिसके फलस्वरूप इन कणों की पहचान हो जाती है और इस प्रकार रसायनिक सूत्र का निर्धारण किया जाता है।



चित्र 4. उड़ान-समय सूक्ष्म-कण द्रव्यमान स्पेक्ट्रोमीटर की प्रयोगशाला प्रणाली व्यवस्था और आयन प्रक्षेपवक्र (trajectory) का अनुकरण चित्र।

मापांकन (अंशांकन) एवं प्रारंभिक डेटा (Calibration and sample data)

ToF-AMS के मापांकन के लिए कृत्रिम सूक्ष्म कण एल्यूमिना ऑक्साइड पाउडर के सूखे नमूनों का चयन किया है जिसका द्रवगतिकीय व्यास 670 nm है। इस एल्यूमिना ऑक्साइड पाउडर को वायुगतिकीय इंजेक्टर में प्रवेश करते हैं और इनके रासायनिक गुणों की पुष्टि के लिए द्रव्यमान स्पेक्ट्रा लिया जाता है। फिर इन कणों के आकार को सूक्ष्म कण संसूचन प्रणाली की मदद से निर्धारण किया जाता है। अगर दोनों नमूने लगभग समान परिणाम देते हैं तो इस प्रकार उपकरण का अंशांकन हो जाता है। चित्र 5 में उड़ान-समय सूक्ष्म-कण द्रव्यमान स्पेक्ट्रोमीटर की एकीकृत प्रणाली की प्रयोगशाला व्यवस्था (Integrated Laboratory setup of ToF-AMS) को दर्शाया गया है। अधिक कुशल संतोषजनक प्रमाण प्राप्त करने के लिए हमें दो और कृत्रिम सूक्ष्म-कणों के साथ परीक्षण करना होगा। इस प्रक्रिया के पूरी के हो जाने के बाद यह उपकरण व्यावहारिक उपकरण अनुप्रयोग के लिए तैयार हो जायेगा। वर्तमान समय में कृत्रिम सूक्ष्म कणों का उपयोग करके वायुगतिकीय इंजेक्टर और टीओएफ द्रव्यमान और आकार विश्लेषक अंशांकन किया जा रहा है। इसके परिणाम का आंकड़ा अधिग्रहण दोलनदर्शी (oscilloscope) की सहायता से किया जा रहा है और इसके बाद कंप्यूटर डेटा अधिग्रहण प्रणाली में इसे अभिलेख किया जाएगा।



चित्र 5. उड़ान-समय सूक्ष्म-कण द्रव्यमान स्पेक्ट्रोमीटर (TOF-AMS) की एकीकृत प्रणाली की प्रयोगशाला

व्यवस्था

उपसंहार एवं भविष्य का दायरा

वास्तविक-समय में सूक्ष्म कण की रासायनिक संरचना का मापन करने वाले उपकरण का निर्माण काफी चुनौतीपूर्ण है। इस शोध पत्र में हमने सूक्ष्म-कण की रासायनिक संरचना को उड़ान-समय सूक्ष्म-कण द्रव्यमान स्पेक्ट्रोमीटर (TOF-AMS) के द्वारा वायुमंडलीय सूक्ष्म कण की रासायनिक संरचना और आकार वितरण का वास्तविक-समय में सटीक माप प्रदान करने के विकास को प्रस्तुत किया है।

इस विकास के हिस्से के रूप में हमने इस प्रणाली के विभिन्न घटकों जैसे वायुगतिकीय इंजेक्टर, स्किमर, लघु-निर्वात कक्ष, सूक्ष्म-कण संसूचन प्रणाली और सूक्ष्म कण द्रव्यमान विश्लेषक प्रणाली एवं TOF-AMS के विभिन्न घटकों उप-घटकों को एकीकृत किया तथा इनका सफल परीक्षण किया।

हमारी विकसित की गयी ToF-AMS में कण द्रव्यमान विश्लेषक के बाद आकार विश्लेषक प्रणाली की अनूठी व्यवस्था है। यह किसी भी उपलब्ध व्यावसायिक ToF-AMS से ज्यादा उन्नत तकनीकी का है जो हमें उन कणों के आकारों को निर्धारित करने की अनुमति प्रदान करता है, जिनकी संरचना ज्ञात है।

स्वदेशी विकसित ToF-AMS के आकार, शक्ति और दक्षता को सुगठित करने के बाद इनका उपयोग भारत के आगामी अंतरिक्ष अभियान के लिए किया जायेगा। स्वदेशी ToF-AMS की विकसित तकनीक को व्यावसायिक उत्पादन के लिए तत्काल प्रारंभिक व्यापार उद्योग (Start-up) में स्थानांतरित कर दिया जाएगा।

अभिस्वीकृति

लेखकगण इस अनुसंधान और विकास कार्य में सहायता के लिए भारतीय अंतरिक्ष विज्ञान और प्रौद्योगिकी संस्थान के डी. सैम दयाल देव (निदेशक), वाई.वी.एन. कृष्ण मूर्ति (कुलसचिव) को धन्यवाद करते हैं। लेखकगण इलेक्ट्रॉनिक पीसीबी सर्किट के डिजाइन और निर्माण कार्य में सहायता के लिए एम. नरसिम्हा मूर्ति का धन्यवाद करते हैं। हम आईआईएसयू के वैज्ञानिकों और डॉ सूरज का भी धन्यवाद ज्ञापन करते हैं जिन्होंने हमारे डिजाइन के पुर्जों को शीघ्रता से बनाने और संशोधित करने में हमारी मदद की। सुधीश चेतिल और आईआईएसटी के Virgo समूह (Virgo cluster) की पूरी टीम को उच्च गणना के प्रावधान के लिए धन्यवाद करते हैं। हम विद्युत प्रणोदन निदान प्रयोगशाला (ईपीडीएल) और वायुमंडलीय विज्ञान प्रयोगशाला में सभी को धन्यवाद करते हैं।

संदर्भ सूचि (References)

IPCC: Summary for Policymakers, in: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, edited by: Solomon, S. et al., Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Jayne et. al (2010)-Development of Aerosol mass spectrometer for size and composition analysis of submicron particles: Aerosol Science and Technology.33:1-2. 49-70.

Lawrence, M. G., J. Lelieveld (2010), Atmospheric pollutant outflow from southern Asia: A review. Atmos. Chem. Phys., 10, 11017–11096.

Sinha, P. R., D. G. Kaskaoutis, R. K. Manchanda and S. Sreenivasan (2012), Characteristics of aerosols over Hyderabad in southern Peninsular India: Synergy in the classification techniques, Ann. Geophys., 30, 1393–1410, doi:10.5194/angeo-30-1393.

लेखक परिचय -



डॉ. पी.आर. सिन्हा ने 2012 में टाटा मूलभूत अनुसंधानसंस्थान बैलून फैसिलिटी (TIFR Balloon Facility) हैदराबाद में काम करते हुए पं. रविशंकर शुक्ल विश्वविद्यालय, रायपुर से पीएचडी (भौतिकी) प्राप्त की। वह 2015-2017 के दौरान टोक्यो विश्वविद्यालय, जापान में पोस्ट-डॉक्टरल फेलो और परियोजना सहायक प्राध्यापक रहे। वह जनवरी 2019 में भारतीय अंतरिक्ष विज्ञान और प्रौद्योगिकी संस्थान (IIST), तिरुवनंतपुरम में सहायक प्राध्यापक के रूप में शामिल हुए। उनके अनुसंधान के प्राथमिक क्षेत्र में शामिल हैं: सूक्ष्मकण गतिकी, सूक्ष्मकण विकिरण बल, सूक्ष्मकण- बादल परस्पर क्रिया, सूक्ष्मकण मापन उपकरण विकास। वे सूक्ष्मकण- विज्ञान के क्षेत्र में 36 शोध पत्रों के लेखक/सह-लेखक हैं।

साउंडिंग रॉकेट अनुप्रयोग के लिए सम्मिश्र प्रणोदक आधारित स्पिन रॉकेट का विकास

के जी के किशोर, विभव कुमार, विक्रम टी, डॉ. हरि हरनाथ बी, शिबपाद पाल, बेबी अब्रहाम अंतरिक्ष ऑर्डनेन्स एंटीटी, विक्रम साराभाई अंतरिक्ष केंद्र, तिरुवनंतपुरम, केरल-695022, भारत

सार

स्पिन रॉकेटों का उपयोग साउंडिंग रॉकेटों में वाहन को आरंभिक घुमाव प्रदान करने के लिए किया जाता है, जो कि कैंट फिन्स द्वारा आगे बनाए रखा जाता है। स्पिन रॉकेट, ठोस वाहन में उपयोग देने वाले विपरीत फिन्स की नोक पर लगे होते हैं और वाहन के लॉन्चर से निकलने के तुरंत बाद प्रज्वलित होते हैं। एक बार स्पिन रॉकेट की कार्यवाही पूरी हो जाने के बाद, इन्हें विलंबित डेटोनेटर का उपयोग करके वाहन से अलग किया जाता है। स्पिन रॉकेट में आमतौर पर एक फ्री स्टैंडिंग द्विआधारीय प्रणोदक (डबल बेस प्रोपेलेंट) होता है जो बेलनाकार (ट्यूबलर) प्रकार का होता है। वर्तमान अध्ययन में, द्विआधारीय प्रणोदक के स्थान पर तेजी से जलने वाले हाइड्रॉक्सी टर्मिनेटेड पॉलीब्यूटाडीन (एचटीपीबी) आधारित मिश्रित ठोस प्रणोदक का उपयोग करते हुए स्पिन रॉकेट को दो संस्करणों का परीक्षण किया गया है। इस अध्ययन में कोशिश की गयी है की हार्डवेयर के विन्यास में, बिना किसी बदलाव के स्पिन रॉकेट को विकसित किया जा सके। नव विकसित स्पिन रॉकेटों का समुद्र स्तर पर परीक्षण किया गया है और प्रदर्शन का मूल्यांकन किया गया है। एचटीपीबी आधारित संस्करणों के प्रदर्शन की तुलना द्विआधारीय प्रणोदक प्रणाली से प्राप्त परिणामों के साथ की गयी है और बाद में, मिशन विश्लेषण भी किया गया है। यह पेपर समग्र प्रणोदक आधारित स्पिन रॉकेट के दो संस्करणों के लिए अपनाई गई विकास पद्धति और भाग के रूप में किए गए परीक्षणों के परिणामों से संबंधित है। इसके अलावा, यह लेख विकास चरण के दौरान आने वाली चुनौतियों पर प्रकाश डालता है, इसके बाद मिशन की आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए प्रदर्शन को ठीक करता है।

मुख्य शब्द: स्पिन रॉकेट; हाइड्रॉक्सी टर्मिनेटेड पॉलीब्यूटाडीन (एचटीपीबी) आधारीय प्रणोदक; साउंडिंग रॉकेट; द्विआधारीय प्रणोदक

1 परिचय :

इसरो के साउंडिंग रॉकेटों का उपयोग ऊपरी वायुमंडलीय अध्ययन के लिए किया जाता है और आमतौर पर ठोस प्रणोदकों का उपयोग करते हुए एक या दो चरण के रॉकेट को इस्तेमाल किया जाता है। पीएसएलवी, जीएसएलवी आदि, प्रक्षेपण वाहनों के विपरीत, ये साउंडिंग

रॉकेट स्पिन (घुमाना) स्थिर वाहन हैं और प्रारंभिक स्पिन छोटे ठोस रॉकेट मोटर्स द्वारा प्रदान किया जाता है जिन्हें स्पिन रॉकेट कहा जाता है। ये स्पिन रॉकेट प्रति सेकंड 2-4 चक्करों के क्रम में वाहन को प्रारंभिक स्पिन प्रदान करते हैं जो रॉकेट के द्वार (नोजल) सिरे पर लगे “कैन्ट फिन” द्वारा आगे बनाए रखा जाता है। वाहन के लॉन्चर छोड़ने के तुरंत बाद स्पिन रॉकेट प्रज्वलित होते हैं और लगभग 300 ms की अवधि के लिए संचालित होते हैं। इन स्पिन रॉकेटों में डिस्के डेटोनेटर का उपयोग कर के वाहन से अलग किया जाता है।



2 प्रायोगिक :

2.1. स्पिन रॉकेट का निर्माण

चित्र-1: स्पिन रॉकेट का निर्माण

स्पिन रॉकेट निर्माण में सरल होते हैं, जिसमें एक तुण्डाकार द्वार वाहन की धुरी पर सीधा लगाया जाता है। स्पिन रॉकेट में केसिंग, प्रणोदक प्रणाली और प्रज्वलन प्रणाली होती है। चैम्बर SS304 स्टील से बना है। इस्तेमाल किया गया प्रणोदक डबल बेस है जिसका बर्न रेट 9.7 mm/s @ 70 ksc और आकार में बेलनाकार (ट्यूबुलर) है। प्रणोदक ग्रेन को केसिंग में रखने के लिए, कक्ष के अंदर मिश्रित पैकिंग सामग्री के 3 पट्टियाँ उपयोग की जाती है। स्पिन रॉकेट के प्रज्वलन के लिए एक पाइरोटेक्निक इग्नाइटर का उपयोग किया जाता है। संचालन के दौरान, प्रणोदक ग्रेन सभी दिशाओं से जलता है और दबाव - समय आरेख में तटस्थ वक्र देता है। समायोजित स्पिन रॉकेट को चित्र-1 में दिखाया गया है।

वर्तमान अध्ययन का उद्देश्य द्विआधारीय प्रणोदक की जगह एक वैकल्पिक प्रणोदक प्रणाली का उपयोग करके स्पिन रॉकेट का विकास करना है। ज्ञात गुणों के आधार पर इस प्रकार के अभिकल्प पद्धति का उपयोग किया गया है की एक प्रणोदक का चयन विकासन के समय को कम से कम कर सकें। इसलिए, स्पिन रॉकेट के प्रारंभिक अभिकल्प के लिए ट्यूबुलर आकार में तेजी से जलने वाले हाइड्रॉक्सी टर्मिनेटेड पॉलीब्यूटाडीन (एचटीबीपी) आधारित सम्मिश्र ठोस प्रणोदक को चुना गया था। बड़े बदलाव से बचने के लिए, मौजूदा हार्डवेयर के विन्यास को बनाए रखने के लिए अध्ययन पर ध्यान केंद्रित किया गया है ताकि मिशन विश्लेषण के आधार पर नए स्पिन रॉकेट को सीधे रॉकेट में उपयोग के लिए इस्तेमाल किया जा सके।

2.2. रचना विवेचन

स्पिन रॉकेट के अभिकल्प के लिए अधिकतम प्रणोद (Maximum Thrust) और कार्यवाही का समय (Action Time) विचार किया जाना है जो कुल आवेग (Total impulse) प्रदान करते हैं। इसके अलावा, ऑपरेशन के दौरान निरंतर प्रणोद प्राप्त करने के लिए स्पिन रॉकेट ग्रेन में एक तटस्थ जलन (Neutral burning) होनी चाहिए। स्पिन रॉकेट के अभिकल्प मापदंडों, तालिका-1 में दिए गए हैं। इन मापदंडों से, एक ट्यूबलर आकार में ठोस प्रणोदक खंडों से ग्रेन की रचना किया गया है। प्रणोदक के गुण, तालिका -2 में दिए गए हैं।

| तालिका 1. स्पिन रॉकेट के लिए अभिकल्प मापदंडों | |
|-----------------------------------------------|-------|
| मापदंड | मान |
| जलने की अवधि, ms | 300 |
| अधिकतम प्रणोद, N | 1200 |
| जलने का नमूना | तटस्थ |

| तालिका 2. प्रणोदक प्रणाली के गुण | |
|----------------------------------|-----------------------------|
| मापदंड | मान |
| संरचना | AP + एचटीपीबी + Al + संशोधक |
| घनत्व, g/cc | 1.6 |
| जलने की दर, mm/s | 16.7 @ 70 ksc |
| बर्न रेट इंडेक्स | 0.4 |
| अभिलक्षणिक वेग C*, m/s | 1500 |

चूंकि ट्यूबलर ग्रेन प्रगतिशील प्रज्वलन नमूना देता है, इसलिए दबाव - समय ग्राफ में तटस्थ नमूना प्राप्त करने के लिए, ग्रेन की 4 नग में रचना की गयी है। और खंडों का, फेस और बाहरी सतह पर निरोध (इन्हिबीशन) दिया गया है। एक समाकलित ग्रेन का एहसास करने के लिए इन खंडों को एक साथ जोड़ा जाता है। समाकलित ग्रेन को चित्र-2 में दिखाया गया है। किसी भी अंतराफलक दोष जैसे विबंध, सरंधता आदि का पता लगाने के लिए, ग्रेन का एक्स-रे (X-ray) किया जाता है। समाकलित ग्रेन को चैम्बर में चार्ज करके प्रज्वालक (इग्नाइटर) को शीर्ष अंत (हेड एंड) पर समायोजित किया जाता है। बाद में, दबाव संवेदक (ट्रांसड्यूसर), द्वार (नोजल) दिशा से 90° पर रखा जाता है।



चित्र-2: समाकलित ग्रेन

उपरोक्त विन्यास में, स्पिन रॉकेट का समुद्र स्तर पर परीक्षण करके उसके आधार पर, मिशन विश्लेषण का पूरा अध्ययन किया गया है।

तथापि, अंतराफलक और प्रणोदक खंड जोड़ों की संख्या को देखते हुए, एक अखंड ग्रेन के विकास के बारे में सोचा गया था। अभिकल्प आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए, उच्च प्रारंभिक दबाव बढ़ाने के लिए और पर्याप्त सतह क्षेत्रफल प्रदान करने के लिए, तारांकित (स्टार) विन्यास के प्रणोदक ग्रेन को अंतिम रूप दिया गया है।

उपलब्ध मापदंडों के आधार पर, पालियों के 6 नग के रूप में तय किया गया है। और दबाव - समय आरेख विश्लेषण की गई है। इसका परिणाम आवश्यक प्रणोद के साथ लगभग तटस्थ ग्राफ में होता है। प्रारंभिक विश्लेषण के आधार पर, प्रणोदक ग्रेन को सम्मिश्र कागज ट्यूब में ढलाई (कास्ट) किया गया है और 8 दिनों



चित्र-3: तारांकित (स्टार) ग्रेन

के लिए 60 डिग्री सेल्सियस पर ठोस किया गया। इस प्रकार प्राप्त ग्रेन दोनों सिरों पर निरोध दिया गया है और हार्डवेयर में चार्ज करके स्पिन रॉकेट बनाये है। तारांकित (स्टार) ग्रेन की छवि चित्र-3 में दिखाई गई है।

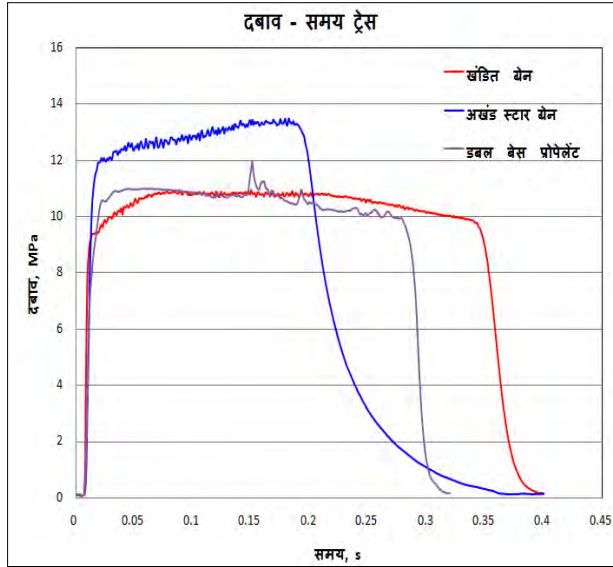
चार्ज किए गए स्पिन रॉकेट को दोष का पता लगाने के लिए एक्स-रे किया गया है और बाद में प्रज्वालक (इग्नाइटर) के साथ समायोजित किया गया है और समुद्र के स्तर पर परीक्षण किया गया है। प्रदर्शन की तुलना द्विआधारीय प्रणोदक से की गयी है और मिशन विश्लेषण भी किया गया है। ऊपर दिए गए परीक्षण के परिणाम निम्नलिखित अनुभागों में दिया गया है।

3. परिणाम और चर्चा :

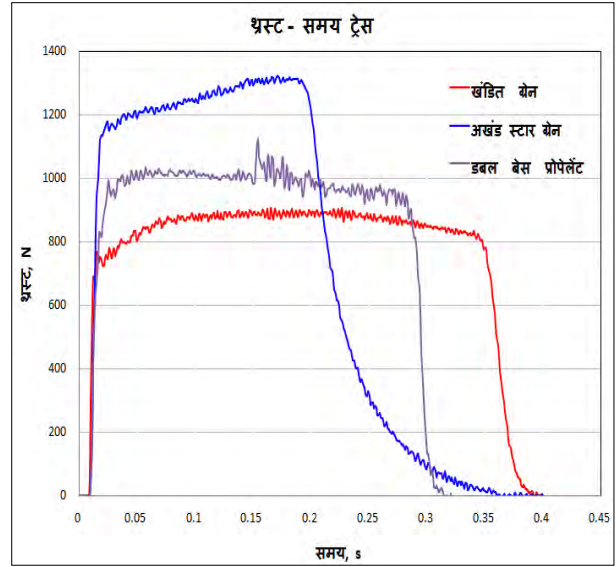
खंडित ग्रेन संस्करण के लिए, 4 प्रोपेलेंट ग्रेन खंडों (जिनकी लंबाई 50 mm, आंतरिक व्यास 14.4 mm और बाहरी व्यास 27 mm के ट्यूबुलर ब्लॉक के रूप में) से तैयार किया गया है। इनमें से हर एक ग्रेन बाहरी सतह को बाधित करने के लिए सम्मिश्र कागज ट्यूब में भरे गए हैं। बाद में, इन ग्रेन खंडों के फेस पर निरोध दिया गया है और 220 mm लंबाई के एक समाकलित ग्रेन को बनाने के लिए एक दूसरे से समायोजित किया गया है। जो समाकलित ग्रेन को हार्डवेयर में चार्ज करके स्पिन रॉकेट बनाये है।

जब स्पिन रॉकेट का परीक्षण ग्रेफाइट द्वार (जिसका व्यास 8.7 mm और C-D प्रकार) के साथ किया गया, तब खंडित ट्यूबुलर विन्यास के परिणामस्वरूप दबाव - समय आरेख में लगभग तटस्थ वक्र हुआ है और आशाजनक प्रदर्शन दिखाई दिया। इसलिए, मिशन अध्ययनों के लिए इसका विश्लेषण किया गया और अभिकल्प आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए पाया गया।

खंडित ट्यूबुलर विन्यास का दबाव-समय (P-t) आरेख चित्र-4 में दिखाया गया है। प्रत्येक परीक्षण के लिए स्पिन रॉकेट विन्यास और परिणाम तालिका-3 के अंतर्गत विस्तृत हैं।



चित्र-4: दबाव - समय आरेख



चित्र-5: प्रणोद - समय आरेख

बाद में, खंडित संस्करण पर अखंड ग्रेन के गुणों को ध्यान में रखते हुए, स्टार पोर्ट विन्यास के साथ हाइड्रॉक्सि टर्मिनेटेड पॉलीब्यूटाडीन (एचटीपीबी) आधारित प्रणोदक ग्रेन विकसित किया गया है। दोनों सिरों पर अवरोध सहित कुल ग्रेन की लंबाई 220 mm के समान रखी गई है। वेब मोटाई जलने के समय की आवश्यकताओं के आधार पर आती है और इसे 4 mm तय किया गया है।

तारांकित ग्रेन का तकनीकी विवरण तालिका-3 में दिया गया है। बाद में ग्रेन को 9.6 mm के द्वार गले (थ्रोट) व्यास के साथ हार्डवेयर में चार्ज किया गया है। इस विन्यास का समुद्र स्तर पर परीक्षण किया गया है और परिणाम तालिका-3 के तहत सारणीबद्ध हैं। दबाव - समय आरेख चित्र-4 और प्रणोद - समय आरेख चित्र-5 में दिखाया गया है।

अखंड स्टार पोर्ट विन्यास के ग्रेन के परिणाम स्वरूप दबाव - समय आरेख में लगभग तटस्थ वक्र हुआ और आशाजनक प्रदर्शन दिखाई दिया। इसलिए, मिशन अध्ययनों के लिए इसका विश्लेषण भी किया गया।

उपरोक्त परिणामों और मिशन विश्लेषण के आधार पर, यह समझा गया कि खंडित और स्टार ग्रेन विकल्प कुल आवेग की आवश्यकता को पूरा करते हैं। उन स्पिन रॉकेटों से प्राप्त हुयी स्पिन दर मिशन की आवश्यकताओं को भी पूरा करता है।

| तालिका 3. स्पिन रॉकेट विन्यास और परिणाम | | | |
|-----------------------------------------|--------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| मापदंड | डबल बेस प्रोपेलेंट | खंडित ग्रेन संस्करण | अखंड स्टार ग्रेन संस्करण |
| संरचना | NC+NG | एचटीपीबी आधारित फास्ट बर्निंग | एचटीपीबी आधारित फास्ट बर्निंग |
| घनत्व, g/cc | 1.56 | 1.63 | 1.63 |
| जलने की दर, mm/s | 9.7 @70 ksc | 16.7 @70 ksc | 16.7 @70 ksc |
| प्रणोदक द्रव्यमान, g | 160 | 130 | 130 |
| द्वार गले का व्यास, mm | 10.4 | 8.7 | 9.6 |
| अधिकतम दबाव, MPa | 8.7 | 11 | 13 |
| जलने का समय, ms | 262 | 342 | 183 |
| प्रणोद, N | 1100 | 920 | 1300 |
| दबाव - समय आरेख में प्रदर्शन | तटस्थ | तटस्थ | तटस्थ के समान |
| कुल आवेग, Ns | 275 | 310 | 278 |
| टिप्पणियां | - | मिशन की आवश्यकताओं को पूरा करता है | मिशन की आवश्यकताओं को पूरा करता है |

4 निष्कर्ष :

हार्डवेयर विन्यास में बिना किसी बदलाव के, एक नए स्पिन रॉकेट का अभिकल्प अध्ययन में शामिल चुनौतियों में से एक है। प्रणोदक ग्रेन के खंडित और स्टार विन्यास के साथ स्पिन रॉकेट के प्रदर्शन का मूल्यांकन किया गया और दोनों रॉकेट मिशन की आवश्यकताओं को पूरा करते हैं और डबल बेस प्रोपेलेंट के साथ स्पिन रॉकेट के लिए बेहतर प्रतिस्थापन हो सकते हैं।

स्वीकृतियाँ :

लेखक विकासात्मक परीक्षणों के लिए तकनीकी सहायता के लिए प्रणोदक इंजीनियरिंग डिवीजन, रॉकेट सिस्टम्स टेस्टिंग डिवीजन और विक्रम साराभाई अंतरिक्ष केंद्र के ठोस मोटर्स ग्रुप को अपना हार्दिक धन्यवाद व्यक्त करते हैं। परिणाम प्रकाशित करने की अनुमति देने के लिए लेखक, उप निदेशक, एएसओई और निदेशक, वीएसएससी के आभारी हैं।

संदर्भ ग्रंथ सूची:

- [1] KGK Kishore, KP Aji Kumar, A Sathish, S Kumanan, Vibhav Kumar, Vineeth GM, Vikram T, Dr. Hari Haranath B, Sibapada Pal, Vinod Kumar N & Baby Abraham, (2022), *Development of Tubular Composite Propellant Based Spin Rocket for Sounding Rocket Application*, Proceedings of 13th International High Energy Materials Conference and Exhibits (HEMCE-2022).
- [2] Vibhav Kumar, Vikram T., Rani Krishnan K.R., Prahladhan T.G., Hari Haranath B. and Umasankar S, (2016), *Development and Qualification of a Spin Rocket for Sounding Rocket - A Case Study*, Proceedings of 12th International High Energy Materials Conference & Exhibit (HEMCE-2016).
- [3] G. P. Sutton & O. Biblargo, (2001), *Rocket Propulsion Elements*, 7th ed., John Willy & Sons, Inc.

लेखक परिचय -



के भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान ,किशोर .के.जी.संगठन के विक्रम (इसरो) साराभाई अंतरिक्ष केंद्र में इंजीनियर हैं। वे इसरो के उपग्रह प्रक्षेपण यान के लिए मिश्रित उत्पादों, आतिशबाज़ी सर्जक, पाइरोजेन इग्नाइटर्स और स्पिन राकेट पर काम कर रहे हैं।

ठोस नोदक प्रक्रमण के दौरान गुणता नियंत्रण उपाय

सविता नायर, रम्या पी आर, श्रीलता एल के, श्याम वी एस, श्रीदेवी एम एस, सोयामोल थॉमस, बी रानी मातम्माल

प्रक्रम एवं गुणता नियंत्रण प्रभाग, मानवोचित एवं उत्पाद आश्वासन ग्रुप,
विक्रम साराभाई अंतररक्ष केंद्र

सार:

प्रमोचन यान कार्यक्रम में प्रयुक्त पारंपरिक ठोस नोदक प्रणाली अमोनियम परक्लोरेट (एपी)-हाइड्रॉक्सी टर्मिनेटेड पॉली ब्यूटाडीन (एचटीपीबी) संघटन पर आधारित है। एपी कुल ठोस नोदक भार का लगभग 68-70% और एचटीपीबी का भार लगभग 10-14% है। ठोस भराव के कणों के आकार और द्रव मैट्रिक्स में उनके फैलाव के विविध परास के कारण विषमता को सम्मिश्र ठोस नोदक के लिए जिम्मेदार ठहराया जाता है। दोष मुक्त ठोस नोदक ग्रेन का उत्पादन एक विकट चुनौती है और इसके लिए प्रक्रमण के विभिन्न चरणों में सख्त गुणता नियंत्रण उपायों की आवश्यकता है। नोदक संचकन से पहले कच्ची सामग्री के समान वितरण की पुष्टि की जानी चाहिए। सम्मिश्र नोदक में विभिन्न भारण परिस्थितियों का सामना करने के लिए संरचनात्मक क्षमता होनी चाहिए जो ग्रेन के साथ प्रक्रमित होनेवाले सैंपल कूपन के यांत्रिक परीक्षण द्वारा सुनिश्चित की जाती है। यह पेपर समरूपता जांच का उपयोग करते हुए नोदक प्रक्रमण के दौरान गुणता नियंत्रण उपायों और ग्रेन के साथ प्रक्रमित सैंपल कूपन के यांत्रिक और बाह्य संपत्ति मूल्यांकन का विवरण देता है।

कीवर्ड: डेंसिमीटर, विस्कोमीटर, टेन्साइलस्ट्रेंथ, यूटीएम, केएफ टाइटेटर, टीबीएस

1 परिचय

प्रमोचन यान सम्मिश्र ठोस नोदक का उपयोग करता है जिसमें बंधक, धातुकईंधन, ऑक्सीकारक, क्यूरेटर, प्लास्टिकारी, क्रॉस लिंकिंग एजेंट, ज्वलन दर संशोधक और एंटी ऑक्सिडेंट होते हैं। ठोस रॉकेट मोटर्स का उपयोग उनकी सादगी, निर्माण और उपयोग में आसानी, अल्प लागत, अनुरक्षण-मुक्त भंडारण आय और उच्च विश्वसनीयता के कारण सबसे व्यापक रूप से किया जाता है। जब प्रज्वलित किया जाता है, तो नोदक दहन से गुजरता है, अर्थात्, ऑक्सीडाइज़र - एक नियंत्रित तरीके से ईंधन प्रतिक्रिया होती है, जो बड़ी मात्रा में गर्मी ऊर्जा की एक उच्च आयतन और अत्यधिक उच्च प्रणोद के साथ मुख्य रूप से कम आप्ठिक भार गैसीय दहन उत्पादों का उत्पादन करती है।

प्रमोचन यान कार्यक्रम में प्रयुक्त पारंपरिक ठोस नोदक प्रणाली एपी-एचटीपीबी संरचना पर आधारित है। एपी कुल ठोस नोदक भार का लगभग 68-70% और एचटीपीबी का भार लगभग 10-14% है। ठोस नोदक फॉर्मूले शन के अन्य प्रमुख तत्व एल्युमिनियम पाउडर (ईंधन), टोल्युनि डायसोसायनेट (क्यूरिंग एजेंट), डायोक्टाइलाडिपेट (प्लास्टिसाइज़र), बर्न रेट मॉडिफायर और क्रॉस-लिंकिंग एजेंट हैं। विषमता को मिश्रित ठोस नोदक के लिए जिम्मेदार ठहराया जाता है, जो ठोस भराव के कणों के आकार और तरल मैट्रिक्स में उनके फैलाव के विविध रेंज के आधार पर होता है।

ठोस नोदक प्रक्रमण के लिए विनिर्देशों के क्रम में उचित कच्ची सामग्री का उपयोग किया गया था। चूंकि सम्मिश्र ठोस नोदक एक विषम सामग्री है, इसलिए नोदक संचकन से पहले कच्ची सामग्री के समान वितरण की पुष्टि की जानी चाहिए। मोटरों का अंतिम प्रदर्शन मिश्रण की दक्षता और एकरूपता पर निर्भर करता है। यह प्रत्येक प्रीमिक्स बैच के एक रूपताविश्लेषण द्वारा सुनिश्चित किया जाता है। नोदक पूर्वमिश्रित में उपचारात्मक जोड़ने के लिए मंजूरी प्राप्त करने हेतु एकरूपता विश्लेषण एक क्रांतिक प्रक्रिया नियंत्रण जांच है। नोदक घोल की एकरूपता अमोनियम परक्लोरेट जैसे ऑक्सीडाइज़र और अलुमिनियमनियम जैसे धातु ईंधन के प्रतिशत के निर्धारण द्वारा शास्त्रीय आयतनमितीय विधियों द्वारा की जाती है। प्रभावी क्रॉसलिंकिंग के लिए नोदक मिश्रण का नमी स्तर निर्दिष्ट सीमा के अंदर होना चाहिए। सम्मिश्र नोदक में विभिन्न भारण स्थितियों के सहन हेतु संरचनात्मक क्षमता होनी चाहिए। यह सैंपल कूपन के यांत्रिक परीक्षण द्वारा सुनिश्चित किया जाता है जो ग्रेन के साथ प्रक्रमित किया जाता है।

2. प्रयुक्त उपकरण

2.1 विस्कोमीटर

ब्रुकफील्ड विस्कोमीटर (चित्र 1(क)) दी गई अपरूपण दरों पर तरल की श्यानता को मापता है। इसमें एक स्पिंडल होता है जो बेरिलियम कॉपर स्पिंग के माध्यम से तरल में घूमता है, और प्रेरित गति के लिए श्यान प्रतिरोध को दूर करने के लिए आवश्यक टॉर्क को मापता है। सूचक द्वारा इंगित कुंडलित स्पिंग की डिग्री, तरल की श्यानता की समानुपाती होती है।



चित्र 1(क)

2.2 सार्वत्रिक परीक्षणमशीन

INSTRON 3366 (चित्र 1(ख)) एक इलेक्ट्रोमैकेनिकल ड्राइव द्वारा यांत्रिक भारण के माध्यम से सामग्री के यांत्रिक गुणधर्मों को मापता है। परीक्षण प्रणाली नमूने पर यांत्रिक भार लागू करती है।



चित्र 1(ख)

2.3 डेंसिमीटर

तरल विस्थापन विधि (आर्किमिडीज सिद्धांत) द्वारा अल्फा मिराज निर्मित डिजिटल डेंसिमीटर (चित्र 2) का उपयोग कर नोदक का घनत्व निर्धारित किया जाता है। नोदक के लिए, टोल्यूनि का उपयोग मानक द्रव के रूप में किया जाता है।

$$\text{Density of solid } \left(\frac{g}{cc} \right) = \frac{\text{Weight of Sample in Air}}{\text{Loss of weight in liquid}} \times \text{Density of Liquid}$$



चित्र 2

2.4 शोर ए हार्डनेस परीक्षक

शोर हार्डनेस को मापने के लिए एक INSTRON निर्मित शोर कठोरता परीक्षक का उपयोग किया जाता है, स्प्रिंग-लोडेड इंडेंटर द्वारा इंडेंटेशन के लिए सामग्री के प्रतिरोध का एक माप। यह मानकों के तहत निर्धारित व्यास ≥ 35 मि.मी. और मोटाई ≥ 6 मि.मी. के साथ चपटे और समतलीय नमूनों पर कठोरता को मापने के लिए उचित है।



चित्र 3

2.5 के एफ टिट्रेटर

मेट्रर टॉलेडॉ V20- वॉल्यूमेट्रि (चित्र 4) सैंपल में नमी की मात्रा को पता लगाने के लिए वॉल्यूमेट्रिकिट्रेशन का उपयोग करता है।



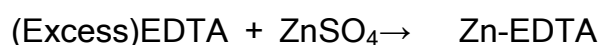
चित्र 4

3. परीक्षण / विश्लेषण

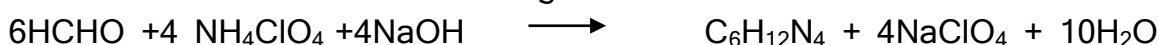
नोदक की गुणवत्ता जांच में शामिल विभिन्न विश्लेषणों में एकरूपता, नमी, श्यानता, यांत्रिकगुण, घनत्व और कठोरता शामिल हैं, जिनका विवरण नीचे दिया गया है;

3.1 एकरूपता

नोदक पेस्ट में सभी कच्ची सामग्री के सजातीय सम्मिश्रण की पुष्टि अनुमापन विधियों द्वारा अमोनियम परक्लोरेट और एल्यूमीनियम सामग्री के रासायनिक अनुमान से की गई थी। एल्यूमीनियम सामग्री को टोल्युनि के साथ विघटित करके HCl और NaOH के साथ उपचार के बाद नोदक घोल से निकाला जाता है। EDTA के साथ कॉम्प्लेक्सोमेट्रिक बैक अनुमापन विधि द्वारा संकेतक के रूप में जाइलेनॉल ऑरेंज का उपयोग कर Al की प्रतिशत की मात्रा निर्धारित की जाती है।



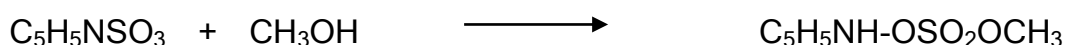
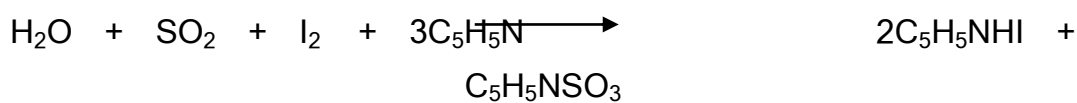
टोल्युनि का उपयोग कर अमोनियम परक्लोरेट को नोदक घोल से निकाला जाता है और फॉर्मलाडेहाइड के साथ अभिक्रिया की जाती है। फॉर्मलाडेहाइड के साथ अभिक्रिया के बाद अमोनियम सम्मिश्र हेक्सामाइन निर्मित करते हैं और संबंधित मुक्त अम्ल बनाते हैं। उत्पन्न अम्ल को मानक 0.5 N NaOH के साथ अनुमानित किया जाता है।



3.2 नमी

नोदक पेस्ट में नमी का अंशप्रठोसन के दौरान नोदक में क्रॉसलिंग को प्रभावित करती है। अर्थात् सभी कच्ची सामग्री में नमी का निम्न स्तर बना रहता है और नोदक प्रक्रमण के दौरान नमी का उद्भासन सीमित होता है।

नमी-अंश कार्लफिशर टिट्रेटर (KFT) का उपयोग करके की जाती है। सैंपल को 1:1 मिथनॉल - टोल्युनि मिश्रण में विलयित कर दिया जाता है और एंड पॉइंट तक सीधे कार्ल-फिशर अभिकर्मक के साथ अनुमापित जाता है, जिसकी अवधारणा यंत्रिय होती है। SO₂ द्वारा पानी की उपस्थिति में आयोडीन की कमी पर आधारित है। इस अभिक्रिया का उपयोग निम्नलिखित अभिक्रिया के अनुसार कार्बनिक आधार (पाइरीडीन / इमिडाज़ोल) और एल्कोहॉल (मिथनॉल) की उपस्थिति में पानी की मात्रा को मात्रात्मक रूप से निर्धारित करने के लिए किया जाता है।



3.3 श्यानता

किसी तरल की श्यानता उसके प्रवाह के प्रतिरोध को मापती है। सम्मिश्र ठोस नोदक में 12-14% द्रवों में लगभग 86-88% ठोस तत्व होते हैं। मिश्रण के दौरान एंड-ऑफ-मिक्स (EOM) नोदक घोलकी श्यानता और प्रवाह व्यवहार का बहुत महत्व है और संचकन के दौरान त्रुटि रहित नोदक ग्रेन की प्राप्ति के लिए इसे निम्नतम रखा जाता है। नोदक घोल में प्रपिंडी जोड़ने के बाद, क्यूरेटिव के आइसोसाइनेट ग्रुप और बाइंडर के हाइड्रॉक्सिल ग्रुप तथा क्रॉस-लिंकर के बीच रासायनिक अभिक्रिया द्वारा घोल के संपीड़न के कारण समय के साथ श्यानता बढ़ जाती है। इसलिए, EOM श्यानता, संचकन के दौरान नोदक प्रक्रिया और नोदक का पॉट आय का एक महत्वपूर्ण पैरामीटर है।

नोदक घोल की श्यानता को ब्रुकफील्ड विस्कोमीटर (मॉडल: HBT) का उपयोग करके मापा जाता है। नोदक घोल को निर्दिष्ट तापमान पर तापस्थैतिक नियंत्रित जल ऊष्मक में रखा जाता है। सैंपल की श्यानता को निश्चित समय अंतराल पर मापा जाता है।

3.4 यांत्रिक और अंतरापृष्ठ गुणधर्म

ठोस नोदक की संरचनात्मक पूर्णता का मूल्यांकन करने के लिए एक स्थिर दर पर तन्यता परीक्षण की जाती है। यह मुख्य रूप से नोदक ग्रेन को निम्न नमी करने के लिए गुणता नियंत्रण के रूप में किया जाता है। विभिन्न नोदकों की तुलना करने के लिए प्रतिबल-विकृति वक्र से लिए गए प्रमुख पैरामीटर हैं तनन बल, प्रतिशत बढ़ाव और यंग मापांक। ये गुणधर्म बहुलक में ट्रिक्स से एम्बेडेड कणों की विकलेदन घटना को दर्शाता है, जो नोदक ग्रेन में दोषों को प्रारंभ कर सकता है। नोदकों के यांत्रिक और अंतरापृष्ठ गुणधर्मों को अभिलक्षित करने के लिए एक सार्वत्रिक परीक्षण मशीन (INSTRON 3366) का उपयोग किया गया था। तनन परीक्षण के लिए डम्बल नमूना IS 3400 भाग 1 के अनुसार तैयार किया गया था और परीक्षण 50 मि.मी./मिनट की क्रॉस हेड गति से किया गया था।

TBS नमूने रोकसिन लाइन वाले नोदक ब्लॉकों से तैयार किए गए थे। इन्सुलेशन में बिना कोई नुकसान किए इन ब्लॉकों से 25x25x25 मि.मी. नमूनों के नोदक क्यूब्स काटे गए। इन तैयार क्यूब्स को फिर एल्युमिनियम टेस्ट फिक्स्चर के साथ दोनों तरफ अरल्डाइट के साथ जोड़ा जाता है। TBS गुणधर्म का मूल्यांकन 20 मि.मी. / मिनट की गति से किया गया था। सैंपल नमूने से 25 मि.मी. चौड़ाई के पील रिंग नमूने को निकाला गया और 300 मि.मी. / मिनट की क्रॉसहेड गति के साथ IS 3400 भाग 5 के अनुसार परीक्षण किया गया।

3.5 घनत्व

घनत्वमीटर का उपयोग कर 20x20x20 मि.मी. आयाम के नोदक घनको काटकर नोदक का घनत्व निर्धारित किया जाता है। ज्वलन दर तथा मोटर के कार्य निष्पादन का आकलन करने के लिए प्रयुक्त पैरामीटरों में ठोस नोदक का घनत्व एक महत्वपूर्ण पैरामीटर है।

3.6 कठोरता

मानक ASTM D2240 के अनुसार, शोर ए हार्डनेस परीक्षक का उपयोग कर के नमूने की कठोरता को मापा जाता है। कठोरता मूल्यांकन के लिए 6 मि.मी. मोटाई के स्लैबका उपयोग किया जाता है।

4 निष्कर्ष

सम्मिश्र ठोस नोदक बाईंडर, धातु ईंधन, ऑक्सीडाइज़र, क्यूरेटर, प्लास्टिसाइज़र, क्रॉस लिंकिंग एजेंट, ज्वलन दर संशोधक और एंटीऑक्सिडेंट का मिश्रण है। आवश्यकता के अनुसार अलग-अलग ज्वलन दर वाले नोदक के कच्चे माल की संरचना को पाइन ट्यून कर संचकित किया जा सकता है। निर्दिष्ट नमी स्तर के भीतर नोदक घोल और समान अमोनियम परक्लोरेट और एल्यूमीनियम सांद्रता को संचकित ओर त्रुटि रहित किया गया तथा यांत्रिक, भौतिक और अंतरापृष्ठीय गुणधर्मों के लिए परीक्षित किया गया। रासायनिक, भौतिक और यांत्रिक परीक्षण के साथ आवश्यक विनिर्देशों को पूरा करने के बाद, बैचों को उपयोग के लिए मंजूरी दी गई।

आभार

पेपर के लेखक इस कार्य को करने और प्रकाशित करने की मंजूरी देने के लिए निदेशक, वीएसएससी और उप निदेशक, वीएसएससी (एएसओई) को धन्यवाद देते हैं। इस अवसर पर जीडी, एचआरएजी के समर्थन और मार्गदर्शन के लिए लेखकों द्वारा आभार प्रकट किया जाता है।

पुनः प्रयोज्य प्रमोचन यान की आधुनिक तकनीकियाँ: एक समीक्षा

अनंती सरोज*, गौरव कुमार कश्यप, के वेलमुरुगन, जे शिव कुमार
आइपीआरसी, महेंद्रगिरी

संपर्क ई-मेल - anantisaroj@iprc.gov.in, anantisaroj@gmail.com

संक्षेप

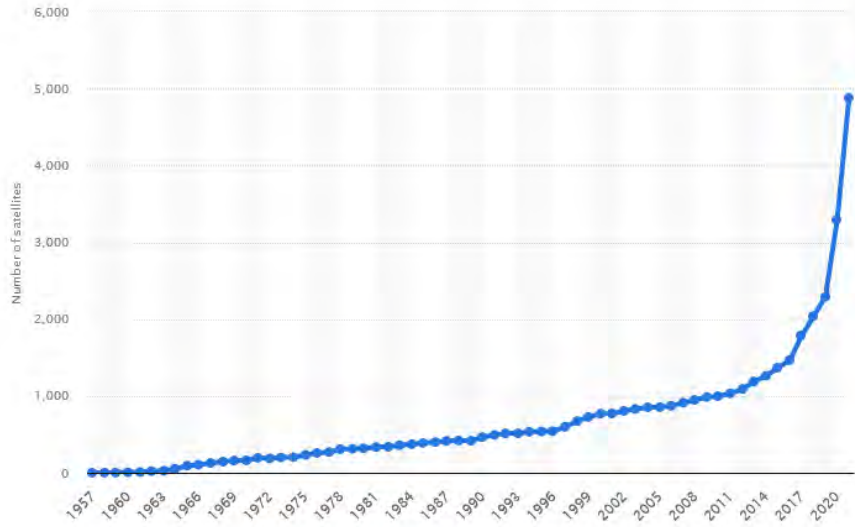
पिछले कुछ सालों में, दुनिया भर में प्रमोचन वाहनों की संख्या बहुत तीव्र गति से बढ़ रही है। यह संभव केवल प्रोद्योगिकी विकास से ही हो पाया है। इसी को ध्यान में रखते हुए, यह पेपर संक्षेप में दुबारा उपयोग किये जाने वाले प्रमोचन यान विकास की समीक्षा करता है। इस लेख में दुनिया भर के प्रमोचन यान को पुनःप्राप्ति और दुबारा उपयोग किये जाने वाली तकनीक के बारे में बताया गया है। पुनः प्रयोज्य प्रमोचन यान के प्रमुख तत्व जैसे लागत के बारे में भी संक्षिप्त विवरण किया गया है। पुनः प्रयोज्य प्रमोचन यान की तकनीक में नोदन एवं गैर नोदन दोनों प्रोद्योगिकियों के बारे में बताया गया है। आर्थिक घटक को ध्यान में रखते हुए यह पाया गया कि गैर-नोदन प्रणाली ज्यादा महत्वपूर्ण है। इसी को ध्यान में रखते हुए गैर-नोदन प्रणाली जैसे पैराशूट, हाइपरसोनिक इन्फ्लेटेबल एरोडायनामिक डिसेलेरेटर एवं मिड-एयर रिकवरी इत्यादि के बारे में ज्यादा विस्तार से चर्चा की गयी है।

प्रस्तावना

अंतरिक्ष यात्रा की शुरुआत से ही, उपग्रहों को कक्षा में पहुंचाने के लिए बहुस्तरीय व्यय योग्य प्रमोचन यान का उपयोग किया जा रहा है। यह प्रोद्योगिकी एक विश्वसनीय तरीका रहा है और आज भी इसी तकनीक का उपयोग करते हुए दुनिया भर के कई देश उपग्रहों को कक्षा में पहुंचाने, अंतरिक्ष के बारे में नई जानकारी, दूसरे ग्रहों के बारे में जानकारी इत्यादि के लिए इसका उपयोग कर रहे हैं। लेकिन इस तकनीक की लागत बहुत ज्यादा है, जिस कारण इस तकनीक का उपयोग केवल चुनिन्दा देशों द्वारा ही अति-अवश्यक कार्यों में किया जा रहा है। समय एवं प्रोद्योगिकी विकास के साथ प्रमोचन यान को बनाने में लागत घटती जा रही है लेकिन इतनी कम नहीं हुई है कि आम इंसान अंतरिक्ष यात्रा का सपना भी देख सके।

इसी को ध्यान में रखते हुए, अभियंता एवं वैज्ञानिक वर्षों से पूरी तरह से पुनः प्रयोज्य प्रमोचन यान के डिजाइन का अध्ययन कर रहे हैं। नासा, स्पेस-X, ब्लू ओरिजिन, रॉकेट लैब, इसरो, वर्जिन गैलेक्टिक, गैलेक्टिक एनर्जी, I-स्पेस, रिलेटीविटी, चाइना अकादमी ऑफ़ लॉन्च व्हीकल टेक्नोलॉजी, यूनाइटेड लॉन्च एलायन्स, यूरोपियन स्पेस एजेंसी, इत्यादि ऐसे संस्थान हैं जो की दुबारा उपयोग

किये जाने वाले प्रमोचन यान की तकनीक में काम कर रहे हैं। जिनमें स्पेस-X, ब्लू ओरिजिन, रॉकेट लैब, वर्जिन गैलेक्टिक, संस्थानों ने सफलता भी हासिल की हैं।



चित्र सं 1: उपग्रहों की संख्या वर्ष के साथ (क्रेडिट: statista)

पुनः प्रयोज्य प्रमोचन यान का संक्षिप्त इतिहास

1957 में कौवर नामक वैज्ञानिक ने एटलस के बूस्टर को दुबारा प्राप्त करने के लिए अलग अलग विचारों पर विमर्श किया। यह अध्ययन 1965 तक चला। इस अध्ययन, कौवर और उनकी टीम ने उस समय उपलब्ध प्रमोचन यान को लिया था।

1970 में, नासा ने स्पेस शटल का डिजाईन एवं निर्माण किया। इस प्रमोचन यान ने 1981 में पहली बार उड़ान भरी। यह प्रमोचन यान 2011 तक प्रयोग में था। अपने 30 साल लम्बे कार्यकाल में यह यान 4 से 5 बार एक साल में उड़ाया जा रहा था। इस प्रोग्राम की पूरी लागत ~201 बिलियन डॉलर थी। 1990 में, मैक डॉनेल्ड डगलस, DC-X और लॉकहीड मार्टिन X-33, वेंचर स्टार के साथ ही पुनः प्रयोज्य प्रमोचन यान की संकल्पना को नया रूप मिला।



चित्र सं 2: नासा का DC-XA (क्रेडिट नासा)

यह काफी हद तक सफल भी रहा। DC-X का आधुनिक संस्करण DC-XA ने, 142 सेकंड में 10,300 फीट की ऊंची उड़ान भरी। DC-XA की दूसरी उड़ान की असफलता के बाद इस प्रोग्राम को वेंचर स्टार नामक मिशन के लिए रद्द कर दिया गया।

X-33, वेंचर स्टार एक सबस्केल संरचना थी। X-33 वेंचर स्टार में रैखिक एरोस्पाइक LH2 और LOX इंजन के साथ ही धातु युक्त ऊष्मा अवरोध जैसी प्राणली थी। X-33 वेंचर स्टार भी, DC-X यान की तरह ही कक्षा योग्य वेग प्राप्त करने के लिए नहीं बल्कि यह यान सिंगल स्टेज टू ऑर्बिट (SSTO) डेल्टा क्लिपर का एक प्रायोगिक संस्करण था, इसके बजाय, यह ऊर्ध्वाधर टेकऑफ और लैंडिंग, जो की द्रव हाइड्रोजन एवं द्रव ऑक्सीजन चालित प्रमोचन यान के तकनीक प्रदर्शन पर केंद्रित था।

अधिक तापमान सहने हेतु मैटेलिक ऊष्मा अवरोधी सुरक्षा प्रणाली को अपनाया गया था। DC-X की भाति-X 33, भी एक प्रायोगिक वाहन था जिसका उद्देश्य कक्षीय उड़ान प्राप्त करना नहीं था। X-33 का कम्पोजिट टैंक फेल होने के बाद इस प्रोजेक्ट को भी वर्ष 2000 में रद्द कर दिया गया।

पुनर्प्राप्ति और पुनः प्रयोज्य हेतु तकनीकियाँ

प्रमोचन वाहनों के पुनः प्रयोज्य का मुख्य उद्देश्य अंतरिक्ष तक पहुंचने की लागत को कम करना है। पुनर्प्राप्ति और पुनः प्रयोज्य करने की अवधारणा और अभ्यास लगभग उतना ही पुराना है जितना कि प्रमोचन यान का अपना इतिहास। 1960 में कोरोना सॉटलाइट मिशन की पहली फिल्म में, सी 119-विमान को डी-ऑर्बिट कर हवा के मध्य में ही प्राप्त किया गया था। यह प्रणाली दशको तक सफलतापूर्वक जारी रही।

सबसे बेहतरीन उदाहरण 1960 एवं 1970 दशक में मरकरी , जैमिनी और अपोलो मिशन के स्पेस कैप्सूल को पैराशूट की सहायता से नीचे लाना था।

जिसमें नासा को 100 प्रतिशत सफलता दर हासिल हुई। लेकिन ये सारे स्पेस कैप्सूल समुंद्र के खारे पानी में उतारे गए जिसके कारण यह कभी भी दुबारा उपयोग में नहीं लाये गए। बहुस्तरीय प्रमोचन यान के चरणों को दुबारा उपयोग के लिए पुनर्प्राप्त किया गया है जिसका सबसे पहला प्रमुख उदाहरण स्पेस शटल है।



चित्र सं 3: स्टार शिप (क्रेडिट स्पेस-X)

स्पेस शटल के बाहरी टैंक को उपयोग में नहीं लाया जाता था जबकि प्रत्येक ठोस रॉकेट बूस्टर पुनः प्राप्त कर लिया जाता था और ऑर्बिटर को दुबारा उपयोग करने के लिए क्षैतिज लैंडिंग करवाया जाता था। पूर्ण प्रमोचन यान की पुनः प्राप्ति का उद्देश्य तभी सफल है जब इसमें उपयोग की जाने वाली सारी प्राणाली की लागत कम हो क्योंकि इन सभी तकनीक का उद्देश्य केवल लागत कम करना है।

प्रमोचन यान को पुनः प्राप्त करने की लागत

| क्र. स. | टर्मिनोलॉजी | फाल्कन - 9 | फाल्कन हैवी |
|---------|---------------------------------------------------------------|------------|-------------|
| 1. | मूल्य प्रति लॉन्च (\$m) A | 61.2 | 90.0 |
| 2. | वर्तमान सकल मार्जिन का अनुमान B | 40% | 40% |
| 3. | प्रत्यक्ष लागत (\$m) $A*B = C$ | 36.7 | 54 |
| 4. | कुल प्रत्यक्ष लागत के% के रूप में पहला चरण (स्रोत: स्पेस-X) D | 75% | 75% |
| 5. | पहले चरण की लागत (\$m) $C*D = E$ | 27.5 | 40.5 |
| 6. | अन्य लागत (\$m) $C-E = F$ | 9.2 | 13.5 |
| 7. | उपयोगों की संख्या G | 15 | 15 |
| 8. | प्रो फॉर्म पहले चरण की लागत (\$m) $E/G = H$ | 1.8 | 2.7 |
| 9. | प्रो फॉर्मा प्रत्यक्ष लागत (\$m) $H+F = I$ | 11.0 | 16.2 |
| 10. | पहले चरण की बचत (\$m) $C-I = J$ | 25.7 | 37.8 |
| 11. | बचत का प्रतिशत ग्राहक को दिया गया K | 50% | 50% |
| 12. | प्रो फॉर्मा कीमत (\$m) $A-J*K$ | 48.3 | 71.1 |
| 13. | वर्तमान सूची मूल्य पर प्रतिशत बचत | 21% | 21% |
| 14. | स्पेस-X: पहले का सकल मार्जिन (\$m) | 40% | 40% |
| 15. | स्पेस-X: बाद में सकल मार्जिन (\$m) | 77% | 77% |
| 16. | स्पेस-X: पहले का सकल लाभ (\$m) | 24.5 | 36.0 |

| क्र. स. | टर्मिनोलॉजी | फाल्कन - 9 | फाल्कन हैवी |
|---------|--------------------------------|------------|-------------|
| 17. | स्पेस-X: बाद में सकल लाभ (\$m) | 37.3 | 54.9 |

चित्र सं 4: स्पेस-X के प्रमोचन यान के कीमतों का विश्लेषण
(क्रेडिट स्पेस न्यूज जेफ़फ़ेरिएस एस्टिमेट्स)

पूर्ण प्रमोचन यान को वापस लाना एक जटिल प्रक्रिया है। इसी को ध्यान में रखते हुए बहुचरणीय प्रमोचन यान के किसी एक चरण को पहले प्राप्त करने का प्रयास किया जाता है। कौन से चरण को वापस लाया जाये इसका निर्धारण, लागत और उस चरण की उपयोगिता को ध्यान में रख कर किया जाता है। क्योंकि प्रमोचन यान को दुबारा उपयोग में लाने का मुख्य उद्देश्य लागत को कम करना है। इसी को ध्यान में रखते हुए बात की जाये तो, सबसे पहले प्रमोचन यान के उसी भाग को वापस लाने का प्रयास किया जायेगा जो की सबसे महंगा हो और जिसको दुबारा उपयोग किया जा सके। ओपन साहित्य के सर्वे के अनुसार, प्रमोचन यान का सबसे महंगा भाग उसका पहला चरण होता है। इसी को ध्यान में रखते हुए स्पेस-X के प्रमोचन यान फाल्कन-9 के लागत का एक तालिका (चित्र सं 4) दी गयी है। जिसमें पुनः प्रयोज्य प्रमोचन यान के महत्व को दर्शाया गया है। फाल्कन-9 एवं फाल्कन हैवी के लागत का विश्लेषण जेफ़फ़ेरीस इंटरनेशनल LLC द्वारा किया गया है। इस विश्लेषण में 40% प्रति प्रमोचन ग्रॉस मार्जिन माना गया है। जिसमें पहले चरण की लागत, प्रत्यक्ष लागत का ~75% हैं और पहले चरण का उपयोग कम से कम 15 बार (वैज्ञानिकों के अनुसार) तक किया (स्पेस-X सीईओ Elon Musk के अनुसार 100) जा सकता हैं जिसके विश्लेषण से पता चलता हैं की पुनः प्रयोज्य प्रमोचन से ~77% तक की लागत को बचाया जा सकता है।

नोट: फाल्कन 9 और फाल्कन हैवी दोनों यान के पेलोड फैरिंग को भी प्राप्त किया जा रहा है और उसको भी दुबारा उपयोग किया जा रहा है। यह घटक इस विश्लेषण में नहीं लिया गया है। इस महीने (जुलाई) में होने वाले फाल्कन-9 के प्रमोचन में उपयोग किये जाने वाले हार्डवेयर, पहले भी 11 बार उपयोग में लाये जा चुके है।

प्रमोचन यान के पुनः प्राप्ति के लिए आवश्यक तकनीकियाँ

अंतरिक्ष से हार्डवेयर की पुनः प्राप्ति के लिए हार्डवेयर को वायुमंडल में दुबारा प्रवेश करने की आवश्यकता होती है, फिर यान के त्वरण में कमी लायी जाती है, इसके बाद ही इसकी लैंडिंग करा

पाना संभव है। वायुमंडल में दुबारा प्रवेश हेतु या तो रेट्रो-प्रोपल्शन तकनीक या फिर वायुगतिकीय ड्रैग का उपयोग किया जा सकता है।

वायुमंडल में दुबारा प्रवेश करते समय, प्रवेश वेग पर वायुमंडलीय मंदी, पेलोड की सुरक्षा के लिए एक थर्मल प्रोटेक्शन सिस्टम (TPS) की आवश्यकता होती है। थर्मल प्रोटेक्शन सिस्टम (TPS) को बनाने के लिए विशेष रूप से डिजाईन एरोशेल को उपयोग में लाया जाता है। इस एरोशेल का व्यास और क्षेत्र, प्रमोचन यान के आकर के कारण सीमित होता है। इस चुनौती का सामना करने के लिए एक नयी संकल्पना, हाइपरसोनिक इन्फ्लेटेबल एयरोडायनामिक डीसलेरेटर (Hypersonic Inflatable Aerodynamic Decelerator) को लाया गया। जैसा की नाम से ही पता लगता है HIAD को बहुत छोटे रूप में पैक करके रखा जा सकता, जिसे उपयोग के वक्त गैस भर कर बड़ा किया जा सकता है जो की ऊष्मा अवरोध के रूप में उपयोग किया जा सकता है। पुनः प्राप्ति के लिए उपयोग की जाने वाली तकनीकियाँ निम्नलिखित हैं:-

1. रेट्रो प्रोपल्शन

जब भी प्रमोचन यान की पुनः प्राप्ति का विचार किया जाता है तब उसमें सबसे पहला नाम रेट्रो प्रोपल्शन का ही आता है। रेट्रो प्रोपल्शन का मतलब प्रमोचन प्रक्रिया को उलटा कर देना। 1953 की कॉमिक बुक में टिनटिन को चाँद पर उतारने के लिए इसी तकनीक का उपयोग लेखक हेर्ज के द्वारा किया गया था। 1969 में, अपोलो प्रोग्राम में



चित्र सं 5: रेट्रो प्रोपल्शन का उपयोग फाल्कन 9 के बूस्टर की लैंडिंग

मनुष्य को चंद्रमा पर उतारने के लिए भी इसी तकनीक का इस्तमाल किया गया था। इस तकनीक की मुख्य हानि पेलोड की क्षमता में कमी का होना है क्योंकि रेट्रो प्रोपल्शन को प्रयोग करने हेतु, ईंधन ज्यादा लोड करना पड़ता है।

स्पेस-X द्वारा अपने पहले चरण को प्राप्त करने के लिए इसी तकनीक का उपयोग किया जा रहा है। ब्लू ओरिजिन भी इसी तकनीक का उपयोग कर रही है। स्पेस-एक्स के CEO Elon

Musk के अनुसार फाल्कन के पहले चरण एवं इसके अन्य हार्डवेयर को कम से कम 100 बार, वही मर्लिन इंजनों को 15 बार उपयोग किया जा सकता है। उसी प्रकार ऊष्मा अवरोधी परत को भी 15 बार तक उपयोग किया जा सकता है। फाल्कन प्रमोचन यान के पहले चरण को अब तक 12 बार दुबारा उपयोग किया जा चुका है।

2. कक्षीय या उपकक्षीय यानों की वापसी उड़ान

स्पेस शटल ऑर्बिटर का उपयोग दशकों तक बिना किसी घटना के सफलतापूर्वक किया गया। कोलंबिया मिशन को इसमें नहीं गिना गया क्योंकि वह प्रमोचन असफल, प्रमोचन के दौरान हुई क्षति के कारण हुआ था। रेट्रो प्रोपल्शन की तुलना में यह तकनीक का लाभ यह है कि इसमें वाहन को नियन्त्रण में लाने के लिए वायुमंडलीय ड्रैग का उपयोग किया जाता है। इसी के साथ रेट्रो प्रोपल्शन तकनीक का समायोजन कर कक्षीय वाहन को पूर्ण निर्धारित लैंडिंग साईट में भी लैंड करवाया जा सकता है जो कि इसको दुबारा इस्तोमाल करने में काफी मदद करेगी साथ ही साथ हानिकारक वातावरण से सुरक्षा भी प्रदान करेगी। इस तकनीक के डिजाईन में अधिक तापमान से सुरक्षा हेतु उष्मा सुरक्षा अवरोध, उर्पयुक्त प्रोपल्शन प्रणाली लैंड करने के लिए, उर्पयुक्त एयरोडायनामिक सतह, नियंत्रण, गाइडेंस एवं नेविगेशन को विचार में लिया जाना चाहिये।

3. हाइपरसोनिक इन्फ्लेटेबल एयरोडायनामिक डीसलेरेटर (HIAD)

हाइपरसोनिक इन्फ्लेटेबल एयरोडायनामिक डीसलेरेटर (HIAD) तकनीक का इस्तमाल उन्ही ग्रह पर किया जा सकता है जहाँ वायुमंडल उपलब्ध हो जैसे की पृथ्वी और मंगल। HIAD को पैक करके आसनी से प्रमोचन यान में रखा जा सकता है और लैंडिंग के वक्त, इसको गैस उत्पन्न करने वाले रसायन की सहायता से फुलाया जा सकता है। इसके साथ ही यह लिफ्ट बल उत्पन्न करने



चित्र सं 6: HIAD (क्रेडिट नासा)

है। यह लिफ्ट बल का उपयोग करके कंपोनेंट्स जैसे स्पेस कैप्सूल, जिनके गुरुत्व केंद्र विस्थापित होते हैं उनको कंट्रोल में रखने में भी सहायता प्रदान करते हैं। कंट्रोल प्राप्त करने के लिए इसे एयरोडायनामिक सतह जैसे पंखयुक्त (winged) यान के रूप में उपयोग किया जा सकता है। इस प्रणाली में किसी भी HIAD को बाह्य वायुमंडल में ही खोलना होता है और इससे हार्डवेयर के वेग को हाइपरसोनिक रेंज से सबसोनिक रेंज में भी लाने में मदद मिलती है। यह तकनीक अभी अभिकल्प रूप में ही है जिसके अनुकरण के आधार पर यह निष्कर्ष निकलता है कि 15g के त्वरण को कम करने के लिए 10 -12 मीटर HIAD के लिफ्ट वेक्टर को उपयोग कर बूस्टर मोड्यूल को प्राप्त किया जा सकता है।

4. मिड-एयर रिकवरी (MAR)

MAR को 1960 के दशक में विकसित किया गया था। वर्तमान प्रौद्योगिकी विकास से इस तकनीक का उपयोग कर 10 टन तक के पेलोड तक को बीच हवा में पकड़ा जा सकता है। MAR एक रैम-एयर मुख्य पैराशूट (चित्र सं 7) का उपयोग करता है जो पेलोड के वेग को कम करता है।

इसके साथ ही यह स्थिर और पूर्वनिर्धारित वेग को भी प्रदान करता है जिससे तकनीक लैस हेलीकॉप्टर की सहायता लेकर पीछे से जाकर पेलोड को पकड़ा जा सके। हेलीकॉप्टर की सहायता से पेलोड को एक पूर्वनिर्धारित स्थान पर ले जाया जाता है। यह प्राणाली लैंड के वक़्त बहुत ज्यादा होने वाले इम्पैक्ट को भी रोकता है।



चित्र सं 7: इलेक्ट्रान राकेट के बूस्टर की मिड एयर रिकवरी (क्रेडिट - राकेट लैब)

इस प्रणाली की दक्षता, हेलीकॉप्टर की पेलोड क्षमता के कारण सीमित हैं। जैसे के विश्व के सबसे ताकतवर हेलीकॉप्टर CH-53K का इस्तमाल कर भी केवल 36000 lb तक के भार को ही उठाया जा सकता है।

हाल ही में राकेट लैब ने अपने प्रमोचन यान इलेक्ट्रान को हेलीकॉप्टर की सहायता से वापस लाने का प्रयास किया और जिसमें काफी हद तक सफलता भी मिली। पहले इलेक्ट्रान प्रमोचन यान के पहले चरण को 180° से पुनःविन्यास करके वायुमंडल में वापस प्रवेश कराया गया फिर वायुमंडलीय ड्रैग का इस्तमाल कर इसके वेग को हाइपरसोनिक रेंज से कम कर सुपरसोनिक रेंज में लाया गया तत्पश्चात इसके पहले पैराशूट को 13 km की ऊंचाई में खोला गया और वेग को और कम किया गया। फिर से 6 की. मी. की ऊंचाई में दूसरा पैराशूट को खोला गया जिससे वेग को 36 की.मी. प्रति घंटा तक कम किया गया। तत्पश्चात ही हेलीकॉप्टर की सहायता से चरण के पैराशूट में लगे हुक से जोड़ा गया। हेलीकॉप्टर पायलट ने कुछ अप्रत्याशित बल महसूस किया जिसके कारण इसे पूर्वनिर्धारित स्थान में नहीं लाया जा सका और समुन्द्र में सॉफ्ट लैंडिंग कराना पड़ा।

भारत का पुनः प्रयोज्य प्रमोचन यान

भारत की स्पेस एजेंसी, इसरो भी प्रयोज्य प्रमोचन यान पर रिसर्च कर रहा है। इसरो के प्रयोज्य प्रमोचन यान का नाम रियूजेबल लॉन्च व्हीकल है जिसकी अभी तकनीकियों को विकसित किया जा रहा है। यह दो चरणों से मिलकर बना है अर्थात् कक्ष तक पहुंचने के लिए दो चरणों का इस्तमाल किया जाना है। इसके लिए भारत ने एयरोप्लेन जैसा पंख सहित संरचना को चुना है।

इस विन्गड यान में मुख्य तकनीकी चुनौतिया जैसे हाइपरसोनिक फ्लाइट, स्वायत्ता लैंडिंग, पॉवरड क्राज

फ्लाइट और एयर ब्रीथिंग प्रोपल्शन इत्यादि है। इन सभी तकनीकी चुनौतियों को विभिन्न चरणों में विकसित किया जा रहा है जैसे की सबसे पहले हाइपरसोनिक फ्लाइट का प्रयोग लैंडिंग फिर फ्लाइट को वापस लाने के प्रयोग के साथ साथ स्क्रैम जेट जैसे जटिल तकनीको को भी इस प्रोजेक्ट का हिस्सा लिया गया है।



चित्र सं 8: रएलवी (3 डी मॉडल) (क्रेडिट - इसरो)

दुबारा उपयोग की तैयारी

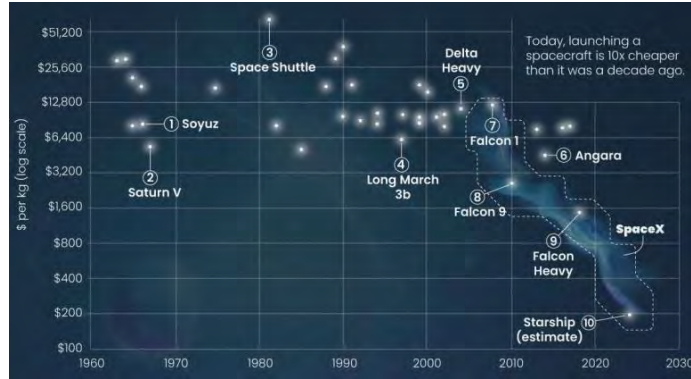
पुनर्प्राप्ति के बाद, दुबारा उपयोग किए जाने वाले हार्डवेयर की जांच की जाती है और मिशन के लिए तैयार किया जाता है। उस प्रयास की लागत ही आर्थिक रूप से सफल और असफल कार्यक्रम के बीच अंतर करती है स्पेस शटल इसका एक प्रमुख उदाहरण है। जबकि गैर-आवर्ती और आवर्ती के बीच की लागत का कोई डाटा नहीं है। 2011 में कार्यक्रम प्रति उड़ान वृद्धिशील लागत \$450 मिलियन आंकी गई थी। प्रमोचन यान को दुबारा उपयोग में लाने के लिए हार्डवेयर का व्यापक निरीक्षण और नवीनीकरण की आवश्यकता होती है। उदाहरण के लिए ऑर्बिटर की थर्मल प्रोटेक्शन टाइलो का निरीक्षण (और संभावित रूप से प्रतिस्थापित), और इसके मुख्य इंजनों को व्यापक निरीक्षण से गुजरने के लिए इंजन को हटाने की आवश्यकता। शटल के एसआरबी में समुद्र के खारे पानी से दूषित होने के कारण उन्हें अलग करना, साफ करना, और दुबारा उपयोग से पहले नवीनीकृत करना।

बड़ी संख्या में हार्डवेयर को दुबारा उपयोग के लिए उसी अनुसार डिजाइन करना महत्वपूर्ण है। पुनःप्राप्त हार्डवेयर की अवस्था भी उसी डिजाइन के अन्दर होनी चाहिए। इसके साथ ही पेलोड क्षमता भी पुनः प्रयोज्य हार्डवेयर घटक होने के कारण के घटती जाती है क्योंकि इन यानो की डिजाइन मार्जिन ज्यादा रखी जाती है।

निष्कर्ष

पुनः प्रयोज्य प्रमोचन यान का मुख्य उद्देश्य प्रमोचन यान की लागत को कम करना है जो की भविष्य में और भी बहुत सारे नए विकास की ओर अग्रसर करेगा जैसे की मंगल ग्रह, चाँद पर मनुष्य की उपस्थिति से लेकर उल्का पिंड में उपस्थित बहुमूल्य खनिज को पृथ्वी पर लाना है। इसके

साथ ही बहुमूल्य ओषधिया जो केवल माइक्रो गुरुत्व क्षेत्र में ही बनायी जा सकती है। यह सब केवल प्रोद्योगिकी विकास से ही संभव हो सकेगा। एक नजर डाले तो स्पेस रिसर्च के आरम्भ में जहाँ एक किग्रा को प्रमोचन करने में लगभग तीस हजार डॉलर का खर्चा आता तो वही आज 60 वर्ष बाद प्रति किग्रा को प्रमोचन करने का खर्चा कम होकर मात्र सोलह सौ डॉलर रह गया है। वही प्रैक्टिस स्पेस एजेंसी स्पेस- X का लक्ष्य इस लागत को और कम कर मात्र दो सौ डॉलर तक लाना है।



चित्र सं 9: प्रति किग्रा प्रमोचन करने की लागत (क्रेडिट - विज्युल कैपिटलिस्ट)

सन्दर्भ

1. Launius, R. D. (ed.), and Jenkins, D. R. (ed.), *To Reach the High Frontier: A History of U.S. Launch Vehicles*, The University Press of Kentucky, Lexington, KY, 2002.
2. Ward, Jr., J. E., "Reusable Launch Vehicles and Space Operations," Occasional Paper No. 12, Center for Strategy and Technology, Air War College, Air University, Maxwell Air Force Base, AL, May 2000
3. *Space News: Jefferies Estimate*
4. Mohamed M. Ragab, F. McNeil Cheatwood and Stephen J. Hughes "Launch Vehicle Recovery and Reuse"
5. <https://www.isro.gov.in>
6. <https://www.statista.com/statistics/896699/number-of-satellites-launched-by-year>
7. https://www.nasa.gov/directorates/spacetech/game_changing_developments/HIAD/index.html

8. <https://www.spacex.com>

9. <https://www.rocketlabusa.com/launch/electron/>

10. <https://www.statista.com/statistics/897719/number-of-active-satellites-by-year>

लेखक परिचय -



अनन्ती सरोज ने वर्ष 2017 में भारतीय अंतरिक्ष विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी संस्थान से वांतरिक्ष में बीटेक की डिग्री प्राप्त की है। वर्तमान में इसरो . भंडारणीय चरण समुच्चयन एवं एकीकरण सुविधा -नोदन कॉम्प्लेक्स के भू अभियंता एसडी के रूप में कार्यरत हैं।/में वैज्ञानिक

पब्लिकेशनदो हिंदी तकनीकी लेख, एक लेख “Journal of Mechanical and Aeronautical Engineering Research” एवं एक लेख “Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials”

FEAST^{SMT} 2021 और NASTRAN 2017 का उपयोग करके गगनयान वाहन की फेयरिंग के गतिशील प्रतिक्रिया विश्लेषण की तुलना

कोट्टेश कुरुदीमाथ¹, सलिल कंज जालान¹ और जेन्सी रोज क¹

¹एसडीएसडी/एसआरएलजी/एसडीएजी/एसटीआर-वीएसएससी, इसरो - 695022, भारत

कोट्टेश कुरुदीमथ एम, ई-मेल:kottresh.kurudimath@vssc.gov.in

1. सार

किसी भी अंतरिक्ष अनुप्रयोगों के लिए पेलोड का संरक्षण एक महत्वपूर्ण मानदंड है, क्योंकि प्रक्षेपण यान वायुमंडल से होकर गुजरता है। वायुमंडल से गुजरने के बाद, पेलोड को और सुरक्षा की आवश्यकता नहीं होती है, और इसलिए फेयरिंग अलग हो जाती हैं। प्रक्षेपण यान के संपर्क में आए बिना फेयरिंग को अलग करना मिशन की सफलता के लिए महत्वपूर्ण है। एक विशिष्ट प्रक्षेपण यान की निष्पक्षता का गतिशील प्रतिक्रिया विश्लेषण जिप कॉर्ड पर लीनियर बेलो सिस्टम से जेटीसनिंग बलों के कारण किया जाता है। विश्लेषण के विभिन्न चरणों में ज्यामितीय मॉडलिंग और परिमित तत्व मॉडलिंग शामिल हैं। अलगाव के कारण जेटीसनिंग बलों को सीमा की स्थिति के रूप में लागू किया जाता है, और फेयरिंग पर महत्वपूर्ण स्थानों पर प्रतिक्रिया निर्धारित की जाती है। विश्लेषण FEAST^{SMT} में किया जाता है, इसकी पूर्व-प्रसंस्करण, सॉल्वर और पोस्ट- प्रसंस्करण क्षमताओं का उपयोग करते हुए। तुलना के उद्देश्य से NASTRAN में इसी तरह का विश्लेषण किया जाता है। वर्तमान अध्ययन ने अपनी अंतर्निहित क्षमताओं के साथ क्षणिक प्रतिक्रिया विश्लेषण के लिए FEAST^{SMT} सॉफ्टवेयर को मान्य करने में मदद की। FEAST^{SMT} के परिणाम NASTRAN के साथ तुलनीय हैं। FEAST^{SMT} में विश्लेषण के लिए अपनाया गया कार्यप्रवाह भविष्य के अध्ययनों को इसी तरह की प्रक्रिया का पालन करने में मदद करेगा। चूंकि प्री- प्रसंस्करण, विश्लेषण और पोस्ट- प्रसंस्करण एक ही जीयूआई का उपयोग करके किया जाता है, यह उपयोगकर्ता को परिवर्तनों का नज़र रखने में मदद करता है और नत्थी हैंडलिंग के कारण डेटा परिवर्तन को रोकता है।

2. परिचय

एक विशिष्ट प्रक्षेपण यान मिशन की आवश्यकताओं के अनुसार अंतरिक्ष यान, ऑर्बिटर, लैंडर, रोवर आदि के रूप में एक निश्चित मात्रा में पेलोड वहन करता है। चूंकि प्रक्षेपण यान पृथ्वी के वायुमंडल से होकर गुजरता है, इसलिए इन नीतभारों को संरक्षित करने की आवश्यकता है। फेयरिंग पेलोड को वायुगतिकीय, थर्मल और ध्वनिक वातावरण से बचाता है। पृथ्वी के वायुमंडल के ऊपर से गुजरने पर, फेयरिंग प्रक्षेपण यान से अलग हो जाती है जिससे शेष प्रक्षेपण यान भार कम हो जाता है। फेयरिंग का पृथक्करण फेयरिंग के दो आधे भाग के बीच मौजूद पायरो

चार्ज के विस्फोट के कारण होता है। पायरो चार्ज का विस्फोट फेयरिंग के दो आधे हिस्से पर एक क्षणिक भार के रूप में कार्य करता है। फेयरिंग्स अलग होने पर दोलन करती हैं, और इससे फेयरिंग मुख्य वाहन के संपर्क में आ सकती है, और मिशन की विफलता का कारण बन सकती है। इसलिए, फेयरिंग पर महत्वपूर्ण स्थानों की प्रतिक्रिया की भविष्यवाणी करना आवश्यक है, जो प्रक्षेपण वाहन के संपर्क में आने की संभावना है और पर्याप्त अंतर उपलब्ध नहीं होने पर आवश्यक बनावट अद्यतन लें। फेयरिंग पर महत्वपूर्ण स्थानों की प्रतिक्रिया निर्धारित करने के लिए एक क्षणिक प्रतिक्रिया विश्लेषण किया जाता है। जेटीसनिंग बलों का निर्धारण फेयरिंग की गतिशील प्रतिक्रिया में एक महत्वपूर्ण कदम है। बोलो आधारित पृथक्करण प्रणाली सामान्य रूप से कार्यरत हैं। प्रति यूनिट लंबाई और प्रति यूनिट लंबाई के आवेग को निर्धारित करने के लिए चयनित बलो सिस्टम को चिह्नित करने के लिए पैनल परीक्षण किया जाता है, जिसका उपयोग फेयरिंग की लंबाई के साथ इन मूल्यों का अनुमान लगाने के लिए किया जाता है जहां विस्फोट होता है। प्रति इकाई लंबाई के आवेग से फेयरिंग पर कार्य करने वाले बल निर्धारित होते हैं, ये बल क्षणिक विश्लेषण के लिए इनपुट में से एक बनाते हैं। कुल प्रतिक्रिया कठोर और लोचदार ऊर्जा के कारण होने वाली प्रतिक्रियाओं का एक संयोजन है। इस काम में लोचदार प्रतिक्रियाओं को निर्धारित किया जाता है, जो कि महत्वपूर्ण स्थानों पर वास्तविक प्रतिक्रियाओं को निर्धारित करने के लिए, फेयरिंग के कठोर पृथक्करण के साथ आरोपित होते हैं। उपरोक्त विश्लेषण नाममात्र के मामलों के लिए किया जाता है। गैर-नाममात्र मामलों को भी ऊर्जा और द्रव्यमान में फैलाव को ध्यान में रखते हुए माना जाता है। FEAST^{SMT} एक एफईए टूल है जिसमें एक जीयूआई में पूर्व - और पोस्ट- प्रसंस्करण के साथ क्षणिक प्रतिक्रिया विश्लेषण करने की क्षमता है। वर्तमान विश्लेषण करने के लिए, सीएडी मॉडलिंग, परिमित तत्व विवेकीकरण और सीमा की स्थिति पूरी तरह से FEAST^{SMT} में स्थापित की गई है।

3. समस्या विवरण

फेयरिंग पर मुख्य बिंदुओं पर प्रतिक्रिया प्राप्त करने के लिए जिप कॉर्ड पर जेटीसनिंग बल के कारण फेयरिंग का प्रतिक्रिया विश्लेषण किया जाता है। FEAST^{SMT} में एफई मॉडल बनाने में समस्या शामिल थी। सामग्री, मोटाई गुण और जेटीसनिंग बलों को निर्दिष्ट करने के बाद क्षणिक प्रतिक्रिया विश्लेषण किया जाता है।

4. FEAST^{SMT} सॉफ्टवेयर में मॉडलिंग

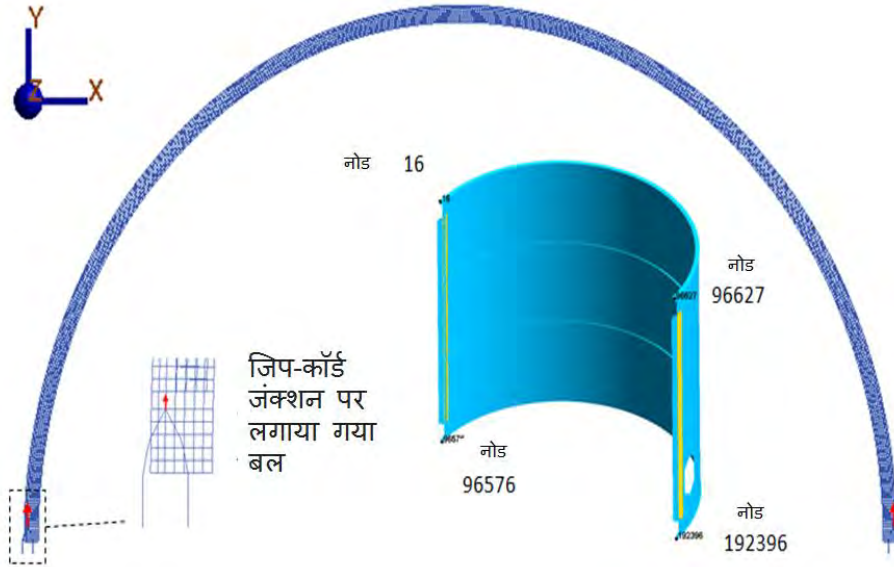
4.1 सीएडी मॉडल निर्माण

FEAST^{SMT} पूर्व - संसाधक के रूप में ज्यामितीय उपकरणों का उपयोग करके फेयरिंग का सीएडी मॉडल बनाया जाता है। फेयरिंग का सतह मॉडल बनाने के लिए FEAST^{SMT} के प्राकृतिक

बनावट औजार का इस्तेमाल किया जाता है। विभिन्न सामग्री और मोटाई गुणों को निर्दिष्ट करने के लिए मॉडल को कई खंडों में विभाजित किया गया है।

4.2 परिमित तत्व मॉडलिंग

चतुर्भुज और त्रिकोणीय तत्वों के साथ परिमित तत्व मेशिंग किया जाता है। मेशिंग के बाद, उपयुक्त मोटाई और भौतिक गुणों को सौंपा गया है। जिप कॉर्ड पर जेटीसनिंग बल लगाने के लिए जो स्थानिक और अस्थायी रूप से भिन्न होता है, जिप कॉर्ड पर पॉइंट लोड लगाया जाता है जैसा कि चित्र -1 में दिखाया गया है। ब्याज और मोडल भिगोना की आवृत्ति रेंज भी प्रदान की जाती है। फेयरिंग में रुचि के चार कोने वाले नोड्स विस्थापन को नजर रखने के लिए उपयोग किए जाते हैं।



चित्रा 1. FEAST^{SMT} में फेयरिंग के जिप कॉर्ड जंक्शन की लंबाई के साथ जेटीसनिंग बल आवेदन

5 परिणाम और चर्चा

5.1 मोडल विश्लेषण

मोडल विश्लेषण 100 हर्ट्ज की आवृत्ति तक मोडल आवृत्तियों की गणना करने के लिए किया जाता है। मोडल विश्लेषण FEAST^{SMT} और NASTRAN दोनों में किया जाता है। FEAST^{SMT} 2021 और NASTRAN 2017 के बीच मोडल विश्लेषण परिणाम तालिका 1 में प्रमुखता से दिखाया गए हैं।

तालिका 1. FEAST^{SMT} 2021 और NASTRAN 2017 का उपयोग करने के तरीकों की तुलना

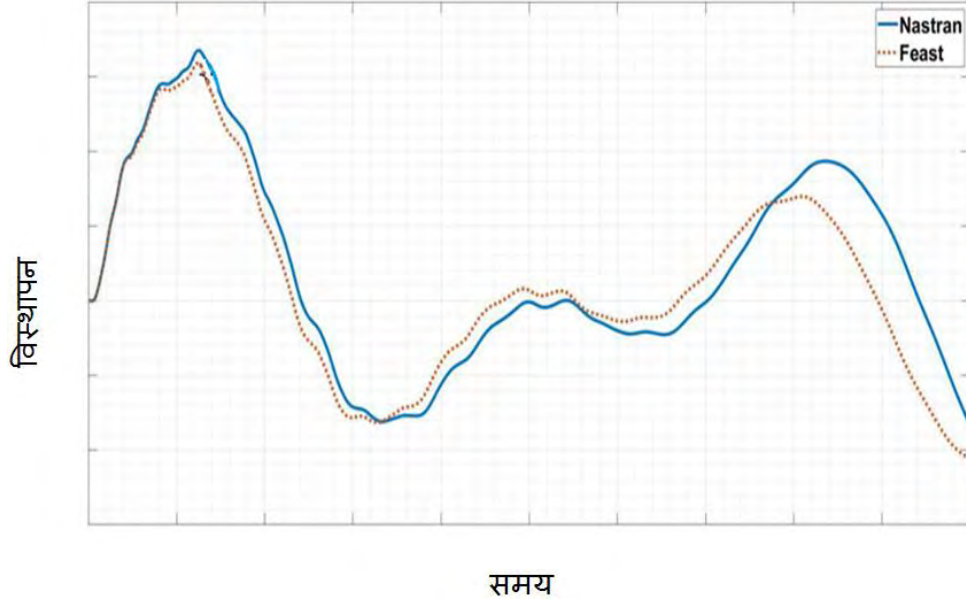
| मोड | अंतर (%) | मोड | अंतर (%) | मोड | अंतर (%) | मोड | अंतर (%) |
|-----|----------|-----|----------|-----|----------|-----|----------|
| 1 | 0.77 | 10 | 2.21 | 19 | 1.21 | 28 | 0.49 |
| 2 | 1.56 | 11 | 2.72 | 20 | -0.24 | 29 | 0.49 |
| 3 | 3.27 | 12 | 0.76 | 21 | -0.15 | 30 | -0.42 |
| 4 | 1.61 | 13 | -0.29 | 22 | -0.11 | 31 | -0.30 |
| 5 | 2.87 | 14 | 0.56 | 23 | 0.38 | 32 | -1.56 |
| 6 | 1.32 | 15 | -0.30 | 24 | -0.17 | 33 | -1.58 |
| 7 | 1.63 | 16 | 0.56 | 25 | -0.54 | 34 | -1.38 |
| 8 | 1.24 | 17 | 1.81 | 26 | -0.78 | 35 | 0.19 |
| 9 | 3.67 | 18 | -0.17 | 27 | 0.20 | 36 | 0.28 |

5.2 क्षणिक विश्लेषण

उपयुक्त जेटीसनिंग बलों को लागू करके, मोडल क्षणिक प्रतिक्रिया विश्लेषण किया जाता है। क्षणिक प्रतिक्रिया विश्लेषण के परिणाम तालिका 2 में प्रमुखता से दिखाया गए हैं। कोने के बिंदुओं में से एक के लिए प्रतिक्रियाओं की तुलना चित्र 2 में दिखाई गई है।

तालिका 2. FEAST^{SMT} 2021 और NASTRAN 2017 का उपयोग करके संबंधित नोड्स के अधिकतम विस्थापन की तुलना

| नोड संख्या | प्रतिशत अंतर |
|------------|--------------|
| 192396 | 6.13 % |
| 96576 | 4.35 % |
| 96627 | 3.88 % |



चित्र 2: FEAST^{SMT} और NASTRAN के बीच समय की प्रतिक्रियाओं की तुलना एक कोने के बिंदु के लिए करती है।

समापन टिप्पणी

- एक विशिष्ट प्रक्षेपण यान की फेयरिंग का एफई मॉडल तैयार किया जाता है और जिप कॉर्ड पर लीनियर बेलो सिस्टम से जेटीसनिंग बलों के कारण गतिशील प्रतिक्रिया विश्लेषण किया जाता है।
- FEAST^{SMT} 2021 और NASTRAN 2017 के लिए मोडल विश्लेषण में प्राप्त आवृत्तियाँ 3.67% के अधिकतम अंतर के साथ तुलनीय हैं।
- FEAST^{SMT} 2021 और NASTRAN 2017 से क्षणिक प्रतिक्रिया विश्लेषण के परिणामों ने 6.93% का अधिकतम प्रतिशत अंतर दिखाया, जो कि मोडल क्षणिक प्रतिक्रिया विश्लेषण करने के लिए FEAST^{SMT} और NASTRAN द्वारा अपनाई गई विभिन्न कार्यप्रणाली के कारण है।

स्वीकृति

लेखक स्वीकार करते हैं श्री। एफई मॉडल प्रदान करने के लिए अरुण जोस के ए, एसटीआर, श्रीमती। आर शिवशक्ति, एयरो जिप कॉर्ड फोर्स की गणना के लिए आवश्यक इनपुट प्रदान करने के लिए और राज थिलक टीजे FEAST^{SMT} में समर्थन प्रदान करने के लिए

संदर्भ

1. कोत्रेश कुरुदीमठ, राज तिलक, सलिल कंज जालान, जेन्सी रोज के, (2022), FEAST^{SMT} 2021 और NASTRAN 2017, छठा राष्ट्रीय परिमित तत्व डेवलपर्स ' / FEAST^{SMT} उपयोगकर्ताओं की बैठक का उपयोग करते हुए एक विशिष्ट लॉन्च वाहन के फेरिंग के गतिशील प्रतिक्रिया विश्लेषण की तुलना

लेखक -

मेरा नाम कोट्टेश कुरुडीमाथ है | मैं वर्तमान में वीएसएससी में गतिशील विभाजन में काम कर रहा हूं | मैंने मणिपाल इंस्टीट्यूट ऑफ टेक्नोलॉजी से कंप्यूटर एडेड एनालिसिस एंड डिजाइन में अपना एमटेक पूरा किया है. | मेरा वर्तमान कार्य क्षेत्र गतिशील प्रतिक्रिया में है, प्रक्षेपण यान का फेरिंग पृथक्करण विश्लेषण। मेरे पास एफईए विश्लेषण के लिए सामग्री मॉडलिंग में कार्य अनुभव भी है।

गगनयान कर्मीदल कक्ष के शीर्ष लॉगरॉन के लिए एए2014 टी652 प्लेट-प्ररूप फोर्जिंग का विकास एवं उत्पादन

अ. अब्बास खान*, राजीव पंडा*, मोहन एस, गोविंद, एम मोहन
पदार्थ एवं यांत्रिकी इकाई, वीएसएससी

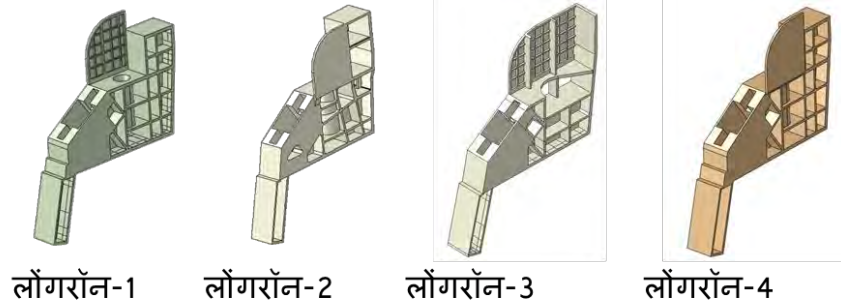
सारांश

गगनयान के कर्मीदल-कक्ष का आंतरिक दाबीकृत हिस्सा धात्विक है जो कई महत्वपूर्ण अल्युमीनियम मिश्रधातु फोर्जिंग से निर्मित है। ये फोर्जिंग आकार में बहुत बड़े और भारी अनुप्रस्थ काट के हैं। शीर्ष लॉगरॉन 180 मि.मी. मोटाई की ऐसी ही एक प्लेट-प्ररूप फोर्जिंग है जिसकी लम्बाई एवं चौड़ाई लगभग एक मीटर है। इन लॉगरॉन का उपयोग कर्मीदल-कक्ष के शीर्ष भाग में भार अंतरण और दुर्नम्यता प्रदान करने के लिये किया जाता है। शीर्ष लॉगरॉन फोर्जिंग का प्रसंस्करण अल्युमीनियम मिश्रधातु एए2014 में टी652 ऊष्मानुकूलित अवस्था में किया गया। बड़े आकार के कारण, फोर्जिंग के भीतर तक पर्याप्त ऊष्मायांत्रिक कार्य प्रदान करना और जल शमन के उपरांत उत्पन्न प्रतिबल को कम करना बहुत चुनौतीपूर्ण था। ये लेख देश में उपलब्ध द्रवचालित दाबक क्षमता का उपयोग करते हुए तप्त फोर्जिंग के माध्यम से टी652 टेम्पर में प्लेट-प्ररूप एए2014 फोर्जिंग के प्रसंस्करण की चुनौतियों को प्रस्तुत करता है।

महत्वपूर्ण शब्द: कर्मीदल-कक्ष, गगनयान, एए2014, तप्त फोर्जिंग, ऊष्मानुकूलित

1.0 प्रस्तावना

गगनयान इसरो की मानव को अंतरिक्ष में भेजने की एक महत्वाकांक्षी परियोजना है। कर्मीदल-कक्ष गगनयान का बहुत ही महत्वपूर्ण उपतंत्र है जो कर्मीदल को अंतरिक्ष तक ले जाने और उन्हें वापस लाने में उपयोग किया जाएगा। कर्मीदल-कक्ष एक द्विभित्तीय संरचना है जिसका आंतरिक दाबीकृत हिस्सा धात्विक और बाह्य हिस्सा कार्बन-फाइबर-प्रबलित बहुलक निर्मित है। कर्मीदल-कक्ष का व्यास 3.1 मी. और लम्बाई 2.6 मी. है जिसमें लॉगरॉन नामक घटक का उपयोग भार अंतरण और दुर्नम्यता प्रदान करने के लिये किया जाता है। कवचन और अंतरापृष्ठन की आवश्यकता के आधार पर कर्मीदल-कक्ष के शीर्ष भाग में चार प्रकार के लॉगरॉन का संरूपण किया गया है जिन्हें चित्र 1 में दर्शाया गया है।



चित्र 1: कर्मीदल-कक्ष के शीर्ष भाग में संरूपित विभिन्न लॉगरॉन

चित्र 1 में दर्शाए गये चार प्रकार के शीर्ष लॉगरॉन की विरचना के लिये निम्न दो आकार के फोर्जिंग की आवश्यकता थी:

1. लॉगरॉन 1 एवं 4 - मो.180 x चौ.890 x ल.1080 मि.मी. (अल्युमीनियम मिश्रधातु एए2014 टी652 अवस्था में)
2. लॉगरॉन 2 एवं 3 - मो.180 x चौ.860 x ल.950 मि.मी. (अल्युमीनियम मिश्रधातु एए2014 टी652 अवस्था में)

शीर्ष लॉगरॉन फोर्जिंग के निर्माण के लिये अल्युमीनियम मिश्रधातु एए2014 का चयन टी652 ऊष्मानुकूलित अवस्था में किया गया। एए2014 एक अवक्षेपण कठोरित अल्युमीनियम-तांबा मिश्रधातु है जो उच्च विशिष्ट सामर्थ्य के कारण वांतरिक्ष संरचनाओं में प्रचुरता से इस्तेमाल किया जाता है।

ऊपर उल्लेखित पदार्थ 1 एवं 2 बहुत अधिक अनुप्रस्थ काट के और प्लेट-प्ररूप हैं। सुविधा की कमी के कारण प्लेट रूट से इनका स्वदेशी उत्पादन संभव नहीं था। इन लॉगरॉन का आयात करने में बहुत अधिक समय लगता जो परियोजना कार्यक्रम के अनुकूल नहीं था। इसके अतिरिक्त 180 मिमी मोटाई की प्लेट के लिए कोई अंतर्राष्ट्रीय विनिर्देश/मानक भी उपलब्ध नहीं है। इन चुनौतियों के कारण, मद 1 एवं 2 का स्वदेशी विकास एवं प्रसंस्करण खुले सांचे की फोर्जिंग के माध्यम से किया गया।

प्लेट-प्ररूप फोर्जिंग के प्रसंस्करण में मुख्य चुनौतियाँ (1) इसका बड़ा आकार (2) इतने अधिक अनुप्रस्थ काट की फोर्जिंग के भीतर तक पर्याप्त ऊष्मायांत्रिक कार्य प्रदान करना (3) उत्पाद की पराश्रव्य गुणवत्ता सुनिश्चित करना (4) वांछित यांत्रिक गुणधर्म तथा (5) सूक्ष्म-संरचना प्राप्त करना थीं। तदनुसार, फोर्जिंग के भीतर तक पर्याप्त ऊष्मायांत्रिक कार्य सुनिश्चित करने के लिए एक विस्तृत प्रक्रिया और गुणवत्ता योजना बनाई गई तथा फोर्जिंग के गुणवत्ता मूल्यांकन के लिए नमूने का विवरण तैयार किया गया। इस लेख में अधिक मोटाई की प्लेट-प्ररूप फोर्जिंग के

स्वदेशी विकास एवं उत्पादन में आने वाली समस्याओं और फोर्जिंग के निर्माण की प्रक्रिया के बारे में विस्तार से चर्चा की गयी है।

2.0 प्रायोगिक प्रक्रिया विकास

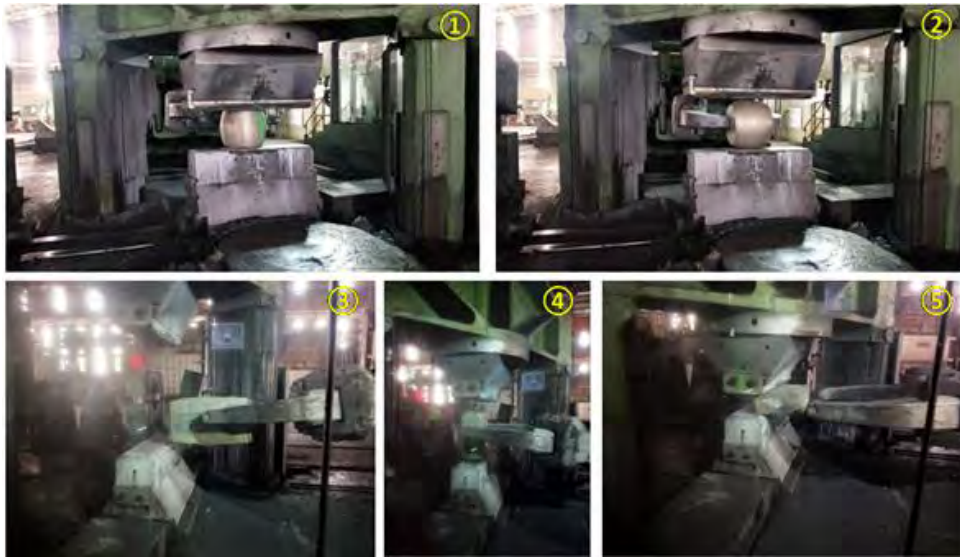
उत्पादों के प्रसंस्करण के लिए कच्चे माल के रूप में 540 मिमी व्यास के एए2014 बिलेट को प्रत्यक्ष-शीत संचकन द्वारा गगनयान विनिर्देश के अनुसार निर्मित किया गया। इन बिलेट को फोर्जिंग के लिए इनपुट फीडस्टॉक के रूप में इस्तेमाल किया गया।

फोर्जिंग को 3850 मीट्रिक टन क्षमता के 'वेपुको पांके' द्रवचालित दाबक पर तालिका 1 में दिये गए प्रक्रिया अनुक्रम के अनुसार संसाधित किया गया। फोर्जिंग के भीतर तक पर्याप्त ऊष्मायांत्रिक कार्य प्रदान करने के लिए बहु अपसेट-ड्रा संक्रिया, लगभग 90 न्यूनीकरण अनुपात के साथ नियोजित की गई जैसा कि चित्र 2 में दर्शाया गया है। ऊष्मानुकूलन के दौरान निर्णायक मोटाई बनाए रखने के लिए उत्पादों को फोर्जिंग के बाद मशीनीकृत किया गया और इसके पश्चात 5 टन वैद्युत-तप्त 'वेलमेक' ड्रॉप-बॉटम भट्टी में ऊष्मानुकूलित किया गया। फोर्जिंग के कोर तक पर्याप्त सिक्तन सुनिश्चित करने के लिए 1 घंटे प्रति इंच नियम के आधार पर सिक्तन समय निर्धारित किया गया। फोर्जिंग का जल-शमन गगनयान विनिर्देश के अनुसार 15 सेकंड के भीतर किया गया। जल-शमन के दौरान उत्पन्न अवशिष्ट प्रतिबल को कम करने के लिए 2-4% का स्थायी विरूपण शीत संपीडन द्वारा सुनिश्चित किया गया। फोर्जिंग के बड़े आकार के कारण एक बार में प्रतिबल को कम करना संभव नहीं था और इसलिए खंडीय संपीडन विधि अपनायी गयी। फोर्जिंग का अवक्षेपण उपचार 171 डिग्री सेल्सियस ताप पर 10 घंटे के लिए 5 टन 'वेलमेक' भट्टी में किया गया। तत्पश्चात फोर्जिंग को अंतिम आकार में मशीनीकृत किया गया जैसा कि चित्र 3 में दर्शाया गया है।

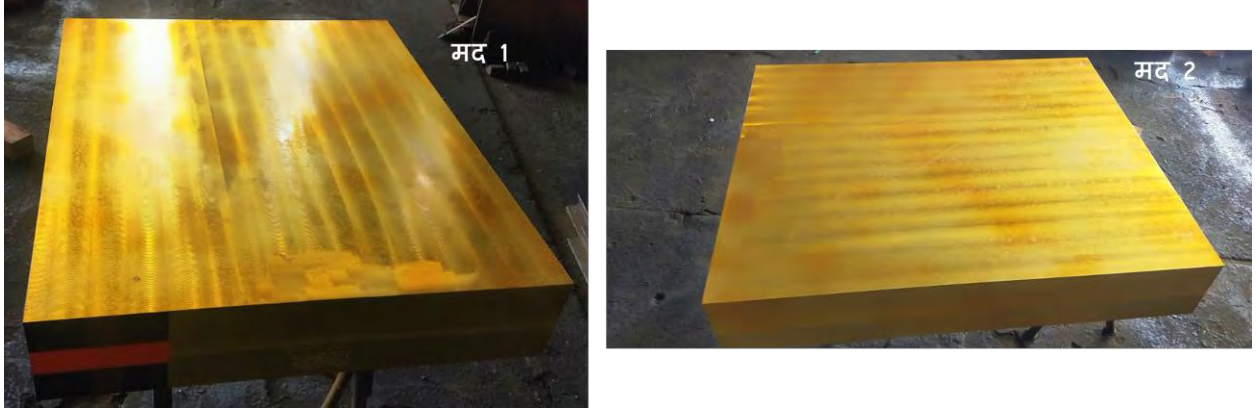
गुणवत्ता जाँच के लिए, प्रत्येक उष्मनुकूलन बैच से एक फोर्जिंग 150 मिमी अतिरिक्त लम्बाई के साथ संसाधित की गयी। सूक्ष्म संरचना एवं तन्य गुणधर्म के मूल्यांकन के लिए नमूने अतिरिक्त लम्बाई के कोर से चित्र 4 के अनुसार तैयार किए गए। 'एफआईई' मेक यूनिवर्सल टेस्टिंग मशीन का उपयोग करके तीन दिशाओं (अनुदैर्घ्य, दीर्घ-अनुप्रस्थ और लघु-अनुप्रस्थ) में यांत्रिक गुणों का मूल्यांकन किया गया। नमूनों को पॉलिश करके केलर अभिकर्मक में रासायनिक उत्कीर्णन किया गया और 100x तथा 400x आवर्धन पर यूनियन निर्मित माइक्रोस्कोप द्वारा सूक्ष्म-संरचना का विश्लेषण किया गया। सभी फोर्जिंग का एएमएस 2630 बी मानक के अनुसार पराश्रव्य परीक्षण और एएसटीएम ई 165 मानक के अनुसार रंजक अंतर्वेशन परीक्षण किया गया।

तालिका 1: प्रक्रिया अनुक्रम

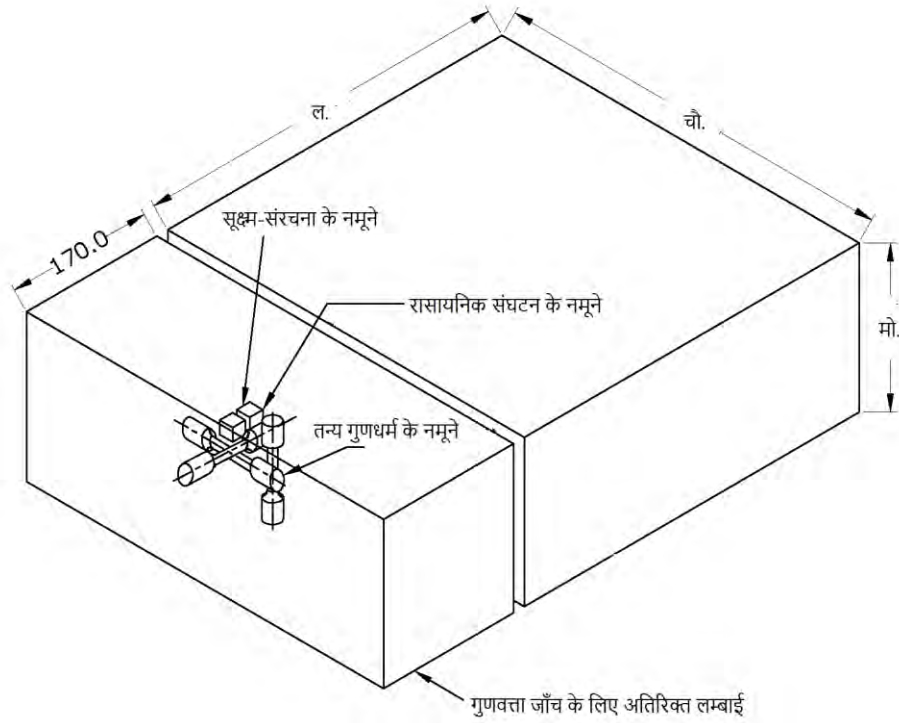
| क्र.सं. | संक्रिया | शीर्ष लॉगरॉन मद 1 एवं 2 |
|-------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| प्रथम चरण | कच्चा माल | बिलेट: व्यास 540 मि.मी. - 600 कि.ग्रा. |
| द्वितीय चरण | फोर्जिंग प्रक्रिया | 6 चरणों में ऊष्मायांत्रिक प्रचालन अपसेट-ड्रा-अपसेट-ड्रा-अपसेट-अंतिम आकार तक फोर्जिंग (कुल न्यूनीकरण अनुपात - 90) |
| त्रितीय चरण | मशीनीकरण | ऊष्मानुकूलन से पूर्व मशीनिंग |
| चतुर्थ चरण | ऊष्मीय उपचार | ताप - 502° सेंटीग्रेड , सिक्तन समय - 8.5 घंटे, शीतलन - जळ शमन |
| पंचम चरण | प्रतिबल मुक्ति | खंडात्मक विधि से शीत संपीडन द्वारा प्रतिबल मुक्ति |
| षष्ठम चरण | अवक्षेपण उपचार | 171° सेंटीग्रेड पर 10 घंटे तापन और उसके बाद वायु शीतलन |
| सप्तम चरण | मशीनीकरण | अंतिम आकार तक मशीनिंग |



चित्र 2: फोर्जिंग प्रक्रिया (1, 4 - अपसेट; 2, 3, 5 - ड्रा)



चित्र 3: मद 1 - मो.180 x चौ.890 x ल.1080 मिमी, मद 2 - मो.180 x चौ.860 x ल.950 मिमी



चित्र 4: मद 1 - गुणवत्ता जाँच के लिए नमूने

3.0 परिणाम

गगनयान विनिर्देश के अनुसार शीर्ष लॉगरॉन फोर्जिंग का रासायनिक विश्लेषण, तन्य परीक्षण, सूक्ष्म-संरचना निरीक्षण, पराश्रव्य परीक्षण तथा रंजक अंतर्वेशन परीक्षण किया गया।

3.1 रासायनिक संघटन

मद 1 एवं 2 के प्रयोगात्मक बैच का रासायनिक विश्लेषण एएसटीएम ई 1251 मानक के अनुसार किया गया जिसका परिणाम तालिका 2 में उल्लिखित है।

तालिका 2: रासायनिक संगठन

| | तत्व (प्रतिशत) | Cu | Si | Mn | Mg | Fe | Zn | Ti | Cr | Al |
|-------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| विनिर्दिष्ट | न्यूनतम | 3.90 | 0.50 | 0.40 | 0.20 | --- | --- | --- | --- | शेष |
| | अधिकतम | 5.00 | 1.20 | 1.20 | 0.80 | 0.30 | 0.25 | 0.15 | 0.10 | |
| मद 1 | बिलेट | 4.532 | 0.662 | 0.597 | 0.427 | 0.085 | 0.093 | 0.037 | 0.009 | 93.52 |
| | प्र. बैच | 4.31 | 0.62 | 0.60 | 0.40 | 0.10 | 0.095 | 0.043 | 0.013 | 93.79 |
| मद 2 | बिलेट | 4.567 | 0.653 | 0.614 | 0.461 | 0.073 | 0.113 | 0.038 | 0.009 | 93.43 |
| | प्र. बैच | 4.20 | 0.58 | 0.61 | 0.40 | 0.10 | 0.11 | 0.049 | 0.015 | 93.91 |

3.2 तन्य गुणधर्म

मद 1 एवं 2 के लिये तन्य गुणधर्मों का परीक्षण अतिरिक्त लम्बाई के अंतर्भाग से चित्र 4 के अनुसार नमूने लेकर किया गया, जिसका परिणाम तालिका 3 में उल्लिखित है।

तालिका 3: तन्य गुणधर्म

| गुणधर्म | विनिर्दिष्ट | | | फोर्जिंग | प्रयोगात्मक बैच के परिणाम | | |
|----------------------------|-------------|--------|-------|----------|---------------------------|-----------------|---------------|
| | अनु | दी. अ. | ल. अ. | | अनुदैर्घ्य | दीर्घ-अनुप्रस्थ | लघु-अनुप्रस्थ |
| पराभव सामर्थ्य (मे.पा.) | 350 | 350 | 330 | मद 1 | 375-390 | 354-367 | 367-381 |
| | | | | मद 2 | 390-418 | 370-373 | 360-400 |
| चरम सामर्थ्य (मे.पा.) | 405 | 405 | 395 | मद 1 | 432-445 | 420-428 | 419-430 |
| | | | | मद 2 | 441-469 | 437-446 | 416-444 |
| दैर्घ्यवृद्धि (%) | 5 | 1 | - | मद 1 | 9.0-9.6 | 6.0-6.4 | 4.8-5.2 |
| | | | | मद 2 | 9.4-10.0 | 7.0-8.0 | 6.0-6.6 |

3.3 सूक्ष्म-संरचना

अनुदैर्घ्य, दीर्घ-अनुप्रस्थ तथा लघु-अनुप्रस्थ दिशाओं में मद 1 एवं 2 की सूक्ष्म-संरचना चित्र 5 में दर्शायी गयी है।



चित्र 5: 100x आवर्धन पर सूक्ष्म-संरचना (क, ख, ग - मद 1; त, थ, द - मद 2)

3.4 अविनाशी परीक्षण

सभी फोर्जिंग ने अविनाशी गुणता जांच (पराश्रव्य परीक्षण तथा रंजक अंतर्वेशन परीक्षण) सफलतापूर्वक पास की और इन फोर्जिंग को गुणता विनिर्देश के अनुसार उपयोग के लिये उपयुक्त पाया गया।

4.0 चर्चा

लॉगरॉन फोर्जिंग के विनिर्माण की प्रक्रिया गगनयान विनिर्देश के अनुसार बिलेट के व्यापक योग्यता परीक्षण के साथ शुरू हुई। 540 मिमी व्यास के एए2014 बिलेट का प्रत्यक्ष-शीत संचकन द्वारा फोर्जिंग के विकासात्मक परीक्षणों के लिए कच्चे माल के रूप में सफलतापूर्वक प्रसंस्करण किया गया। बिलेट का आकार फोर्जिंग के विनिर्माण के लिए आवश्यक निवेश भार और स्टॉक के लम्बाई-व्यास अनुपात के आधार पर निर्धारित किया गया।

गगनयान विनिर्देश के अनुसार फोर्जिंग की गुणवत्ता की जाँच व्यापक परीक्षण के द्वारा की गयी। फोर्जिंग के यांत्रिक गुण और सूक्ष्म संरचना उष्मायांत्रिक कार्य अनुक्रम, समग्र न्यूनीकरण

अनुपात और प्रचालन ताप पर अत्यधिक निर्भर हैं। तालिका 1 से ये स्पष्ट है कि प्रत्येक फोर्जिंग प्रकार के प्रसंस्करण अनुक्रम को कई 'अपसेट' और 'ड्रा' प्रचालन के साथ अभिकल्पित किया गया। संचकन संरचना को संशोधित करने और वांछित सूक्ष्म-संरचना प्राप्त करने के लिए पर्याप्त ऊष्मा-यांत्रिक कार्य कुल न्यूनीकरण अनुपात 88.83-92.92 प्रदान करके सुनिश्चित किया गया। तालिका 1 में दिए गए प्रक्रिया अनुक्रम से यह भी स्पष्ट है कि टी652 अवस्था के अनुरूप वांछित यांत्रिक गुणों को प्राप्त करने के लिए इष्टतम ऊष्मीय उपचार किया गया। बिलेट और फोर्जिंग का रासायनिक संगठन तालिका 2 में दिया गया है और एए2014 की आवश्यकता के अनुरूप है। तालिका 3 से स्पष्ट है कि प्रयोगात्मक बैच में प्राप्त यांत्रिक गुणधर्म विनिर्देश के अनुसार हैं। सभी दिशाओं में दैर्घ्यवृद्धि 4 प्रतिशत से अधिक है जो बहु-दैशिक ऊष्मा-यांत्रिक कार्य को दर्शाता है। चित्र 5 इंगित करता है कि सूक्ष्म-संरचना ऊष्मीय कार्य की दिशा में ग्रेन के अच्छे प्रवाह के साथ कोरिंग, विसंयोजन और यूटेक्टिक गलन से मुक्त है। 100% पराश्रव्य परीक्षण और रंजक अंतर्वेशन परीक्षण के परिणामों से स्पष्ट है कि सभी फोर्जिंग आंतरिक दोषों, विसंगतियों और सतह दोषों से मुक्त हैं। ये सभी उत्पाद भारी अनुप्रस्थ काट के फोर्जिंग हैं और मानव अनुरूपित विनिर्देश के अनुसार इनके सफल विकास एवं उत्पादन से अल्यूमीनियम मिश्रधातु प्रसंस्करण के क्षेत्र में आत्मनिर्भरता आई है।

5.0 निष्कर्ष

- गगनयान कार्यक्रम की समयबद्धता के अनुसार सबसे बड़े आकार के एल्यूमीनियम मिश्र धातु फोर्जिंग को फास्ट ट्रैक में कर्मीदल कक्ष के शीर्ष लॉगरॉन के लिये विकसित किया गया।
- सभी फोर्जिंग गुणवत्ता जांच में गगनयान मानकों के अनुरूप पायी गयी। अल्ट्रासोनिक गुणवत्ता और यांत्रिक गुण विनिर्देश के अनुसार सफलतापूर्वक प्राप्त किये गये।
- फोर्जिंग की प्राप्त सूक्ष्म-संरचना पर्याप्त ऊष्मा-यांत्रिक कार्य को दर्शाती है।
- प्लेट-प्ररूप फोर्जिंग आयात के विकल्प के रूप में विकसित किये गये और वांतरिक्ष पदार्थ अनुसंधान के क्षेत्र में स्वदेशी आत्मनिर्भरता की दिशा में महत्वपूर्ण कदम है।

6.0 अभिस्वीकृति

एमएमडी को ये विकस कार्य सौंपने के लिए लेखक निदेशक, वीएसएससी और एचटीडीजी टीम के आभारी हैं तथा कम से कम समय में फोर्जिंग के विकास और प्रसंस्करण में समर्थन के लिए सीएचडब्ल्यू फोर्ज, गाजियाबाद का आभार व्यक्त करते हैं। गुणवत्ता नियंत्रण समूह द्वारा प्रदान की गई सहायता को भी लेखक कृतज्ञतापूर्वक स्वीकार करते हैं।

7.0 संदर्भ

1. James C. Williams, "Progress in structural materials for aerospace systems", Edger A. Starke Jr., Acta Materialia 51 (2003) 5775-5799
2. Elwin L. Rooy, "Introduction to aluminium and aluminium alloys," Properties and Selection Nonferrous Alloys and Special Purpose Materials. Metals Handbook, The Materials Information Society, ASM International, USA (1990), Vol. 2, pp. 3 - 14.
3. "Aluminum and aluminum alloys," J. R. Davis (ed.), ASM Specialty Handbook, ASM International, Materials Park Ohio, USA (1994), pp. 290 - 315.
4. J. Polmear, Light Alloys, 3rd Ed., Arnold, London, 1995
5. VSSC Gaganyaan Specification for AA2014 Forgings VSSC:GMMPS:2201F:2019
6. Jae-Ho Jang, Dae-Geun Nam, Yong-Ho Park, and Ik-Min Park, "Effect of solution treatment and artificial ageing on microstructure and mechanical properties of Al - Cu alloy," Trans. Nonferrous Met. Soc. China, 23, 631 - 635 (2013).

लेखक परिचय -



अ". अब्बास खान पदार्थ प्रबंधन प्रभाग, पदार्थ एवं यांत्रिकी इकाई, वीएसएससी में वैज्ञानिक/अभियंता 'एसडी' के पद पर कार्यरत हैं। आप अल्युमीनियम मिश्रधातु रिंग एवं फोर्जिंग के विकास एवं स्वदेशीकरण तथा विभिन्न परियोजनाओं के लिये इनके उत्पादन का कार्य देखते हैं।"

सह लेखक

राजीव" पंडा पदार्थ प्रबंधन प्रभाग, पदार्थ एवं यांत्रिकी इकाई, वीएसएससी में प्रबंधक के पद पर कार्यरत हैं। आप अल्युमीनियम मिश्रधातु अनुभाग के प्रधान हैं तथा विभिन्न अल्युमीनियम उत्पादों के विकास एवं स्वदेशीकरण और विभिन्न परियोजनाओं के लिये इनके उत्पादन का कार्य देखते हैं।"

अन्तरिक्ष में प्लाज़्मा तरंगों का मापन

विपिन कुमार यादव

अंतरिक्ष भौतिकी प्रयोगशाला, विक्रम साराभाई अंतरिक्ष केन्द्र, तिरुवन्तपुरम, केरल

ई-मेल: vipin_ky@vssc.gov.in, फोन: 2562563

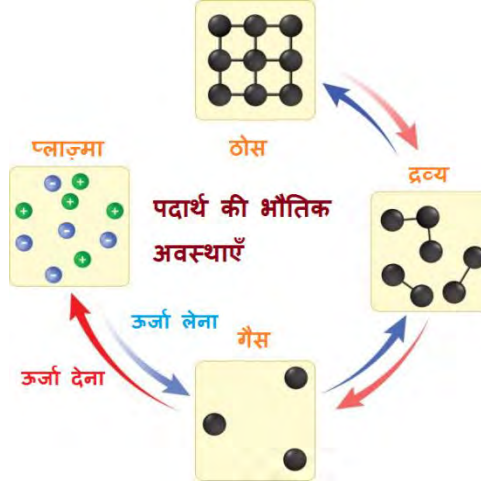
सार

प्लाज़्मा तरंगों को अन्तरिक्ष प्लाज़्मा का एक विशिष्ट स्वरूप माना जाता है एवं ये ब्रह्मांड में प्रत्येक स्थान पर उपस्थित रहती हैं। प्लाज़्मा तरंगों को सौरमंडल की सभी वस्तुओं के निकट अवलोकित किया गया है उदाहरणतः सूर्य, ग्रह एवं उनके उपग्रह, धूमकेतु एवं अंतरग्रहीय माध्यम, इत्यादि। ग्रहीय आयनमंडलों में कम मात्रा में आयनीकरण के कारण प्लाज़्मा घनत्व लगभग 10^3 - 10^6 प्रति घन सेंटीमीटर एवं प्लाज़्मा तापमान लगभग 0.1 eV के निकट होता है जो प्लाज़्मा तरंगों के संचालन में सक्षम है। ये प्लाज़्मा तरंगें प्लाज़्मा तंत्रों में विचरण करती हैं एवं इनका उपयोग अनेक रूप में किया जा सकता है। इस लेख में ब्रह्मांड में उपस्थित एवं विचरती प्लाज़्मा तरंगों की इन्हीं विशेषताओं एवं उपयोग का विवरण प्रस्तुत किया गया है।

1. भूमिका

‘प्लाज़्मा’ शब्द की उत्पत्ति एक यूनानी शब्द से हुई है जिसका अर्थ होता है ‘आकार में’ एवं इसे सर्वप्रथम 1929 में गैस अवतारण प्रयोगों के दौरान उपयोग में लाया गया हालांकि एक ऊष्ण आयनित गैस को ‘पदार्थ की चौथी अवस्था’ 1897 के दौरान ही कहा गया था। अपने घनत्व एवं तापमान के आधार पर प्लाज़्मा पदार्थ की तीनों अवस्थाओं के विशिष्ट स्वभाव को दर्शा सकता है। एक ठोस वस्तु गर्म करने पर तरल अवस्था में चली जाती है एवं तरल वस्तु को पुनः गर्म करने पर वह गैस अवस्था में आ जाती है। अब यदि इस गैस को और अधिक गर्म किया जाए तो उसके अणु टूटकर आयन एवं इलेक्ट्रॉन को पृथक कर देते हैं व पदार्थ प्लाज़्मा अवस्था में पहुँच जाता है जैसा चित्र 1 में दिखाया गया है। इस प्रकार प्लाज़्मा को आयनित अणुओं एवं इलेक्ट्रॉनों का एक ऐसा संग्रह कहा जा सकता है जहाँ ऋणात्मक एवं घनात्मक आवेशों की संख्या लगभग बराबर होती है तथा जो एक सामूहिक व्यवहार प्रदर्शित करते हैं।

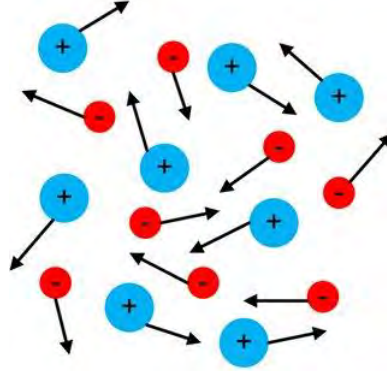
हमारे ब्रह्मांड में, पृथ्वी जिस पर हम रहते हैं को छोड़कर, अधिकतर दिखाई देने वाला पदार्थ प्लाज़्मा अवस्था में ही है। अपने प्राकृतिक रूप में प्लाज़्मा, पृथ्वी पर आयनमंडल में, अन्य ग्रहीय वायुमंडलों, अंतरग्रहीय माध्यम, धूमकेतुओं, अंतरनक्षत्रीय माध्यम, आकाशगंगाओं, विशालकाय तारों, कृशन-विवर, आदि में उपस्थित है। पृथ्वी के निकट सूर्य प्राकृतिक प्लाज़्मा का सबसे प्रमुख तंत्र है।



चित्र 1. प्लाज़्मा पदार्थ की चौथी अवस्था

2. प्लाज़्मा तरंगें

एक प्लाज़्मा तंत्र अपने प्लाज़्मा घनत्व के कारण प्लाज़्मा दोलन को जन्म दे सकता है जैसा चित्र 2 में दर्शाया गया है। यह दोलन अनुग्रहित परिस्थितियों में गतिक एवं ऊष्मीय प्रभावों की उपस्थिति में विकसित होकर एक फैलते हुए दोलन अथवा एक तरंग के रूप में आ सकता है। यह चुम्बकीय क्षेत्र की अनुपस्थिति एवं उपस्थिति दोनों अवस्थाओं में मान्य है।



चित्र 2. प्लाज़्मा दोलन

प्लाज़्मा तरंगों में स्थानीय प्लाज़्मा की विशेषताओं की सूचना समाहित होती है अतः इनका उपयोग उन स्थानों की सूचना प्राप्त करने में किया जा सकता है जहाँ पहुँचकर मापन करना दुष्कर होता है जैसे अत्यधिक तापमान के कारण सूर्य के निकट।

प्लाज़्मा तरंगों के अध्ययन से सौर-पवन - ग्रह अंतःक्रिया, किसी ग्रह के आयनमंडल में ऊर्जा वितरण, आदि की विस्तृत जानकारी प्राप्त की जा सकती है। ये प्लाज़्मा तरंगें आयनमंडलीय गतिकी में ऊर्जावान आवेशित कणों के हास एवं छितराने को नियंत्रित करके एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाती हैं। इसके साथ ही ये प्लाज़्मा तरंगें अन्तरिक्ष के विभिन्न भागों में ऊर्जा का प्रचालन करती हैं एवं आवेशित कणों को त्वरण प्रदान कर उन्हें उच्च ऊर्जा प्राप्त करने में सहायता करती हैं जिससे वे एक भाग से दूसरे भाग में जा सकें। स्थानीय स्तर पर उपस्थित

परिस्थितियों के आधार पर ये प्लाज़्मा तरंगें प्लाज़्मा कणों को ऊष्ण अथवा शीतल करने में सक्षम हैं। प्लाज़्मा तरंगें किसी प्लाज़्मा तंत्र में उपस्थित ढाल एवं असमदिग्वर्ती को कम करने अथवा पूर्णतया समाप्त करने में सक्षम होती हैं। इसके साथ ही प्लाज़्मा तरंगें विभिन्न प्लाज़्मा वर्गों का युग्मन कर सकती हैं एवं संघट्ट के अभाव में असंगत प्रतिरोधकता प्रदान कर सकती हैं।

3. प्लाज़्मा तरंगों का प्रजनन

जब किसी प्लाज़्मा तंत्र में उसकी संभालने की क्षमता से अधिक ऊर्जा समाहित हो तो वह तंत्र अस्थिर हो उठता है एवं उस अवस्था में वह तंत्र इस अतिरिक्त ऊर्जा को तंत्र से बाहर निकाल देता है। अतिरिक्त ऊर्जा को बाहर करने का एक माध्यम प्लाज़्मा तरंगें भी होती हैं जिस कारण इन तरंगों का जन्म होता है।

3.1 प्लाज़्मा अस्थिरताएँ

प्लाज़्मा अस्थिरताएँ किसी भी प्लाज़्मा तंत्र में होने वाला एक ऐसी भौतिक परिघटना है जिसमें एक प्लाज़्मा तंत्र में ऊर्जा का भंडारण होने लगता है जिससे प्लाज़्मा तंत्र साम्यन से दूर हो जाता है। इस ऊर्जा भंडारण के कारण प्लाज़्मा कणों का हास होने लगता है जिसका कारण या तो प्लाज़्मा तरंगों की उत्पत्ति होती है या फिर कण किरण-पुंज अन्यथा स्थिर प्लाज़्मा संरचनाओं का विरूपण। यद्यपि यह भी ध्यान देने योग्य तथ्य है कि तंत्र की कुल ऊर्जा संरक्षित रहती है क्योंकि मुक्त-ऊर्जा का एक स्थान से दूसरे स्थान पर मात्र स्थानांतरण होता है।

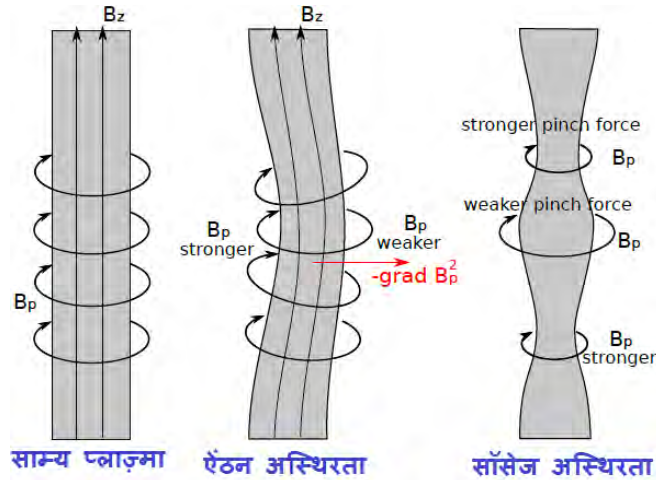
प्लाज़्मा अस्थिरताओं को अक्सर प्लाज़्मा तंत्र के सहयोग से उत्पन्न प्लाज़्मा तरंगों से सम्बद्ध किया जाता है। एक प्लाज़्मा अस्थिरता की रैखिक प्रावस्था एक तरंगों के समूह से प्रारम्भ होती है जो अस्थिर होती है एवं उसका प्ररोहण चरघातांकी दर से होता है जिससे वह शीघ्र ही अरैखिक प्रवृत्ति में पहुँच जाती है। प्लाज़्मा तरंगों के समान ही एक प्लाज़्मा अस्थिरता अनुदैर्घ्य अथवा अनुप्रस्थ हो सकती है जहाँ अनुदैर्घ्य का अर्थ है चुम्बकीय क्षेत्र क्षोभ की अनुपस्थिति में तरंग सदिश k समय परिवर्ती विद्युत क्षेत्र E_1 के समानान्तर है, $k \parallel E_1$ एवं अनुप्रस्थ का अर्थ है आवेश घनत्व क्षोभ की अनुपस्थिति में (लम्बवत) है।

प्लाज़्मा में लगभग 60 अस्थिरताओं की उत्पत्ति हो सकती है एवं इन प्लाज़्मा अस्थिरताओं को कई प्रकार से वर्गीकृत किया जा सकता है:

1. नाम आधारित अस्थिरताएँ: बुनेमन अस्थिरता (स्थिर आयन पृष्ठभूमि में से गुजरती हुई इलेक्ट्रॉन किरण-पुंज जिससे आवेश असंतुलन होता है), वेबेल अस्थिरता (इलेक्ट्रॉन तापमान विषमदैशिकता के कारण चुम्बकीय क्षेत्र क्षोभ का प्रवर्धन), रैले-टेलर (RT)

अस्थिरता (एक घनत्व ढाल वाले आसमान प्लाज़्मा पर बाहरी गैर-विद्युतचुम्बकीय बल प्रयोग), केल्विन-हेल्मोल्ट्ज़ अस्थिरता (विभिन्न प्लाज़्मा परतों के बीच परस्पर अपरूपण आवेग), आदि।

2. सैद्धांतिक अस्थिरताएँ: आदर्श एमएचडी अस्थिरता (एक अनंत चालकता वाले प्लाज़्मा, जहाँ विद्युत क्षेत्र आवेश गति के कारण तुरंत आवरणित हो जाता है, में विभिन्न दाब, धारा एवं अपरूपण आवेग द्वारा विमोचित), प्रतिरोधी प्लाज़्मा अस्थिरता (एक सीमित प्रतिरोधी प्लाज़्मा में जो चुम्बकीय रेखाओं को प्लाज़्मा में चुम्बकीय द्वीप बनाने देता है जिससे प्रतिरोधी विदारणी विधाएँ उत्पन्न होती हैं), गतिक अस्थिरता (प्लाज़्मा कणों वे आवेग वितरण में धनात्मक प्रवणता की उपस्थिति), आदि।
3. भौतिक संरचनाओं वाली अस्थिरताएँ: द्वि-धारा अस्थिरता (दो सापेक्षित विपरीत दिशाओं में बहती आवेशित कण धाराएँ), दुम-में-उभार अस्थिरता (किसी वेग वितरण में धीमे कणों की तुलना में अधिक तीव्र कणों का होना), तंतुका अस्थिरता (किरण-पुंज के बहाव की दिशा के अभिलम्ब में चुम्बकीय क्षेत्र में तन्तु बनना; देखें चित्र 3), ऐंठ अस्थिरता (एक साम्य प्लाज़्मा स्तम्भ में चुम्बकीय क्षेत्र प्रवणता के कारण ऐंठन का बनना; देखें चित्र 3), सॉसेज अस्थिरता (चुम्बकीय क्षेत्र में डूबे हुए एक प्लाज़्मा स्तम्भ में एक तश्तरी के आकार की संरचना का बनना), गुब्बारा अस्थिरता (आंतरिक प्लाज़्मा दाब के कारण लंबे गुब्बारे या अंगुलियों जैसी प्लाज़्मा संरचनाओं का निर्माण), आदि।



चित्र 3. प्लाज़्मा तरंगों का प्रजनन

4. अन्य प्लाज़्मा अस्थिरताएँ: अनुनादी अस्थिरता (वेग समष्टि में उन कुछ प्लाज़्मा कणों का लंडाउ अवमंदन में भाग लेना जिनका वेग तरंग के प्रावस्था वेग के निकट होता है), अननुनादी अस्थिरता (तापीय वितरण सहित वेबेल अस्थिरता, शीत सीमा में बुनेमन अस्थिरता, आदि), सूक्ष्म-अस्थिरता (सूक्ष्म पैमानों पर स्थानिक समांग एवं वेग वितरण फलन में विषमदैशिकता जो प्रक्षोभ को जन्म दे सके), स्थूल-अस्थिरता (एमएचडी अथवा द्वि-तरल आदर्श द्वारा परिभाषित स्थानिक पुनर्विन्यास पर प्लाज़्मा में जनित), निम्न-आवृत्ति अस्थिरता (इलेक्ट्रॉन, ω_{pe} अथवा आयन, ω_{pi} प्लाज़्मा आवृत्तियों अन्यथा

इलेक्ट्रॉन, ω_{ce} अथवा आयन, ω_{ci} घूर्णन आवृत्तियों से नीचे की आवृत्तियों पर होने वाली अस्थिरता), उच्च-आवृत्ति अस्थिरता (उच्च प्लाज़्मा आवृत्तियों पर होने वाली सूक्ष्म-अस्थिरता), आदि।

3.2 प्लाज़्मा प्रक्षोभ

प्लाज़्मा तंत्रों के अनेक भू-भौतिक, खगोलीय अथवा प्रयोगशाला पैमाने हो सकते हैं। भू-भौतिक पैमाने पर प्लाज़्मा पृथ्वी के आयनमंडल एवं बहिर्मंडल में उपस्थित है। खगोलीय पैमाने पर प्लाज़्मा की उपस्थिति अनेक अंतर्ग्रहीय अन्तरिक्ष परिघटनाओं को आरंभ कर सकती है। प्रयोगशाला में प्लाज़्मा पैमाने धातुओं, अर्द्ध-चालक, प्लाज़्मा-प्रवर्धक, संलयन रिएक्टर, आदि में प्रस्तुत हो सकते हैं।

प्लाज़्मा प्रक्षोभ, प्लाज़्मा तरल में एक अस्त-व्यस्त गमन है जिसमें कई पैमानों पर संरचनाओं का निर्माण होता है अथवा दाब, बहाव-गति, संख्या-घनत्व जैसे स्थूलदर्शी प्राचालों में विशाल उतार-चढ़ाव आते हैं अथवा स्थानिक पैमानों के बेच ऊर्जा का आरेखीय स्थानांतरण होता है। प्लाज़्मा पर टकराने वाली एक इलेक्ट्रॉन किरण-पुंज अपने वेग, संख्या-घनत्व एवं आकार के आधार पर एक प्रक्षोभ को जन्म दे सकती है। इसी प्रकार एक बेलनाकर कक्ष में विद्युत धारा से घेरकर एक स्थायी-अवस्था चुम्बकीय क्षेत्र द्वारा प्रजनित प्लाज़्मा भी प्रक्षोभ को विमोचित कर सकता है यदि पृष्ठभूमि के चुम्बकीय क्षेत्र को इतना बढ़ाया जाए कि वह एक पूर्वनिर्धारित निम्न-सीमा को पार कर जाए।

इन सभी उदाहरणों से यह स्पष्ट है कि प्रक्षोभ उसी स्थिति में उभरता है जब कोई भौतिक प्राचाल - वेग, संख्या-घनत्व, विद्युत अथवा चुम्बकीय क्षेत्र अरैखिकता के कारण एक निम्न-सीमा को पार कर जाए। प्रक्षोभ का प्रारम्भ दबी हुई अस्थिरताओं के अनुग्रहित परिस्थितियों में उत्तेजित होने से होता है जो प्लाज़्मा तंत्र के स्थूलदर्शी परिवहन गुणधर्मों में विशिष्ट असंगति को जन्म देता है जैसे विद्युत चालकता, विसरण, ऊष्मा चालान, आदि।

प्लाज़्मा प्रक्षोभ तब होता है जब प्लाज़्मा तरंगों से संबद्ध किसी आवेशित कण (इलेक्ट्रॉन या आयन) का वेग उन प्लाज़्मा तरंगों के प्रावस्था वेग के तुलनात्मक हो जाए। हाइड्रोमैग्नेटिक प्रवृत्ति में कण एवं तरंग प्रावस्था वेग अनुपात $\Delta B/B$ से युग्मित होते हैं एवं $\Delta B/B = 1$ पर सबसे तीव्र प्रक्षोभ होता है। यहाँ B चुम्बकीय क्षेत्र है व ΔB चुम्बकीय क्षेत्र में होने वाला सूक्ष्म बदलाव है। इसके अतिरिक्त प्रक्षोभ से सम्बद्ध चुम्बकीय क्षेत्र दिशा में कोणीय विचलन लगभग ± 1 रेडियन है।

अन्तरिक्ष में प्लाज़्मा तरंगों के प्रजनन का सम्पूर्ण घटनाक्रम चित्र 4 में दर्शाया गया है।



चित्र 4. प्लाज़्मा तरंगों का प्रजनन

4. प्लाज़्मा तरंगों का मापन

प्लाज़्मा तरंगों के संसूचन के लिए निम्नलिखित प्लाज़्मा प्रचालों की आवश्यकता पड़ती है:

- समय के साथ बदलता प्लाज़्मा तरंग का विद्युत क्षेत्र जो स्थिर-वैद्युत (ES) एवं विद्युत-चुम्बकीय (EM) दोनों के लिए मान्य है।
- समय के साथ बदलता प्लाज़्मा तरंग का चुम्बकीय क्षेत्र जो केवल विद्युत-चुम्बकीय (EM) के लिए मान्य है।
- स्थानीय प्लाज़्मा प्रचाल - इलेक्ट्रॉन एवं आयन संख्या घनत्व।
- स्थानीय प्लाज़्मा प्रचाल - इलेक्ट्रॉन एवं आयन प्लाज़्मा तापमान।
- स्थानीय स्थायी-दशा चुम्बकीय क्षेत्र।

इन प्राचालों को विभिन्न उपकरणों द्वारा मापा/अनुमानित किया जाता है जिन्हें तालिका 1 में दिया गया है:

तालिका 1

| उपकरण | वैज्ञानिक लक्ष्य | प्राचाल | आवश्यक मापन |
|------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| लेंगमियर सलाई (LP) | इलेक्ट्रॉन प्लाज़्मा प्राचाल मापन | इलेक्ट्रॉन संख्या घनत्व, n_e इलेक्ट्रॉन तापमान, T_e | सम्पूर्ण I-V लक्षण इलेक्ट्रॉन एवं आयन संतृप्ति धारा |
| विद्युत क्षेत्र संवेदक (EFS) | दोलित प्लाज़्मा तरंग विद्युत क्षेत्र | दोनों ES एवं EM के लिए आवृत्ति, f ($= \omega/2\pi$) तरंग विद्युत क्षेत्र का | सभी आवृत्तियों पर त्रिअक्षीय विद्युत क्षेत्र |

| | | | |
|------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| | | परिमाण, E_1 | |
| प्रवाहद्वार चुम्बकमापी (FGM) | स्थानीय स्थायी-दशा चुम्बकीय क्षेत्र | चुम्बकीय क्षेत्र का परिमाण B_0 (B_x, B_y, B_z) | त्रिअक्षीय दिगीय एवं कालिक चुम्बकीय क्षेत्र परिवर्तन |
| खोज-कुंडली चुम्बकमापी (SCM) | दोलित प्लाज़्मा तरंग चुम्बकीय क्षेत्र | मात्र EM के लिए आवृत्ति, f ($= \omega/2\pi$) तरंग चुम्बकीय क्षेत्र परिमाण, M_1 | सभी आवृत्तियों पर त्रिअक्षीय चुम्बकीय क्षेत्र |
| मंद-विभव विश्लेषक (RPA) | आयन प्लाज़्मा प्राचाल मापन | समष्टि आयन संख्या घनत्व, n_i समष्टि आयन तापमान, T_i | आयन धारा |

इन इलेक्ट्रॉन, आयन एवं विद्युत / चुम्बकीय क्षेत्र प्राचालों का उपयोग करते हुए प्लाज़्मा की विशिष्ट आवृत्तियों, वेगों एवं अन्य प्लाज़्मा प्राचालों का आकलन किया जाता है जिन्हें तालिका 2 में संकलित किया गया है:

तालिका 2

| क्रमांक | प्लाज़्मा प्राचाल | मापी हुई राशि/नियतांक | मान |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| 1. | इलेक्ट्रॉन घूर्णन आवृत्ति, $\omega_c = 2\pi eB_0/m_e$ | B_0, e, m_e | $2.8 \times 10^6 B_0 \text{ Hz}$ |
| 2. | आयन घूर्णन आवृत्ति, $\Omega_c = 2\pi (ZeB_0) / m_i$ | B_0, m_i, m_p, Z $\mu = m_i/m_p$ | $1.52 \times 10^3 Z\mu^{-1} B_0 \text{ Hz}$ |
| 3. | इलेक्ट्रॉन प्लाज़्मा आवृत्ति, $\omega_{pe} = 2\pi (e^2 n_e / m_e \epsilon_0)^{1/2}$ | n_e, e, m_e, ϵ_0 | $8.98 \times 10^3 n_e^{1/2} \text{ Hz}$ |
| 4. | आयन प्लाज़्मा आवृत्ति, $\omega_{pi} = 2\pi (Z^2 e^2 n_i / m_i \epsilon_0)^{1/2}$ | $Z, e, n_i, m_i, \epsilon_0$ | $2.1 \times 10^2 Z\mu^{-1/2} n_i^{1/2} \text{ Hz}$ |
| 5. | इलेक्ट्रॉन तापीय वेग, $v_{the} = (K_B T_e / m_e)^{1/2}$ | K_B, T_e, m_e | $4.19 \times 10^5 T_e \text{ m/sec}$ |
| 6. | आयन ध्वनि वेग, $v_s = (\gamma Z K_B T_e / m_i)^{1/2}$ | $k, T_e, m_i, Z, \gamma, \mu$ $\mu = m_i/m_p, \gamma = c_p/c_v$ | $9.79 \times 10^3 (\gamma Z T_e / \mu)^{1/2} \text{ m/sec}$ |
| 7. | आयन तापीय वेग, $v_{thi} = (kT_i/m_i)^{1/2}$ | K_B, T_i, m_e | $9.79 \times 10^3 T_i^{1/2} \mu^{-1/2} \text{ m/sec}$ |
| 8. | डिबाई लंबाई, $\lambda_D = (K_B T_e / e^2 n_e)^{1/2}$ | K_B, T_e, n_e, e | $7.43 T_e^{1/2} n_e^{-1/2} \text{ m}$ |
| 9. | आल्फ़वेन वेग, $v_A = B_0 / (\mu_0 \rho)^{1/2}$ | B_0, μ_0, ρ, μ $\rho = n_i m_i, \mu = m_i/m_p$ | $2.18 \times 10^9 \mu^{-1/2} n_i^{-1/2} B_0 \text{ m/sec}$ |

यहाँ, B_0 पृष्ठभूमि चुम्बकीय क्षेत्र है, e इलेक्ट्रॉन आवेश, m_e इलेक्ट्रॉन भार, Z परमाणु संख्या, m_i आयन भार, m_p प्रोटोन भार, c प्रकाश गति, ϵ_0 मुक्त अन्तरिक्ष में विद्युतशीलता, K_B बोल्ट्ज़मन स्थिरांक, T_e इलेक्ट्रॉन तापमान, γ विशिष्ट ऊष्माओं का अनुपात, μ_0 मुक्त अन्तरिक्ष में चुंबकशीलता चुम्बकशीलता, ρ आयन भार घनत्व, n_i आयन संख्या घनत्व।

इन विभिन्न मानों को एक परिक्षेपण संबंध में निविष्ट करके एक प्लाज़्मा तरंग को खोजा जा सकता है। कुछ प्लाज़्मा तरंगों के परिक्षेपण संबंध तालिका 3 में दिए गए हैं:

तालिका 3

| क्रमांक | तरंग का नाम | तरंग का प्रकार | संचरण अवस्था | परिक्षेपण संबंध |
|---------|---------------------------|----------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | इलेक्ट्रॉन घूर्णन तरंग | ES | $k \perp B_0$ | $\omega^2 = \omega_c^2 + k^2 v_{the}^2$ |
| 2. | प्रोटोन / आयन घूर्णन तरंग | ES | $k \perp B_0$ (लगभग) | $\omega^2 = \Omega_c^2 + k^2 v_s^2$ |
| 3. | मिश्र-विधा तरंग | ES | $k \parallel B_0$ or $k \perp B_0$ | $\omega^2 = \Omega_{c1}\Omega_{c2} + k^2 v_{thi}^2$ |
| 4. | लैंगमियर तरंग | ES | $B_0 = 0$ or $k \parallel B_0$ | $\omega^2 = \omega_{pe}^2 + (3/2) k^2 v_{the}^2$ |
| 5. | आयन ध्वनि तरंग | ES | $B_0 = 0$ or $k \parallel B_0$ | $\omega^2 = k^2 v_s^2 = k^2 [(\gamma_e K_B T_e + \gamma_i K_B T_i)/m_i]$ |
| 6. | निम्न संकर तरंग | ES | $k \perp B_0$ (पूर्ण रूप से) | $\omega^2 = \omega_{LH}^2 \{1 + (m_i/m_e) k_{\parallel}^2 / [k_{\parallel}^2 + k_{\perp}^2]\}^{-1}$ |
| 7. | व्हिस्लर तरंग | EM | $k \parallel B_0$ | RH: $c^2 k^2 / \omega^2 = 1 - (\omega_{pe}^2 / \omega^2) / [1 - (\omega_{ce} / \omega)]$ LH: $c^2 k^2 / \omega^2 = 1 - (\omega_{pe}^2 / \omega^2) / [1 + (\omega_{ce} / \omega)]$ |
| 8. | आल्फ़वेन तरंग | EM | $k \parallel B_0$ | $\omega^2 = k^2 v_A^2$, $v_A = B_0 / (\mu_0 \rho)^{1/2}$ |
| 9. | मैग्नेटोसोनिक तरंग | EM | $k \perp B_0$ | $\omega^2 / k^2 = c^2 (v_s^2 + v_A^2) / (c^2 + v_A^2)$ |

इस तालिका में, k तरंग सदिश, ω तरंग कोणीय आवृत्ति, γ_e इलेक्ट्रॉन स्वातंत्र्य कोटि, γ_i आयन स्वातंत्र्य कोटि, ω_{LH} is निम्न संकर अनुनाद आवृत्ति, $k_{\parallel} B_0$ के समानान्तर तरंग सदिश एवं $k_{\perp} B_0$ के अभिलम्ब तरंग सदिश है।

एक उपयुक्त परिक्षेपण संबंध से एक विशिष्ट प्लाज़्मा तरंग का अस्तित्व इस प्रकार स्थापित किया जा सकता है। उदाहरणतः लेंगमियर तरंग का परिक्षेपण संबंध $\omega^2 = \omega_p^2 + (3/2) k^2 v_{th}^2$ है। अब इसमें स्थानीय परिवर्ती ω को त्रिअक्षीय EFS से मापा जा सकता है; स्थानीय ω_{pe} का अनुमान LP द्वारा n_e नापने से लगाया जा सकता है एवं स्थानीय v_{the} का अनुमान LP द्वारा T_e नापने से लगाया जाता है। इसके पश्चात k की एक लघु परास के लिए यह परिक्षेपण संबंध संतुष्ट हो जाएगा तथा उस स्थान पर लेंगमियर तरंग का अस्तित्व स्थापित हो जाएगा।

प्लाज़्मा तरंग की पहचान के बाद उस भौतिक प्रक्रम की खोज आरंभ होती है जो इस प्लाज़्मा तरंग की उत्पत्ति के लिए उत्तरदायी है। प्लाज़्मा तरंगों के प्रजनन के कुछ संभावित कारण तालिका 4 में दिए गए हैं:

तालिका 4

| क्रमांक | प्लाज़्मा तरंग | संभावित कारण |
|---------|---------------------------|-------------------------------------------------------|
| 1. | लेंगमियर तरंग | द्वि-धारा अस्थिरता |
| 2. | इलेक्ट्रॉन घूर्णन तरंग | इलेक्ट्रॉन घूर्णन अनुनाद |
| 3. | आयन ध्वनि तरंग | आयन-धारा अस्थिरता |
| 4. | प्रोटोन / आयन घूर्णन तरंग | आयन घूर्णन अनुनाद |
| 5. | व्हिस्लर तरंग | आयनमंडल में तड़ित (बिजली कौंधना) |
| 6. | निम्न संकर तरंग | इलेक्ट्रॉन-ऊष्मा-अभिवाह अस्थिरता |
| 7. | मिश्र-विधा तरंग | बहु-आयन प्रकार सहित निम्न-घना प्लाज़्मा |
| 8. | आल्फ़वेन तरंग | आयन चुनकर चुम्बकीय क्षेत्र से साथ चलता चुम्बकीय क्षोभ |
| 9. | मैग्नेटोसोनिक तरंग | आयन चुनकर चुम्बकीय क्षेत्र से अभिलम्ब चुम्बकीय क्षोभ |

5. उपसंहार

अन्तरिक्ष में प्लाज़्मा तरंगों के अध्ययन का अपना महत्व है जिससे किसी भी भाग में होने वाले विभिन्न भौतिकी प्रक्रमों को समझने में सहायता मिलती है। निकट भविष्य में इसरो द्वारा भी एक अंतरिक्षयान शुक्र ग्रह के अध्ययन के लिए प्रस्तावित है। अन्य प्रयोगों के साथ इस अंतरिक्षयान पर एक विशेष प्रयोग VIPER (शुक्र आयनमंडलीय प्लाज़्मा तरंग संसूचक) प्रदायभार चयनित है जो शुक्र ग्रह के चारों ओर प्लाज़्मा तरंगों के प्रजनन एवं उनके विचरण का अध्ययन करेगा। इस प्रदायभार की परिकल्पना में प्लाज़्मा तरंगों की खोज के लिए ऊपर दी गई क्रियाविधि का ही उपयोग किया गया है। VIPER एक बहुआयामी प्रयोग है जिसमें चार उपकरण सम्मिलित हैं - LP, EFS, FGM एवं SCM। इस प्रदायभार की अनेक

विशिष्टताओं में से एक यह भी है कि पहली बार शुक्र ग्रह पर LP एवं SCM भेजे जा रहे हैं। इस प्रदायभार के विकास में अन्तरिक्ष भौतिकी प्रयोगशाला (एसपीएल), विक्रम साराभाई अन्तरिक्ष केंद्र (वीएसएससी) एवं विद्युत-प्रकाशिकी तंत्र प्रयोगशाला (लिओस) यूआर राव उपग्रह केंद्र (यूआरएससी) एक साथ मिलकर कार्य कर रहे हैं।

संदर्भ

1. Vipin K. Yadav, "Design Document of the VIPER payload onboard Venus Orbiter Mission", ISRO-VSSC-DR-0615-0-21; December 2021.

लेखक परिचय -



डॉ विपिन कुमार यादव ने सन 2005 में गुजरात विश्वविद्यालय से प्लाज़्मा भौतिकी में PhD करने के बाद 2006 में इसरो से जुड़े व सर्वप्रथम भारत-रूस की संयुक्त परियोजना RT-2 के प्रदायभारों को साकार करने में अपना विशिष्ट योगदान दिया। तत्पश्चात, भारत के मंगल कक्षित्र अभियान के अन्तरिक्षयान पर अवस्थित MENCA प्रदायभार को साकार करने में उप-परियोजना प्रबन्धक के रूप में अपना सहयोग दिया। चंद्रयान-2 चंद्रमा अभियान के दो प्रदायभारों - CHACE-2 व RAMBHA-LP को विकसित करने में परियोजना प्रबन्धक के रूप में अपना महत्वपूर्ण योगदान दिया है। वर्तमान में आदित्य-L1 सौर अभियान के प्रदायभार FGM के तथा प्रथम शुक्र अभियान पर अवस्थित VIPER के ये मुख्य अन्वेषक हैं। वे लगभग 20 राष्ट्रीय एवं अंतर्राष्ट्रीय वैज्ञानिक संघों के आजीवन सदस्य हैं। अन्तरिक्ष प्लाज़्मा भौतिकी विशेषतः अन्तरिक्ष में प्लाज़्मा तरंगों के अध्ययन में इनकी विशेष रुचि है।

भविष्य में प्रमोचन यान जाँच पड़ताल प्रणालियों में एकीकृत अवधारणा तथा एकल संचालक कंसोल सिद्धांत का कार्यान्वयन

लेखक – पवन कुमार मंगल¹, बीजू जी², सतीश कुमार आर³, श्यामकुमार यू⁴, शूजा ए⁵

वैज्ञानिक/अभियंता-एसएफ, एससीओडी, pavankumar_mangal@vssc.gov.in¹

अनुभाग प्रधान/एलएलसीएस², प्रभाग प्रधान/एससीओडी³,

ग्रुप निदेशक/सीएसओजी⁴, उप निदेशक/एमवीआईटी⁵

वीएसएससी

सारांश

प्रमोचन यान के विभिन्न चरणों एवं समाकलित प्रमोचन यान की जाँच पड़ताल गतिविधियों, परीक्षण तथा उड़ान संबंधी अनुक्रमों को जाँच पड़ताल प्रणालियों द्वारा समापित किया जाता है। जाँच पड़ताल प्रणालियों में उन्नत एवं उभरती प्रौद्योगिकियों के साथ-साथ एकीकृत अवधारणा तथा एकल संचालन कंसोल सिद्धांत का विकास एवं क्रियान्वयन, भविष्य की आवश्यकताओं जैसे प्रमोचन अभियान में समय एवं श्रमशक्ति की बचत, अधिक प्रमोचन आवृत्ति इत्यादि को ध्यान में रखकर जरूरी है। विभिन्न कार्यक्षेत्रों में समानांतर जाँच गतिविधियों के समापन हेतु अलग-अलग जाँच पड़ताल प्रणालियों की तैनाती में एकीकृत अवधारणा एवं एकल संचालन कंसोल सिद्धांत का समावेश अभियान के समय, कुल लागत एवं विशेषज्ञ मानव संसाधनों की बचत में एक महत्वपूर्ण भूमिका निभा सकता है। मिशन प्रारूपण बदलाव की वजह से जाँच पड़ताल प्रणालियों में अपेक्षित परिवर्तन, इनके प्रारूप एवं विकास प्रौद्योगिकी में एकरूपता के कारण कम समय में किया जा सकता है तथा गुणवत्ता मानकों को भी यथावत बनाए रखा जा सकता है। जाँच पड़ताल प्रणालियों के मुख्य अवयवों हार्डवेयर एवं सॉफ्टवेयर के क्षेत्र में एकीकृत अवधारणा इनके गतिमान विकास एवं कार्यान्वयन में महत्वपूर्ण भूमिका अदा करेगी।

1. परिचय : प्रमोचन यान जाँच पड़ताल प्रणालियाँ

प्रमोचन यान उड़ान एक जटिल प्रक्रम और मिश्रित प्रक्रिया है जिसमें विभिन्न तकनीकी विशेषज्ञों तथा इलेक्ट्रॉनिक्स एवं यांत्रिक उपकरणों को एक घटक के रूप में कार्यों का निष्पादन एवं किसी विसंगति की स्थिति में सुरक्षित तरीके से समापन युक्ति का निष्पादन करना होता है। प्रमोचन में विभिन्न ऑन-बोर्ड एवं जमीनी वैमानिकी संकुलों व उपकरणों सामंजस्य ढंग से क्रियाविधि द्वारा नियत कार्यों का सम्पूर्ण करना महत्वपूर्ण है।

प्रमोचन यान की विभिन्न चरणों, समाकलित यान एवं उसके उत्थापन तक विभिन्न स्तर के जाँच पड़ताल प्रक्रियाओं में प्रमोचन यान जाँच पड़ताल प्रणालियों का महत्वपूर्ण योगदान है। प्रमोचन यान जाँच पड़ताल प्रणालियों को प्रमुखतया निम्न भागों में विभाजित किया जा सकता है।

- ✚ प्रमोचन यान उपसंयोजन या चरण जांच पड़ताल प्रणालियाँ
- ✚ समाकलित प्रमोचन यान जांच पड़ताल प्रणालियाँ

प्रमोचन यान की विभिन्न चरणों एवं समाकलित प्रमोचन यान की विभिन्न जांच पड़ताल गतिविधियों व परीक्षण (विद्युतिय एवं यांत्रिकी) तथा उड़ान सम्बन्धी अनुक्रमों को जाँच पड़ताल प्रणालियों द्वारा प्रमोचन के अंतिम क्षणों तक स्वचालित पद्धति द्वारा समापित किया जाता है | प्रमोचन यानों की अलग-अलग चरणों की भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन के विभिन्न केन्द्रों एवं अन्य कार्यस्थलों पर चरणबद्ध तरीके से जाँच पड़ताल की जाती है | इसमें चरणबद्ध जाँच पड़ताल एवं समाकलित यान की जाँच पड़ताल एम्बिलिकलों (Umbilicals) द्वारा की जाती है |

प्रमोचन यान चरण जांच पड़ताल प्रणालियों को मुख्यतया दो भागों में विभाजित किया जा सकता है।

- 1) द्रवीय चरण जांच पड़ताल प्रणालियाँ
- 2) ठोस नोदन चरण जांच पड़ताल प्रणालियाँ

प्रमोचन यान की चरण एवं समाकलित यान जांच पड़ताल प्रणालियाँ इसके विन्यास की विभिन्न परिस्थितियों जैसे समापन, विफलता, अतिरेक, मानवीय त्रुटि, हार्डवेयर एवं साफ्टवेयर दोष इत्यादि के मद्देनजर पूर्ण तरीके से परीक्षण करती है।

विद्युतिय एवं यांत्रिकी जाँच पड़ताल कार्यों के क्रियान्वयन/निष्पादन हेतु अलग-अलग चरण जाँच पड़ताल प्रणालियों को विभिन्न कार्यस्थलों पर स्थापित किया गया है जिससे यानों की विभिन्न चरणों का समानांतर ढंग से जाँच पड़ताल प्रक्रियाओं का संचालन किया जा सके |

इसी प्रकार समाकलित प्रमोचन यान के लिए प्रमोचन मंच की स्थिति एवं प्रणाली विन्यास के अनुसार अलग-अलग प्रमोचन नियंत्रण केन्द्रों व प्रमोचन मंच के पास स्थित टर्मिनल कक्षों द्वारा जाँच पड़ताल प्रणालियों का संचालन किया जाता है | एकीकृत अवधारणा एवं एकल संचालन कंसोल सिद्धांत के विभिन्न लाभों को देखते हुए जाँच पड़ताल प्रणालियों के प्रारूप एवं विकास में इनका क्रियान्वयन जरूरी है |

2. प्रमोचन यान जाँच पड़ताल प्रणालियों में एकीकृत अवधारणा

विभिन्न प्रमोचन यान परियोजनाओं में जाँच पड़ताल प्रणालियों का इनके विकास की प्रथम अवस्था विद्युतिय जाँच से लेकर प्रमोचन गतिविधियों तक यांत्रिकी एवं विद्युतिय तरीके से जाँच पड़ताल के लिए किया जाता है | जांच पड़ताल प्रणालियों के मुख्य कार्य निम्न प्रकार है |

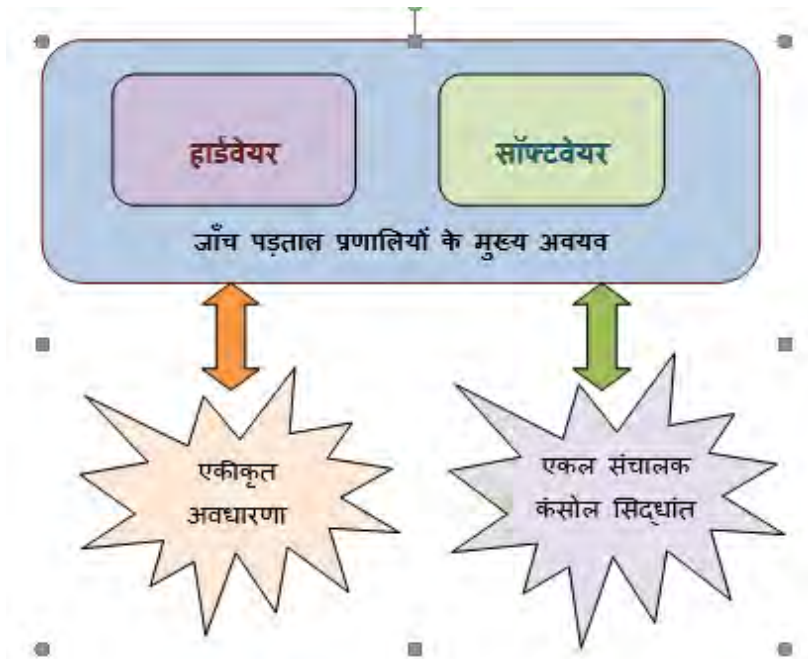
- ✚ प्रमोचन यान स्थित वैमानिकी संकुलों (एवोनिकी पैकेजों) को बाह्य विद्युतिय शक्ति प्रदान करना |
- ✚ अंतरापृष्ठ के साथ क्रमिक जांच पड़ताल इकाई (SCUBI) आदेश एवं निगरानी |

- ✚ नियंत्रण प्रणालियों के स्वास्थ्य की जाँच |
- ✚ विभिन्न वाल्वों का संचालन एवं परीक्षण (खोलने एवं बंद करने के लिए आवश्यक विद्युतिय धारा एवं समय मापन) तथा उनकी स्थिति का अभिज्ञान |
- ✚ इलेक्ट्रो-यांत्रिकी गतिदायक को विद्युतिय शक्ति देना एवं उसके प्राचलों की सशर्त निगरानी व उचित प्रावधान |
- ✚ समापन प्राचलों एवं क्रांतिक प्राचलों की सशर्त निगरानी एवं स्वचालित निर्णय प्रणाली|
- ✚ दूरसंचार प्रणाली कार्यान्वयन का परीक्षण प्रावधान |
- ✚ उड़ान अनुक्रमों सम्बन्धी आदेशों के पालन की सभी परिस्थितियों में जाँच का प्रावधान |
- ✚ सभी परिस्थितियों का अवलोकन एवं उड़ान अनुक्रमण का स्वचालित संचालन |
- ✚ दूरमिति डाटा संग्रहण, निस्तारण व प्रसंकरण प्रक्रिया |

इन कार्यों के सफलतापूर्वक कार्यान्वयन हेतु जाँच पड़ताल प्रणालियों का प्रारूप, विकास एवं परिचालन अत्यन्त ही सरल होना जरूरी है जो कि इनकी एकीकृत प्रारूप अवधारणा एवं एकल संचालन कंसोल सिद्धांत द्वारा प्राप्त किया जा सकता है | इसी क्रम में प्रमोचन यान जाँच पड़ताल प्रणालियों के प्रारूप, विकास एवं संचालन में प्रमुख अंग है |

क) हार्डवेयर

ख) सॉफ्टवेयर



चित्र-1: जाँच पड़ताल प्रणालियों के अवयव एवं उनका विकास सिद्धांत

अलग-अलग प्रमोचन यानों जैसे पीएसएलवी, जीएसएलवी-मार्क II, जीएसएलवी-मार्क III, जीएसएलवी-मार्क IV आदि की विभिन्न चरणों के लिए जाँच पड़ताल प्रणालियों के प्रारूपण एवं विकास में

एकरूपता (एकीकृत अवधारणा) लाकर कार्यान्वयन समय तथा तकनीकी मानव संसाधनों की बचत की जा सकती है | इसी प्रकार प्रमोचन मंच पर प्रमोचन यान की विद्युतिय एवं यांत्रिकी जाँच पड़ताल के लिए सम्बंधित प्रणालियों के विन्यास को अनुकूलित रूप से समायोजित कर प्रमोचन आवश्यकताओं को कम लागत पर पूरा किया जा सकता है |

हार्डवेयर के क्षेत्र में सभी हार्डवेयर प्रणालियों का प्रारूप एक समान लेकिन उनका कार्य प्रणाली गणनांक, प्रमोचन यान चरण के ऑन-बोर्ड वैमानिकी संकुलों के अनुसार घटाया या बढ़ाया जा सकता है | अतः एकीकृत हार्डवेयर प्रणाली के विकास से प्रतिस्थापन के लिए अतिरिक्त हार्डवेयर की आवश्यकता कम होगी तथा इन हार्डवेयर इकाईओं को अलग-अलग जाँच पड़ताल प्रणालियों में आवश्यकतानुसार उपयोग किया जा सकेगा और अंतराफलक में शून्य या लघु परिवर्तन की आवश्यकता होगी |

जाँच पड़ताल प्रणालियों के हार्डवेयर इकाईओं में मुख्य अवयव निम्न प्रकार है |

- ✚ हार्डवेयर अंतराफलक कार्ड |
- ✚ हार्डवेयर रिले / स्विच कार्ड |
- ✚ हार्डवेयर एकदिश विद्युतिय धारा मापन सेंसर कार्ड |
- ✚ हार्डवेयर ऑन-बोर्ड विद्युतिय पृथक्करण कार्ड |
- ✚ अंतराफलक वायरिंग बॉक्स |
- ✚ एम्ब्लिकल अंतराफलक |
- ✚ एकदिश धारा विद्युतिय शक्ति प्रदायक रैक |
- ✚ तारित रैक एवं हार्डवेयर कार्ड जंजाल / जाल |

उपरोक्त अवयवों द्वारा विद्युतिय आदेश संख्या एवं निगरानी प्राचलों की संख्या के विकास के हिसाब से जाँच पड़ताल प्रणालियों के हार्डवेयर का विन्यास प्रारूपित किया जा सकता है |

एकीकृत अवधारणा द्वारा सभी अवयवों का निर्माण कम समय में अच्छी गुणवत्ता के साथ किया जा सकता है तथा इन्हें विभिन्न जाँच पड़ताल प्रणालियों में बिना किसी विन्यास परिवर्तन के परस्पर विनिमय किया जा सकता है |

हार्डवेयर लाइनों की संख्या अंतराफलक बॉक्स की सहायता से ऑनबोर्ड वैमानिकी संकुलों की आवश्यकतानुसार व्यवस्थित की जा सकती है तथा अंतराफलक में एकरूपता को भी बरकरार रखा जा सकता है | अतः एक ही अंतराफलक बॉक्स विभिन्न परिवर्तन या लघु निरूपण के साथ उपयोग में लिया जा सकता है |

सॉफ्टवेयर के क्षेत्र में जाँच पड़ताल प्रणालियों में एकीकृत अवधारणा अधिक उपयोग में आने वाले सॉफ्टवेयर माइयूल को एक संचलय के रूप में विकसित करने पर जोर देती है | वर्तमान में लगभग सभी जाँच पड़ताल प्रणालियों के सॉफ्टवेयर का विकास लिनक्स (LINUX) ऑपरेटिंग प्रणाली में आंतरिक रूप से विकसित विभिन्न संचलयों जैसे पेस (PACE - अग्रिम जाँच पड़ताल इंजन) एवं इसके विभिन्न संस्करण (उपयोगिता के हिसाब से), सॉफ्टवेयर

माइयूल का संचलय (SLIC), नेटवर्क कोड संचलय (NIC) इत्यादि का उपयोग करते हुए परिरुपित किया गया है ।

साथ ही सॉफ्टवेयर का विकास इस तरह किया गया है कि दूरस्थ एवं प्रमोचन नियंत्रण केंद्र एक समान निष्पादन सॉफ्टवेयर फ़ाइल का उपयोग करें तथा प्रमोचन यान मिशन की आवश्यकता के अनुसार डाटा बेस एवं परिरुपण फ़ाइल में परिवर्तन किया जा सकें ।

इस तरह जाँच पड़ताल प्रणालियों के मुख्य अवयवों हार्डवेयर एवं सॉफ्टवेयर के प्रारूपण, विकास एवं कार्यान्वयन में एकीकृत अवधारणा बहुत लाभों को समाहित किये हुए है । ये निम्न प्रकार है ।

- ✚ मिशन की आवश्यकता अनुसार निरूपण एवं विकास में आसानी ।
- ✚ गुणवत्ता केंद्रित निर्माण या उत्पादन ।
- ✚ कम निर्माण लागत ।
- ✚ सरल कंसोल परिचालन एवं व्यापक तकनीकी जानकारी ।
- ✚ अंतराफलक परिवर्तन में आसानी एवं आपस में हार्डवेयर व सॉफ्टवेयर अवयवों का उपयोग ।
- ✚ पुष्टिकरण एवं गुणवत्ता जाँच में समय एवं प्रयासों की बचत ।
- ✚ कम विशेषज्ञ जानकारी की आवश्यकता ।
- ✚ सॉफ्टवेयर विकास में कम प्रयासों की जरूरत ।

इन्हीं लाभों की वजह से प्रमोचन यान चरणीय एवं समाकलित जाँच पड़ताल प्रणालियों में एकीकृत अवधारणा भविष्य में अधिक प्रमोचन की आवश्यकताओं की पूर्ति एवं त्रुटि रहित संचालन हेतु महत्वपूर्ण होगी ।

3. प्रमोचन यान जाँच पड़ताल प्रणालियों में एकल संचालन कंसोल सिद्धांत का कार्यान्वयन

वर्तमान में अभी तक जाँच पड़ताल प्रणालियाँ वितरित कार्य पद्धति पर आधारित कंसोल विन्यास के साथ प्रारूपित की गई है । सभी कंसोलो को विभिन्न तकनीकी कार्यात्मकता जैसे नौसंचालन एवं दिशा निर्देशन प्रणाली, नियन्त्रण प्रणाली, दूरमिति डाटा अर्जन, निस्तारण व प्रस्संकरण प्रणाली, यान नियन्त्रण कंसोल आदि के अनुसार विभाजित किया हुआ है । प्रमोचन सम्बन्धी कार्याकलापों में इन सभी कंसोलों का परस्पर समाहित तरीके से काम करना जरूरी है तथा ये सभी कंसोल नेटवर्क अंतराफलक द्वारा एक दूसरे से जुड़ी हुई है । इस कार्य पद्धति में सुगम प्रमोचन अभियान जाँच पड़ताल परिचालन की सुविधा का लाभ लिया जा सकता है लेकिन इसमें अधिक विशेषज्ञ मानव संसाधनों एवं ज्यादा जगह की आवश्यकता होती है ।

एकल संचालन कंसोल सिद्धांत सभी कार्य प्रणालियों को एक साथ एक ही कंसोल पर प्रारूपित करने तथा इसका संचालन अत्यधिक स्वचालित एवं कृत्रिम बुद्धिमत्ता आधारित

प्रणालियों द्वारा सम्पन्न करने पर बल देती है | जिससे कम मानव संसाधनों एवं कम पगमार्क के साथ जाँच पड़ताल की विभिन्न आवश्यकताओं को कम लागत पर पूरा किया जा सकता है |

एकल संचालन कंसोल सिद्धांत क्रियान्वयन में मुख्य अवयव निम्न प्रकार है |

- ✚ मुख्य एकल संचालक कंसोल |
- ✚ विशेषज्ञ प्रदर्शन नोड्स |
- ✚ विश्लेषण सॉफ्टवेयर सेट एवं सम्बंधित प्रणालियाँ |

मुख्य एकल संचालक कंसोल सुरक्षा विच्छेदन प्रणाली के साथ वैमानिकी संकुलों को विद्युतिय शक्ति प्रदान करना, आदेशों का अनुपालन, पथ प्रदर्शक प्रणाली एवं स्वचालित अनुक्रमण का संचालन के साथ-साथ समानांतर अतिरिक्तता प्रणाली युक्तियों से सुसज्जित होती है | जाँच पड़ताल प्रणालियों में विशेषज्ञ प्रदर्शन नोड्स को प्रमोचन यान के विभिन्न स्वास्थ्य प्राचलों की पृष्ठभूमि के निरीक्षण पर आधारित संगणक द्वारा निरूपित किया जाता है जिससे लागत कम रहें | वास्तविक समय में अर्जित डाटा के विश्लेषण के अलावा इस डाटा का भंडारण एवं ऑफलाइन विश्लेषण एवं निस्तारण हेतु विश्लेषक सॉफ्टवेयर सेट का विकास किया जाता है |

एकल संचालक कंसोल सिद्धांत के लाभ निम्न प्रकार है |

- ✚ न्यूनतम विशेषज्ञ मानव संसाधन की आवश्यकता |
- ✚ प्रमोचन अभियान में समय की बचत |
- ✚ जाँच पड़ताल प्रणालियों का कम पदमार्क |
- ✚ बजट / लागत में कमी |
- ✚ स्वचालन क्रियाविधि का अनुपालन |

इन लाभों को भुनाने के लिए एकल संचालन कंसोल का इस्तेमाल मानव अंतरिक्ष उड़ान परियोजना के अंतर्गत मंच विफल परीक्षण जाँच पड़ताल प्रणालियों में किया गया तथा वर्तमान में कई प्रमोचन यानों की उपसंयोजन जाँच पड़ताल प्रणालियों तथा श्रीहरिकोटा स्थित प्रमोचन नियंत्रण केंद्र व वीएसएससी स्थित आभासी प्रमोचन नियंत्रण केंद्र में एकल संचालन कंसोल सिद्धांत का क्रियान्वयन किया जा रहा है | नयी प्रमोचन यान चरण / उपसंयोजन जाँच पड़ताल प्रणालियों के प्रारूपण, विकास एवं क्रियान्वयन में एकीकृत अवधारणा का उपयोग किया जा रहा है |

4. निष्कर्ष

जाँच पड़ताल प्रणालियों में एकीकृत प्रारूप तथा एकल संचालन कंसोल सिद्धांत क्रियान्वयन से विकास एवं उत्पादन क्षमता में तीव्रता तथा सुगम एवं स्वचालित परिचालन भविष्य की प्रमोचन आवश्यकताओं के लिए महत्वपूर्ण है | इसी क्रम में सॉफ्टवेयर के क्षेत्र में आंतरिक रूप से विकसित विभिन्न सॉफ्टवेयर माड्यूल संचलयों का उपयोग पुनरावर्तित कोड

कार्य माइयूल के लिए लागू कर जाँच पड़ताल प्रणालियों का प्रारूपण किया जाता है। समान क्रियाओं के लिए बार-बार सॉफ्टवेयर कोड पुष्टिकरण एवं गुणवत्ता जाँच प्रक्रियाओं की बचत, एक स्थान पर परिवर्तन (यदि आवश्यक हो) एवं संगठन में मानक परिरूपण विधि इत्यादि लाभों को समय बचत की दृष्टि से देखा जा सकता है।

हार्डवेयर के क्षेत्र में एकीकृत अवधारणा से मिशन के अनुसार जाँच पड़ताल प्रणालियों को निरूपित करने में सुगमता तथा सहज संचालन, कम जानकारी विशेष की आवश्यकता आदि का लाभ उठाया जा सकता है। उत्पादों में मानकता, गुणवत्ता एवं एकरूप अंतराफलक जाँच पड़ताल प्रणालियों की क्रियाविधि को सरल बनाता है।

एकल संचालक कंसोल सिद्धांत में कम विशेषज्ञ मानव संसाधनों की आवश्यकता के साथ-साथ स्वचालित संचालन वर्तमान प्रणालियों से एक कदम आगे की सोच को प्रदर्शित करता है। कम पगमार्क के साथ जाँच पड़ताल प्रणालियों का विन्यास एवं तेजी से उनका कार्यक्षेत्र में तैनाती प्रमोचन अभियान के समय की बचत करता है। साथ में लागत में कमी को भी दर्शाता है।

अतः प्रमोचन यान जाँच पड़ताल प्रणालियों में एकीकृत अवधारणा तथा एकल संचालक कंसोल सिद्धांत प्रमोचन यान एवं सम्बंधित प्रणालियों के क्षेत्र में पूर्ण रूप से कार्यान्वयन भविष्य की एक आवश्यकता है।

5. संदर्भ सूची

- [1] पवन कुमार मंगल, बीजू जी, एम. आलविन जॉस, श्याम कुमार यू, शूजा ए, “प्रमोचन यान जांच पड़ताल प्रणालियों के प्रारूप एवं विकास में उन्नत व उभरती प्रोद्योगिकियों का अनुप्रयोग”, VSSC-MS-20-089.
- [2] पवन कुमार मंगल, सी. चन्द्रशेखरन, “मानव अंतरिक्ष उड़ान परियोजना- मंच विफल परीक्षण जांच पड़ताल प्रणाली (उल्टी गिनती संचालन हेतु एकल संचालक - जांच पड़ताल प्रणाली एवं उनका कार्यान्वयन)”, VSSC-MS-18-091.
- [3] पवन कुमार मंगल, एम. आलविन जॉस, सी. चन्द्रशेखरन, ए. मुरलीधरन, “समाकलित एल110 & एस200 चरण जांच पड़ताल प्रणालियाँ एवं उनका संचालन”, VSSC-MS-17-124.
- [4] प्रमोचन यान की विभिन्न जाँच पड़ताल प्रणालियों के प्रारूपण, विकास एवं कार्यान्वयन से सम्बन्धित लेख।

लेखक परिचय -



लेखक विक्रम साराभाई अंतरिक्ष केंद्र की एमवीआइटी इकाई में चरण जांच पड़ताल प्रणालियों एवं प्रचालन प्रभाग में फ़रवरी २००८ से कार्यरत है।

आधुनिक माख नंबर पर छिद्र सहित गोलाकार विन्यास के प्रवाह लक्षण

बी वेंकट शिवराम जादव*,

*वैज्ञानिक-एस एफ , एसीएमडी/एडीएस जी/एयरो

विक्रम साराभाई अन्तरिक्ष केंद्र, तिरुवनंतपुरम

shivaram_jadav@vssc.gov.in, 0471-2564082/2565887

सार:

अंतरिक्ष क्षेत्र में अब हम हमारे ब्रह्मांड की खोज, अनुसंधान, विकास लक्ष्यों और उससे आगे की सीमाओं तक सीमित नहीं हैं, बल्कि आज हम अन्तरिक्ष के व्यावसायीकरण की दिशा में जा रहे हैं। अंतरिक्ष पर्यटन अंतरिक्ष व्यावसायीकरण के उन कई पहलुओं में से एक है। इस उद्देश्य के लिए कई अंतरिक्ष एजेंसियां और निजी अंतरिक्ष फर्म आम लोगों को बाहरी अंतरिक्ष में लॉन्च करने और उन्हें वापस पृथ्वी पर लाने के लिए सामने आ रहे हैं। क्रू मॉड्यूल एक ऐसा निकाय है जो इन कार्यक्रमों का एक अनिवार्य हिस्सा है और क्रू मॉड्यूल का पुनः प्रवेश समग्र मिशन में एक बहुत ही महत्वपूर्ण भूमिका रखता है। पुनः प्रवेश निकायों का वायुगतिकी किसी भी अंतरिक्ष मिशन डिजाइन के सबसे महत्वपूर्ण पहलुओं में से एक है। एक पुनः प्रवेश निकाय का वेग बाहरी-आंतरिक वातावरण में हाइपरसोनिक माख संख्या से सुपरसोनिक, ट्रांसोनिक और अंत में सबसोनिक माखसंख्या तक भिन्न होता है जब तक कि यह पृथ्वी पर स्पर्श नहीं करता। आम तौर पर, पुनः प्रवेश मिशन के लिए एक ब्लफ़ बॉडी को चुना जाता है। ब्लफ़ बॉडीज पर फ्लो एक बहुत ही दिलचस्प विषय है और इसमें एयरोस्पेस इंजीनियरिंग के क्षेत्र में विभिन्न प्रकार के अनुप्रयोग हैं। अंतरिक्ष कैप्सूल के एकीकरण के बाद, आम तौर पर आधार क्षेत्र में छोटी छिद्र पाई जाती हैं। इस लेख में ट्रांसोनिक माखसंख्या पर पिछे सिरे में छोटे वेंट(छिद्र) के साथ एक गोलाकार पिंड के वायुगतिकी का अध्ययन करने का प्रयास किया गया है। इस पेपर में माख 0.95, 1.05 और 1.2 के लिए प्रवाह विशेषताओं, गोलाकार विन्यास पर और वेंट(छिद्र) के पास वायुगतिकीय गुणांक पर चर्चा की जाएगी।

परिचय:

वायुमंडलीय प्रवेश सभी पुनः प्रवेश निकायों से जुड़ा एक पर्याय है। कोई भी पुनः प्रवेश निकाय जो घने वातावरण से प्रवेश कर रहा है उसे नियंत्रित या अनियंत्रित निकायों के रूप में वर्गीकृत किया जा सकता है। आकाशीय पिंड जैसे उल्कापिंड या अंतरिक्ष का मलबा जो वायुमंडल में प्रवेश करता है, एक अनियंत्रित पुनः प्रवेश पिंड के रूप में परिभाषित किया जा सकता है, जबकि एक नियंत्रित पुनः प्रवेश निकाय जैसे कि क्रू मॉड्यूल / एक अंतरिक्ष कैप्सूल उचित नियंत्रण,

नेविगेशन के साथ एक परिभाषित प्रक्षेपवक्र का अनुसरण करता है और वातावरण में प्रवेश करती है। NASA, ESA, ISRO और SPACEX, VIRGIN, और BLUEORIGIN जैसी निजी अंतरिक्ष फर्मों सहित कई अंतरिक्ष एजेंसियां विस्तृत प्रकार के अंतरिक्ष कैप्सूल लेकर आई हैं। चित्र 1 विभिन्न एजेंसियों के विभिन्न अंतरिक्ष विन्यास कैप्सूल दिखाता है। एक नियंत्रित पुनः प्रवेश निकाय का डिज़ाइन सभी अंतरिक्ष मिशनों के लिए एक महत्वपूर्ण वायुगतिकीय समस्या है। पुनः प्रवेश के दौरान, पुनः प्रवेश निकाय का वेग बाहरी-आंतरिक वातावरण में हाइपरसोनिक माखसंख्या से सुपरसोनिक, ट्रांसोनिक और अंत में सबसोनिक माखसंख्या तक भिन्न होता है जब तक कि यह पृथ्वी पर स्पर्श नहीं करता। वायुमंडल में प्रवेश करते समय क्रू मॉड्यूल की तरह एक पुनः प्रवेश निकाय वायुमंडलीय खिंचाव का अनुभव करता है, जो पिंड पर अतिरिक्त तनाव का कारण बनता है और वायुगतिकीय ताप का कारण बनता है। यह पिंड के विघटन का कारण बन सकता है, अगर इस तरह के भार का सामना करने के लिए ठीक से डिज़ाइन नहीं किया गया हो।



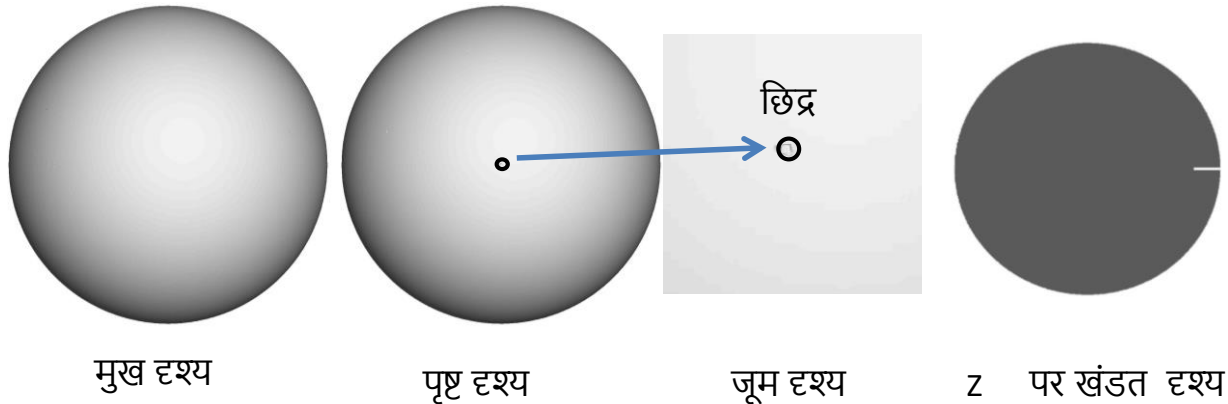
चित्र 1: अलग-अलग स्पेस एजेंसीस के स्पेस कैप्सूल

ब्लफ वस्तुओं पर फ्लो एक बहुत ही दिलचस्प विषय है और इसमें वांतरिक्ष अभियांत्रिकी के क्षेत्र में विभिन्न प्रकार के अनुप्रयोग हैं। ब्लंट और शॉर्ट कैप्सूल कम बैलिस्टिक गुणांक की ओर ले जाएगा, जो उच्च बैलिस्टिक गुणांक वाले वाहन की तुलना में धीमा हो जाता है। कम बैलिस्टिक गुणांक वाले निकायों के साथ मंदी की मात्रा अधिक होती है [1]। अक्षीय प्रवाह में डिस्क-सिलेंडर और अग्रानुक्रम में गोलाकार सिलेंडर जैसे हस्तक्षेप करने वाले निकायों पर प्रवाह क्षेत्र [2-3] में प्रस्तुत किया जाता है और गोलाकार सिलेंडर और घनों पर ड्रैग गुणांक की भिन्नता [4-5] में

प्रस्तुत की जाती है। अंतरिक्ष कैप्सूल के एकीकरण के बाद, आधार क्षेत्रों में छोटी छिद्र पाई जाती हैं जो कुछ मामलों में अपरिहार्य हैं। वर्तमान अध्ययन में, पिंड के पिछाड़ी भाग में वेंट(छिद्र) के साथ एक गोलाकार पिंड पर सीएफडी अध्ययन गोलाकार विन्यास पर प्रवाह विशेषताओं को समझने के लिए किया गया है और विशेष रूप से ट्रांसोनिक माखसंख्या एम = 0.95, 1.05 और 1.2 पर वेंट(छिद्र) पर भी किया गया है। सीएफडी सॉफ्टवेर PARAS 3D का उपयोग करके आपात कोण (α) 0 डिग्री के लिए, PARAS 3D परिमित आयतन दृष्टिकोण का उपयोग करके कार्टेशियन मेश पर 3D रेनॉल्ड्स एवरेज्ड नेवियर-स्टोक्स (RANS) समीकरणों को हल करता है। टर्बुलेंस क्लोजर एक उच्च रेनॉल्ड्स संख्या $k-\varepsilon$ टर्बुलेंस मॉडल के माध्यम से होता है और दीवार के पास उपचार के लिए दीवार फ़ंक्शन दृष्टिकोण का उपयोग किया जाता है। सॉल्वर फ्लो फील्ड ग्रेडिएंट्स के आधार पर समाधान शोधन करने में सक्षम है। वेंट(छिद्र) के पास प्रवाह की विशेषताएं और गोलाकार पिंड पर प्रवाह पृथक्करण, शॉक फॉर्मेशन आदि पर इस पेपर में विस्तार से चर्चा की गई है।

मॉडलिंग और सिमुलेशन :

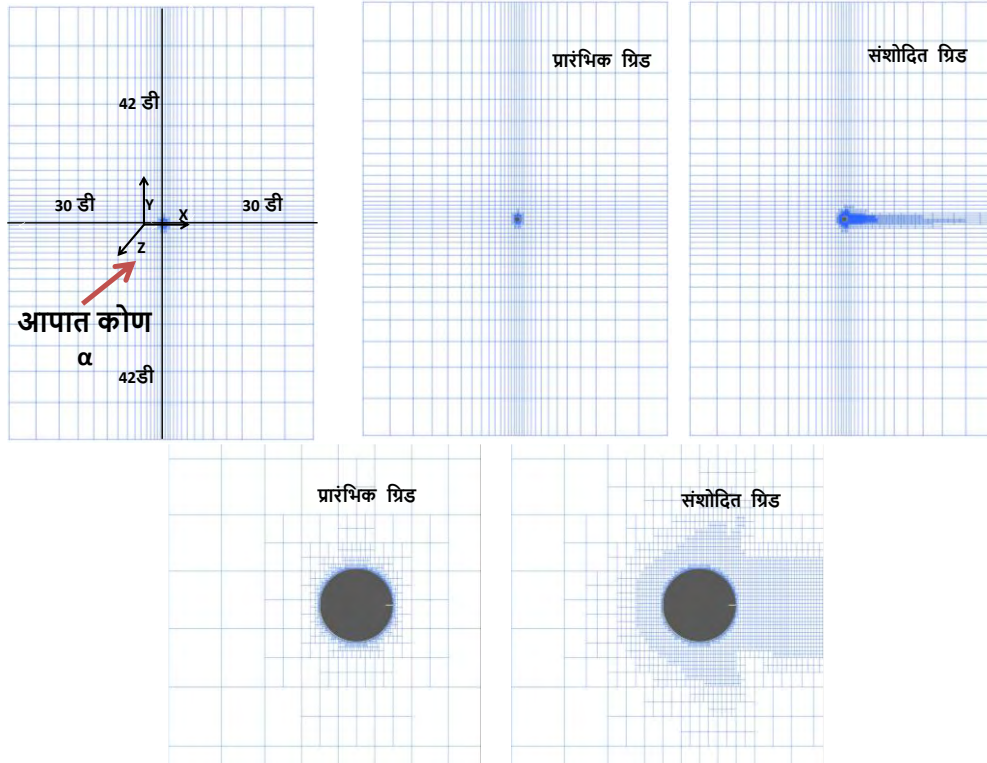
उपयोग किया गया अध्ययन विन्यास 0.1m x 0.005m के वेंट(छिद्र) के साथ $\varnothing 1m$ का एक क्षेत्र है जैसा कि चित्र 2 में प्रदर्शित किया गया है। 1m कॉन्फिगरेशन CFD सिमुलेशन के लिए PARAS 3D सॉफ्टवेयर के प्रीप्रोसेसर में उत्पन्न किया गया है।



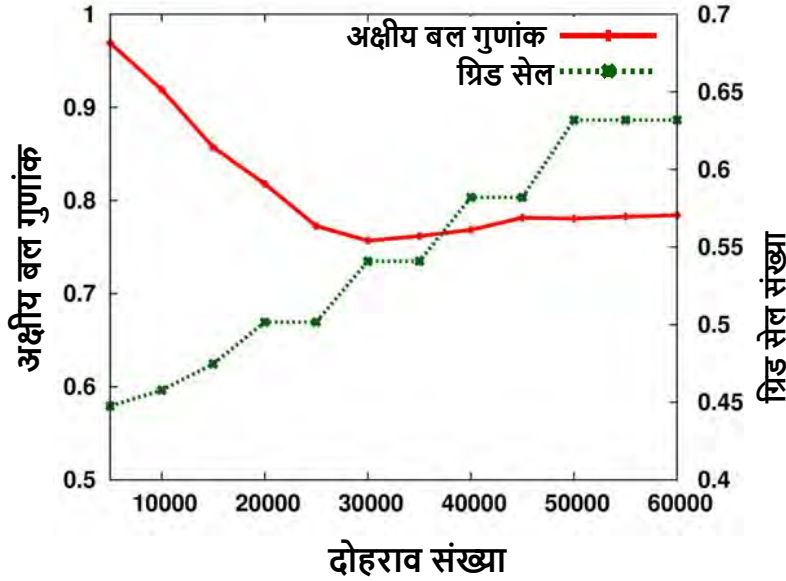
चित्र 2: सीएफडी सिमुलेशन में उपयोग किए गए अध्ययन विन्यास और आफ्टर एंड में वेंट(छिद्र) के ज़ूम किए गए दृश्य

इनहाउस कार्टेशियन मेश आधारित परिमित मात्रा सॉफ्टवेयर PARAS3D का उपयोग करके सिमुलेशन किए गए हैं। प्रवाह प्रवणता के आधार पर समाधान को परिष्कृत किया जा सकता है। X दिशा में 30D और Y और Z दिशाओं में 42 D का उपयोग इंटियल ग्रिड बनाने के लिए किया जाता है। अपविंड सीमा की स्थिति अपस्ट्रीम सीमा पर लगाई जाती है। दूर क्षेत्र की सीमाओं में दबाव/शिफ्ट सीमा की स्थिति लगाई गई है। सभी माखसंख्याओं के लिए प्रारंभिक

सेल संख्या 0.45 मिलियन है। शोधन के बाद अंतिम ग्रिड लगभग 0.63 मिलियन है। प्रारंभिक ग्रिड वितरण, सीमा की स्थिति और हमले के कोण के लिए साइन कन्वेंशन, प्रारंभिक ग्रिड वितरण के विचार और समरूपता विमान में $\epsilon = 0.95$, $\alpha = 0$ डिग्री के लिए परिष्कृत ग्रिड वितरण चित्र 3 में दिखाए गए हैं। यदि प्रवाह की दिशा $-Z$ से $+Z$ है, तब साइडस्लिप का कोण सकारात्मक है। प्रारंभिक ग्रिड वितरण और परिष्कृत ग्रिड वितरण का जूम किया हुआ दृश्य चित्र 3 में देखा जा सकता है। सीएफडी सिमुलेशन में उपयोग की जाने वाली मुक्त धारा की स्थिति तालिका 1 में दी गई है। यह देखा जा सकता है कि प्रवाह ढाल के क्षेत्र में ग्रिड को परिष्कृत किया जाता है। ग्रिड स्वतंत्रता, आघूर्ण गुणांक और वायुगतिकीय बल के लिए अभिसरण और विन्यास के सामने वाले भाग पर $\alpha = 0$ deg के लिए को प्राप्त किया गया है। माख संख्या $\epsilon = 1.2$, $\alpha = 0$ डिग्री पर अक्षीय बल गुणां, ग्रिड अभिसरण के लिए एक विशिष्ट अभिसरण प्लॉट चित्र 4 में दिखाया गया है। ग्रिड के अंतिम दो सेट के बीच अक्षीय बल गुणांक के परिणामों के बीच परिवर्तन 0.2% का अंतर है।



चित्र 3: प्रारंभिक ग्रिड वितरण, सीमा की स्थिति और हमले के कोण के लिए साइन कन्वेंशन, प्रारंभिक ग्रिड वितरण के विचार



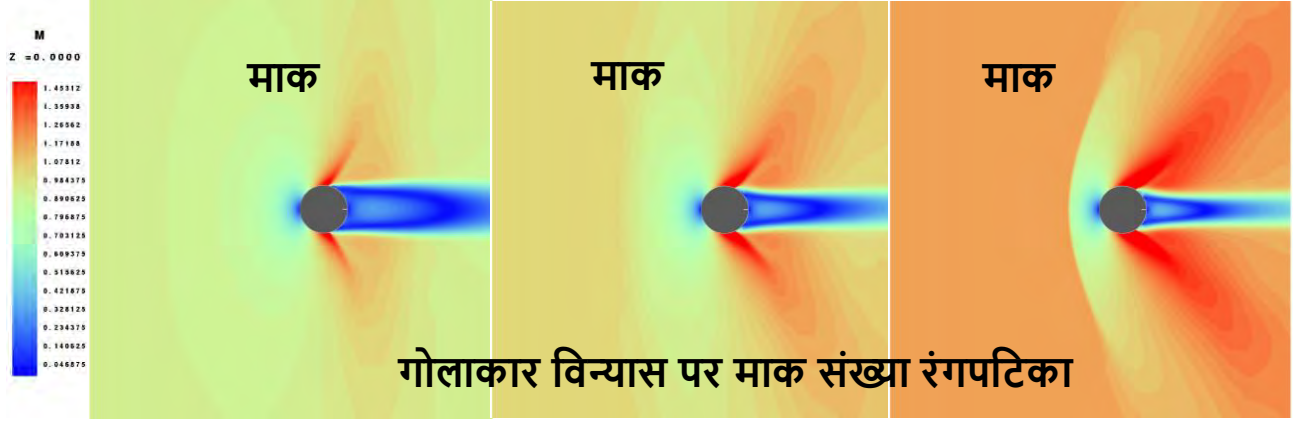
चित्र 4: अक्षीय बल गुणांक और ग्रिड इंडिपेंडेंस

| संख्या | माख नंबर | दबाव | घनत्व |
|--------|----------|---------|---------|
| 1 | 0.95 | 64653.6 | 0.852 |
| 2 | 1.05 | 59641.8 | 0.7982 |
| 3 | 1.2 | 51874.2 | 0.71287 |

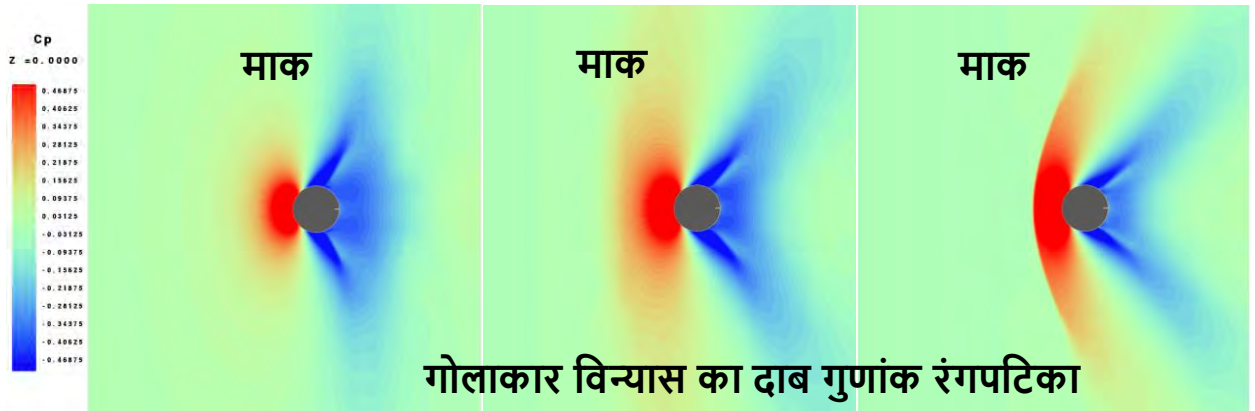
परिणाम और सारांश:

इन-हाउस सॉफ्टवेयर PARAS 3D, GNU PLOT और PARAVIEW विज़ुअलाइज़ेशन सॉफ्टवेयर से पोस्ट प्रोसेसर का उपयोग करके प्रवाह क्षेत्र विश्लेषण किया गया है। एम = 0.95, 1.05 और 1.2 के लिए वाहन समरूपता विमान ($z = 0$) में माखपैलेट (रंगपट्टिका) को चित्र 5 में देखा जा सकता है। एम = 0.95, 1.05 पर गर्मी ढाल पर प्रवाह की सुपरसोनिक जेब और एम = 1.2 पर शॉक डिटेचमेंट चित्र 5 में देखे गए और माखपैलेट से स्पष्ट रूप से दिखाई है। इसी तरह स्थिरता बिंदुओं पर सीपी मूल्यों में वृद्धि, एम = 1.2 पर धनुष शॉक गठन, सीपी पैलेट से भी देखा जाता है। गोलाकार पिंड के सामने के छोर में ठहराव दबाव देखा गया था और माखसंख्या में 0.95 से 1.2 की वृद्धि के साथ बढ़ रहा था जैसा कि चित्र 7 में देखा गया है, इसी तरह गोलाकार पिंड के पिछले सिरे में उच्च कर्षक भी $M=0.95$ से 1.2 से बढ़ता हुआ पाया गया है, जैसा कि चित्र 8 में देखा गया है। गोलाकार पिंड पर एम = 1.05 और एम = 1.2 के लिए वेग समोच्च और वेंट(छिद्र) /कैविटी (ज़ूम) पर चित्र 9 में देखा जाता है। यह समझा जाता है कि

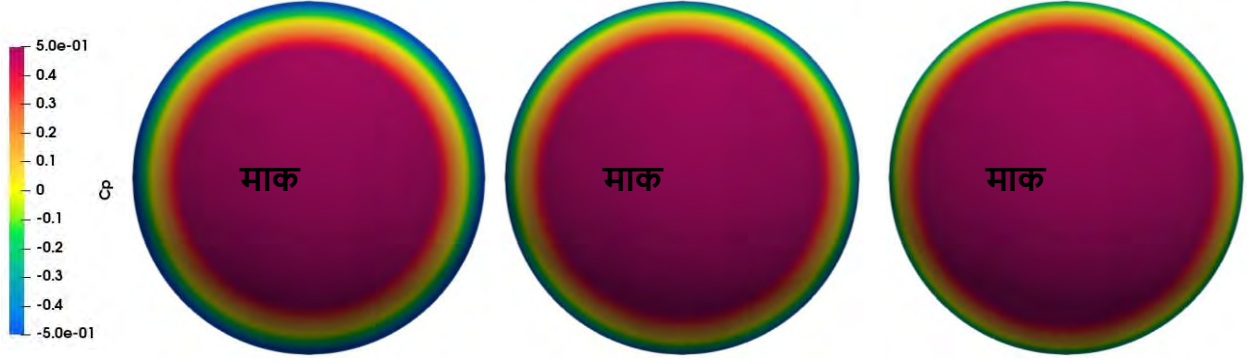
भले ही छिद्र पुनः संचरण क्षेत्र में हो , छिद्र के अंदर 40-50m/s का वेग है। छिद्र में छोटा पुनरावर्तन क्षेत्र भी पाया गया। इनफ्लो-आउटफ्लो विशेषताओं के कारण वेंट(छिद्र) के निचले सिरे की तुलना में वेंट(छिद्र) के शीर्ष छोर पर दबाव भिन्नता अधिक होती है। छिद्र से प्रवाह पुनः संचरण क्षेत्र में प्रवाह के साथ विलीन हो रहा है। $M = 0.95$ से 1.2 के लिए संचयी अक्षीय बल गुणांक चित्र 10 में देखा गया है। यह देखा गया है कि समग्र C_x मान माखसंख्या में वृद्धि के साथ बढ़ता है, इसी तरह माखसंख्या में वृद्धि के साथ ड्रैग गुणांक मान बढ़ता है जैसा कि चित्र 11 से देखा गया है।



चित्र 5: $Z=0$ विभाग में विविध माख संख्या पर माख रंगपट्टिका

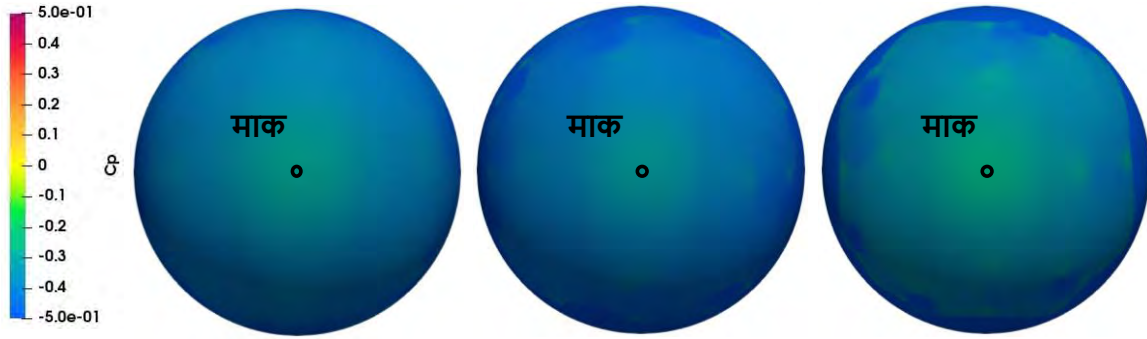


चित्र 6: $Z=0$ विभाग में विविध माख संख्या पर दाब गुणांक रंगपट्टिका



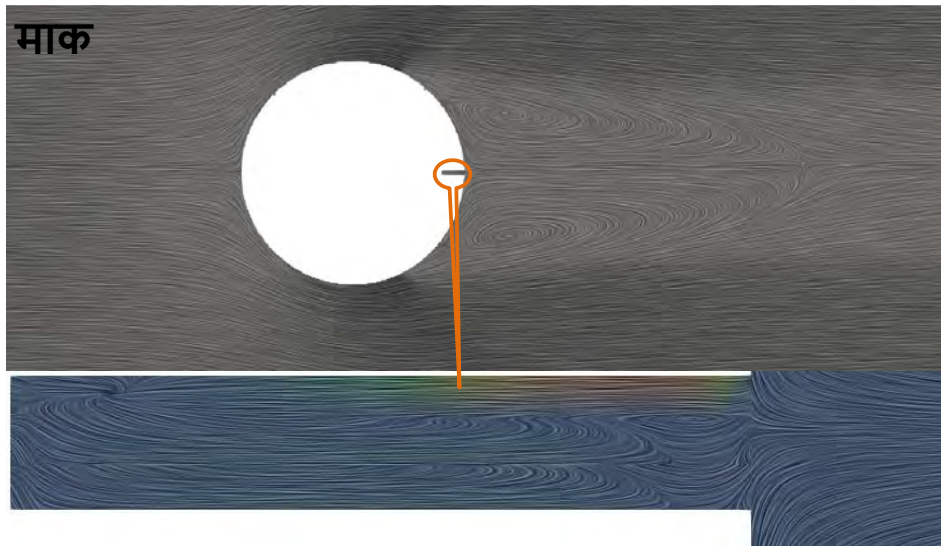
मुख दृश्य

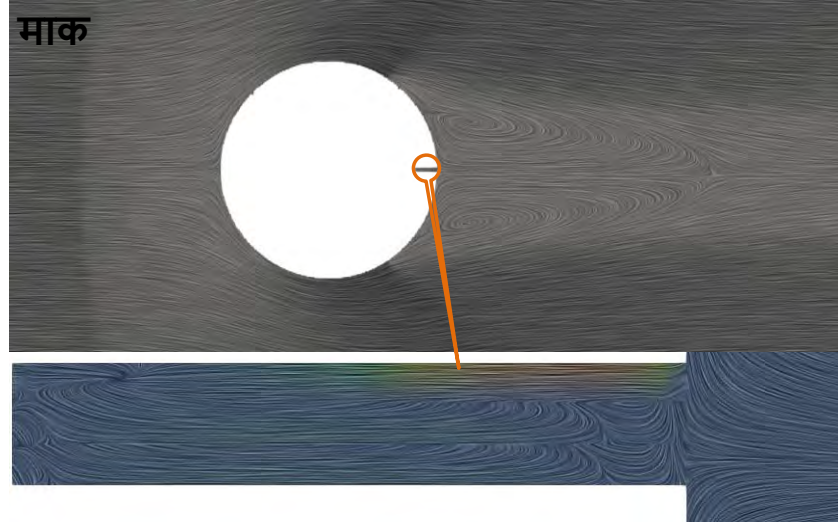
चित्र 7: मुख दृश्य- विविध माख संख्या पर दाब गुणांक रंगपट्टिका



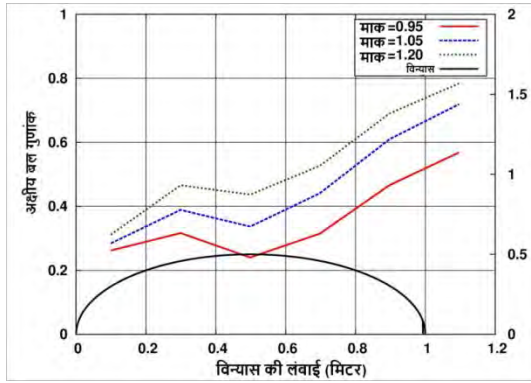
पृष्ठ दृश्य

चित्र 8: पृष्ठ दृश्य- विविध माख संख्या पर दाब गुणांक रंगपट्टिका

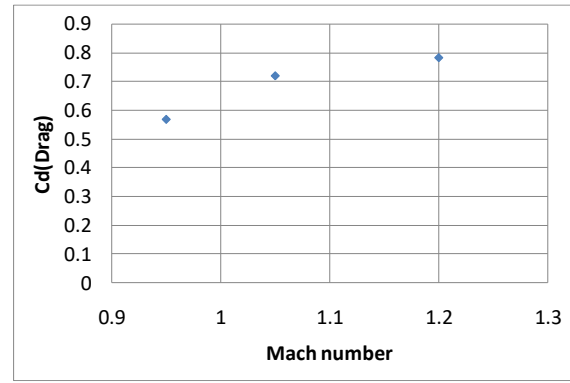




चित्र 9: गोलाकार विन्यास और छिद्र का वेग परिरेखा



चित्र 10: गोलाकार विन्यास और छिद्र पे विविध माख संख्या पर अक्षीय बल गुणांक



चित्र 11: गोलाकार विन्यास पे विविध माख संख्या पर भार बल गुणांक

निष्कर्ष:

पुनः प्रवेश निकायों का वायुगतिकी अभिकल्पना किसी भी अंतरिक्ष मिशन के डिजाइन के सबसे महत्वपूर्ण पहलुओं में से एक है। आम तौर पर, पुनः प्रवेश मिशन के लिए एक ब्लफ़ बॉडी को चुना जाता है। ब्लफ़ बॉडीज पर फ्लो एक बहुत ही दिलचस्प विषय है और इसमें वांतिरक्ष अभियांत्रिकी के क्षेत्र में विभिन्न प्रकार के अनुप्रयोग हैं। अंतरिक्ष कैप्सूल के एकीकरण के बाद, आधार क्षेत्र में अनजाने में छोटी गुहाएं पाई जाती हैं। ट्रांसोनिक माखसंख्या पर पिछे सिरे में छोटे वेंट(छिद्र) के साथ एक गोलाकार पिंड के वायुगतिकी का अध्ययन करने का प्रयास किया गया है। इस पेपर में माख 0.95, 1.05 और 1.2 के लिए पिंड के ऊपर और वेंट(छिद्र) के पास प्रवाह विशेषताओं, वायुगतिकीय गुणांकों को सामने लाया गया है। कुछ प्रमुख विषय :

- यह पाया गया कि माखसंख्या में वृद्धि के साथ समग्र ड्रैग वैल्यू बढ़ रही थी।
- प्रवाह पृथक्करण के कारण गोलाकार पिंड के पीछे भंवर/जागृति का गठन पाया गया।
- वेक/ पुनः संचरण ठहराव बिंदु $M=1.05$ और $M=1.2$ की तुलना में $M=0.95$ के लिए अधिक पाया गया। छिद्र के अंदर प्रवाह $M=0.95$ से $M=1.2$ के लिए लगभग 40-50m/s पाया गया।
- वेंट(छिद्र) के पास सीपी भिन्नता नकारात्मक थी यह वेक क्षेत्र में थी, जहां दबाव भिन्नता बहुत कम थी।

सन्दर्भ:

1. सुसुमु टेराмотो, कौजू हिराकी।, और कोज़ो फूजी।, "ट्रांसोनिक स्पीड पर एक रीएंट्री कैप्सूल की गतिशील स्थिरता का संख्यात्मक विश्लेषण," एआईएए जर्नल, 2001।
2. कीथ कोएनिग, अनातोल रोशको "एक गैप द्वारा अलग किए गए दो ब्लफ निकायों के ड्रैग एंड फ्लो फील्ड पर ज्यामितीय प्रभावों का एक प्रयोगात्मक अध्ययन", जे.फ्लूइड मेक, वॉल्यूम 156, पीपी, 167-204, 1985।
3. अम्मार अली एएल-फ़िली, खालिद एम. सौउद, और अब्दुल वहाब हसन खुदर (2019) "ब्लफ बॉडीज़ एरोडायनामिक्स पर अग्रानुक्रम प्रभावों की संख्यात्मक जांच", मैकेनिकल इंजीनियरिंग रिसर्च एंड डेवलपमेंट जर्नल, 42 (5): 138-142
4. जूलियो आर मेनेघिनी, "मिलकर और साथ-साथ व्यवस्था में दो परिपत्र सिलेंडरों के बीच प्रवाह हस्तक्षेप का संख्यात्मक सिमुलेशन", जर्नल ऑफ फ्लूइड्स एंड स्ट्रक्चर्स (2001) 15, 327}350।
5. चार्ल्स, टी. एट अल (2017) 'अंतराल के भीतर प्रवाह क्षेत्र पर दो ब्लफ निकायों के बीच अंतराल आकार के प्रभाव', हीट ट्रांसफर, फ्लूइड मैकेनिक्स और थर्मोडायनामिक्स पर 13 वें अंतर्राष्ट्रीय सम्मेलन की कार्यवाही, पोर्टोरो, स्लोवेनिया, 17 -19 जुलाई

लेखक परिचय:



श्री वेंकट शिवराम जादव विक्रम साराभाई अन्तरिक्ष केंद्र के एरोनॉटिक्स एंटीटी में वैज्ञानिक के पद पर कार्यरत हैं। वे 2006 में जेएनटीयू हैदराबाद से एरोनॉटिकल इंजीनियरिंग में B.Tech डिग्री प्राप्त की और 2008 में आईआईटी खड़गपुर से M.Tech एरोस्पेस इंजीनियरिंग में डिग्री प्राप्त किया। वे 2008 से विक्रम साराभाई अन्तरिक्ष केंद्र, इसरो में वैज्ञानिक के तौर पे सेवा में हैं। पर्वतारहन, संगीत और नाट्य काला में भी इनकी रुचि है।

अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी के लिए मेटा-लर्निंग

दीपक मिश्रा एवं सौम्या
आईआईएसटी, तिरुवनंतपुरम
deepak.mishra@iist.ac.in

1. परिचय

1.1 अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी में मशीन लर्निंग का वर्तमान उपयोग

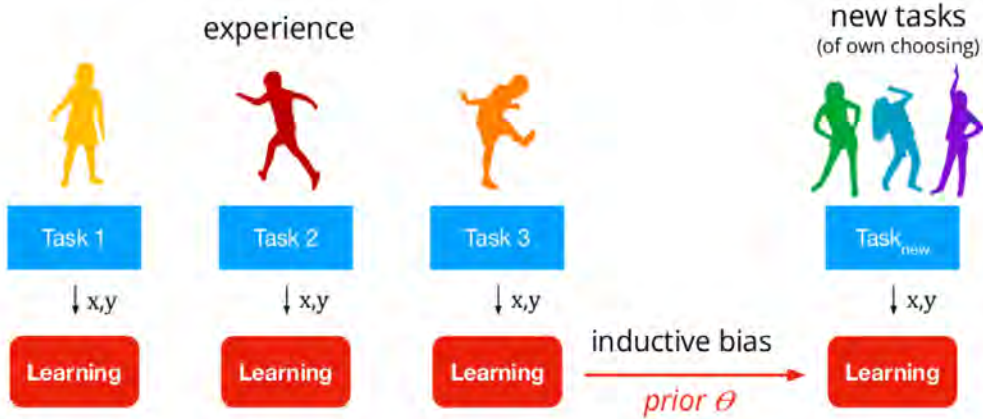
मानव जिज्ञासु है और नई चीजों को खोजने के लिए अंतरिक्ष का पता लगाना चाहता है। उपग्रहों और वेधशाला केंद्रों द्वारा पहले ही अरबों चित्र और वीडियो लिए जा चुके हैं। इन संसाधनों के बीच मैन्युअल अन्वेषण में समय लगता है। इस प्रकार, कई शोधकर्ताओं ने एक समाधान खोजा है, जिससे एमएल का उपयोग करके खोज की प्रक्रिया को तेज और स्वचालित बना दिया गया है। उन्होंने विभिन्न चुनौतियों का समाधान करने के लिए एमएल क्लासिफायर को प्रशिक्षित किया है और मॉडल तैयार किए हैं। उदाहरण के लिए, किम, एडवर्ड जे., और रॉबर्ट जे. ब्रूनर गहरे दृढ़ तंत्रिका नेटवर्क (deep convolution neural network (DCNN)) ने सितारों और आकाशगंगाओं के बीच वर्गीकरण और अंतर करने के लिए डीप कन्वेन्शनल न्यूरल नेटवर्क (DCNN) लागू किया। इसके अलावा, शिय, होंगहुइसो ने आकाश सर्वेक्षण से कैप्चर की गई डिजिटल छवियों का उपयोग करके आकाशगंगा रूपात्मक वर्गों को निर्धारित करने के लिए DCNN को लागू किया। DCNN को किमुरा, अकीसातो, और अन्य। द्वारा एकल-युग सुपरनोवा को वर्गीकृत करने के लिए भी लागू किया गया है। नीटो, डी।, एट अल। ने CTLearn विकसित किया है, जो एक पायथन पैकेज है जो इमेजिंग वायुमंडलीय चेरनकोव टेलीस्कोप (IACT) सरणियों से डेटा का विश्लेषण करने के लिए गहन शिक्षण तकनीक का उपयोग करता है। इसके अलावा, गहन शिक्षा का उपयोग करते हुए, शोधकर्ताओं ने रेडियो डेटा में रेडियो फ्रीक्वेंसी इंटरफेरेंस (RFI) संकेतों को कम करने के लिए एक नया दृष्टिकोण प्रस्तावित किया। ऊपर उल्लिखित अनुप्रयोग एमएल का उपयोग करके प्रस्तुत किए गए कई कार्यों और दृष्टिकोणों के कुछ नमूने हैं। अंतरिक्ष अन्वेषण के लिए एमएल को लागू करने के लिए यह बढ़ती रुचि अंतरिक्ष और ब्रह्मांड के बारे में हमारे कई अज्ञात प्रश्नों के बारे में हमारे ज्ञान का विस्तार कर सकती है।

अंतरिक्ष अन्वेषण के लिए मशीन लर्निंग के अनुप्रयोग अत्यधिक बढ़ रहे हैं और हम उम्मीद करते हैं कि मशीन लर्निंग ब्रह्मांड को समझने के लिए मानव द्वारा सामना किए गए कई प्रश्नों को हल करती है।

चित्र 1. मेटा-लर्निंग के लिए फ़्लोचार्ट

Meta-learning (learning to learn)

learn *minimal* inductive biases instead of constructing *manual* ones
should still generalize well (otherwise you meta-overfit)



assumptions added to training data to learn more effectively
priors, constraints, representations, model parameters, optimizers, meta-data,...

मेटा-लर्निंग को एक बच्चे के उदाहरण के रूप में माना जा सकता है मान लीजिए कि एक बच्चा चलना सीखता है, फिर लगातार दौड़ना सीखता है, और फिर कुछ खेल खेलने के लिए मान लें कि फुटबॉल तो मान लें कि बच्चा अब सीखना चाहता है कि कैसे उसके लिए नृत्य करना सीखना है कि कैसे भिखारी में नृत्य करना सीखने की तुलना में नृत्य करना एक बहुत आसान प्रक्रिया होगी, इससे बच्चे को पहले के मुस्कराते हुए कार्यों से अनुभव सीखने में मदद मिलती है, इसे मशीन लर्निंग एल्गोरिदम में भी लागू किया जा सकता है क्योंकि एल्गोरिदम को तेजी से सीखने के लिए खराब उदाहरणों से पूर्वाग्रह का परिचय दिया जाता है। कम डेटा पर।

1.2 मेटा-लर्निंग क्या है?

मशीन लर्निंग में अनुसंधान के सबसे तेजी से बढ़ते क्षेत्रों में से एक मेटा-लर्निंग का क्षेत्र है। मशीन लर्निंग के संदर्भ में मेटा-लर्निंग, मशीन लर्निंग एल्गोरिदम का उपयोग है जो अन्य मशीन लर्निंग मॉडल के प्रशिक्षण और अनुकूलन में सहायता करता है। जैसे-जैसे मेटा-लर्निंग अधिक से अधिक लोकप्रिय होती जा रही है और अधिक मेटा-लर्निंग तकनीकों का विकास किया जा रहा है, मेटा-लर्निंग क्या है और इसे लागू करने के विभिन्न तरीकों की समझ होना फायदेमंद है। आइए मेटा-लर्निंग के पीछे के विचारों की जांच करें, मेटा-लर्निंग के प्रकार, साथ ही मेटा-लर्निंग के कुछ तरीकों का उपयोग किया जा सकता है।

मेटा-लर्निंग शब्द डोनाल्ड माउडस्ले द्वारा एक प्रक्रिया का वर्णन करने के लिए गढ़ा गया था जिसके द्वारा लोग जो सीखते हैं उसे आकार देना शुरू करते हैं, "धारणा, पूछताछ, सीखने और विकास की आदतों के नियंत्रण में तेजी से बढ़ते हुए जो उन्होंने आंतरिक रूप से बनाए हैं"। बाद में, संज्ञानात्मक वैज्ञानिक और मनोवैज्ञानिक मेटा-लर्निंग का वर्णन "सीखने का तरीका" के रूप में करेंगे।

मेटा-लर्निंग के मशीन लर्निंग संस्करण के लिए, "सीखना कैसे सीखें" का सामान्य विचार एआई सिस्टम पर लागू होता है। एआई के अर्थ में, मेटा-लर्निंग एक कृत्रिम रूप से बुद्धिमान मशीन की क्षमता है जो विभिन्न जटिल कार्यों को करने के लिए सीखने के लिए, एक कार्य को सीखने और इसे अन्य कार्यों में लागू करने के सिद्धांतों को लेता है। एआई सिस्टम को आमतौर पर कई छोटे उप-कार्यों में महारत हासिल करके किसी कार्य को पूरा करने के लिए प्रशिक्षित किया जाना चाहिए। इस प्रशिक्षण में लंबा समय लग सकता है और एआई एजेंट आसानी से एक कार्य के दौरान सीखे गए ज्ञान को दूसरे कार्य में स्थानांतरित नहीं करते हैं। मेटा-लर्निंग मॉडल और तकनीक बनाने से AI को सीखने के तरीकों को सामान्य बनाने और नए कौशल को जल्दी हासिल करने में मदद मिल सकती है।

1.2.1 मेटा-लर्निंग के प्रकार

+ अनुकूलक मेटा-लर्निंग

मेटा-लर्निंग को अक्सर पहले से मौजूद तंत्रिका नेटवर्क के प्रदर्शन को अनुकूलित करने के लिए नियोजित किया जाता है। ऑप्टिमाइज़र मेटा-लर्निंग मेथड्स आमतौर पर बेस न्यूरल नेटवर्क के प्रदर्शन को बेहतर बनाने के लिए एक अलग न्यूरल नेटवर्क के हाइपरपैरामीटर को ट्वीव करके काम करते हैं। इसका परिणाम यह होता है कि लक्ष्य नेटवर्क उस कार्य को करने में बेहतर हो जाता है जिस पर उसे प्रशिक्षित किया जा रहा है। मेटा-लर्निंग ऑप्टिमाइज़र का एक उदाहरण ग्रेडिएंट डिसेंट परिणामों को बेहतर बनाने के लिए नेटवर्क का उपयोग है।

+ फ्यू-शॉट्स मेटा-लर्निंग

कुछ-शॉट्स मेटा-लर्निंग दृष्टिकोण वह है जहां एक गहरा तंत्रिका नेटवर्क इंजीनियर होता है जो प्रशिक्षण डेटासेट से अनदेखी डेटासेट तक सामान्यीकरण करने में सक्षम होता है। कुछ-शॉट वर्गीकरण का एक उदाहरण सामान्य वर्गीकरण कार्य के समान है, लेकिन इसके बजाय, डेटा नमूने संपूर्ण डेटासेट हैं। मॉडल को कई अलग-अलग शिक्षण कार्यों / डेटासेट पर प्रशिक्षित किया जाता है और फिर इसे प्रशिक्षण कार्यों और अनदेखी डेटा की भीड़ पर चरम प्रदर्शन के लिए अनुकूलित

किया जाता है। इस दृष्टिकोण में, एक एकल प्रशिक्षण नमूने को कई वर्गों में विभाजित किया जाता है। इसका मतलब है कि प्रत्येक प्रशिक्षण नमूना/डेटासेट संभावित रूप से दो वर्गों से बना हो सकता है, कुल 4-शॉट के लिए। इस मामले में, कुल प्रशिक्षण कार्य को 4-शॉट 2-वर्ग वर्गीकरण कार्य के रूप में वर्णित किया जा सकता है।

कुछ-शॉट सीखने में, विचार यह है कि व्यक्तिगत प्रशिक्षण नमूने न्यूनतर होते हैं और नेटवर्क केवल कुछ चित्रों को देखने के बाद वस्तुओं की पहचान करना सीख सकता है। यह बहुत कुछ वैसा ही है जैसे कोई बच्चा केवल एक-दो चित्रों को देखकर वस्तुओं में भेद करना सीखता है। इस दृष्टिकोण का उपयोग वन-शॉट जनरेटिव मॉडल और मेमोरी संवर्धित तंत्रिका नेटवर्क जैसी तकनीकों को बनाने के लिए किया गया है।

+ मीट्रिक मेटा-लर्निंग

मीट्रिक आधारित मेटा-लर्निंग यह निर्धारित करने के लिए तंत्रिका नेटवर्क का उपयोग है कि क्या मीट्रिक का प्रभावी ढंग से उपयोग किया जा रहा है और यदि नेटवर्क या नेटवर्क लक्ष्य मीट्रिक को मार रहे हैं। मीट्रिक मेटा-लर्निंग कुछ-शॉट सीखने के समान है जिसमें नेटवर्क को प्रशिक्षित करने के लिए कुछ उदाहरणों का उपयोग किया जाता है और यह मीट्रिक स्थान सीखता है। विविध डोमेन में एक ही मीट्रिक का उपयोग किया जाता है और यदि नेटवर्क मीट्रिक से अलग हो जाते हैं तो उन्हें विफल माना जाता है।

+ आवर्तक मॉडल मेटा-लर्निंग

आवर्तक मॉडल मेटा-लर्निंग आवर्तक तंत्रिका नेटवर्क और इसी तरह के लॉन्ग शॉर्ट-टर्म मेमोरी नेटवर्क के लिए मेटा-लर्निंग तकनीकों का अनुप्रयोग है। यह तकनीक किसी डेटासेट को क्रमिक रूप से सीखने के लिए आरएनएन/एलएसटीएम मॉडल को प्रशिक्षण देकर और फिर इस प्रशिक्षित मॉडल को दूसरे शिक्षार्थी के लिए आधार के रूप में उपयोग करके संचालित करती है। मेटा-लर्नर विशिष्ट ऑप्टिमाइज़ेशन एल्गोरिथम को बोर्ड पर ले जाता है जिसका उपयोग प्रारंभिक मॉडल को प्रशिक्षित करने के लिए किया गया था। मेटा-लर्नर का विरासत में मिला हुआ पैरामीटराइज़ेशन इसे जल्दी से आरंभ और अभिसरण करने में सक्षम बनाता है, लेकिन फिर भी नए परिदृश्यों के लिए अपडेट करने में सक्षम होता है।

2. स्थिति जहां मेटा-लर्निंग मदद कर सकता है

2.1 सैटेलाइट चित्रण

सैटेलाइट इमेजरी के लिए मेटा-लर्निंग एप्लिकेशन को मशीन लर्निंग ट्रेनिंग के लिए कई स्तरों में विस्तारित किया जाता है ताकि समान क्षेत्रों के लिए मेटा-लर्निंग मॉडल विकसित करने के लिए उपयोगी जानकारी निकाली जा सके। मेटा-लर्निंग मॉडल का उपयोग उपग्रह छवियों के माध्यम से अंतरिक्ष निगरानी में किया जा सकता है, जिसमें कम प्रशिक्षण डेटा की आवश्यकता होती है और क्षेत्र मानचित्रण या शहरी नियोजन के लिए ऐसी ऊंचाई से विभिन्न वस्तुओं का पता लगाने के लिए तेजी से सीख सकते हैं।

हम अपने एल्गोरिदम को तेजी से अनुकूलित करने के लिए कुछ-शॉट सीखने का उपयोग कर सकते हैं और कम उदाहरणों के साथ विभिन्न अनुप्रयोगों जैसे कि जियो-सेंसिंग, ऑब्जेक्ट डिटेक्शन और अधिक के लिए वस्तुओं का पता लगाने और वर्गीकृत करने के लिए उपयोग कर सकते हैं।



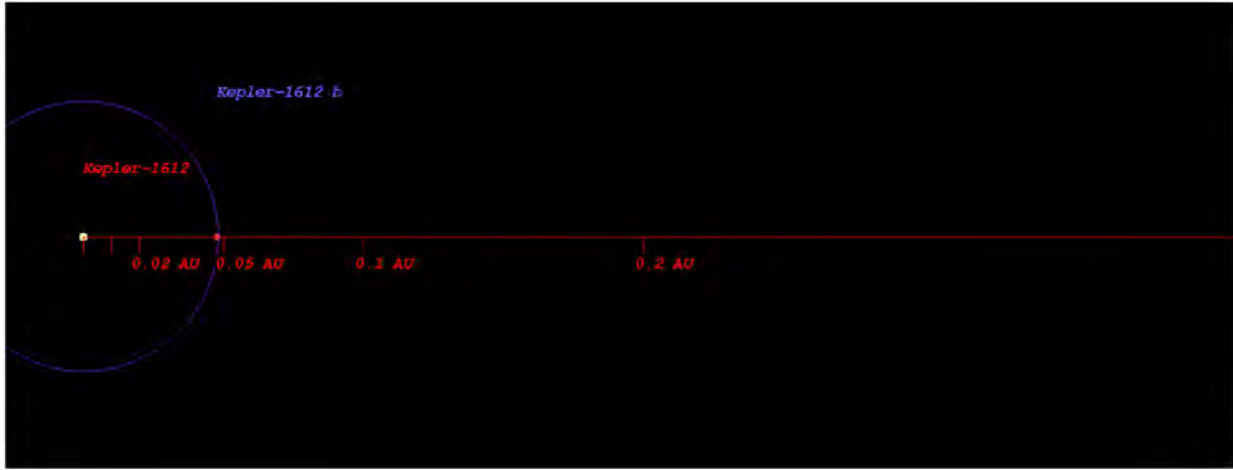
चित्र 2. वस्तु का पता लगाना (object detection)

2.2 इंटरस्टेलर ऑब्जेक्ट डिटेक्शन

अंतरिक्ष और पारंपरिक दूरबीनों द्वारा एकत्र किए गए कमजोर संकेतों में अक्सर दूर की प्रणालियों के लिए कमजोर संकेत होते हैं और अक्सर पारंपरिक तरीकों से चूक जाते हैं ताकि इसका मुकाबला किया जा सके कि सितारों का पता लगाने के लिए ऐसे कमजोर संकेतों का विश्लेषण करने के लिए गहन शिक्षण विधियों के उपयोग में हाल ही में वृद्धि हुई है। आदि, गहरी सीखने की विधियों का उपयोग करते हुए केप्लर 90i का पता लगाया गया था, मेटा-लर्निंग मॉडल का उपयोग यहां बिना अधिक प्रशिक्षण के कई अलग-अलग वस्तुओं का पता लगाने के लिए किया जा सकता है जो समय, कम्प्यूटेशनल शक्ति को बचाएगा और हमें बहुत बड़े एप्लिकेशन पूल के साथ एक बहुत मजबूत समाधान प्रदान करेगा।

डेटा का विश्लेषण करने के लिए एकाधिक मेटा-लर्निंग मॉडल का उपयोग किया जा सकता है जैसे कि रिक्तमॉडल मेटा-लर्निंग, मीट्रिक मेटा-लर्निंग या यहां तक कि कुछ-शॉट्स मेटा-लर्निंग का भी उपयोग किया जा सकता है।

चित्र 3. केपलर 90i, हमारे जैसा ही एक ग्रहीय तंत्र जो मशीन लर्निंग का उपयोग करके पाया गया था



2.3 वास्तविक समय में आपदाओं का पता लगाने के लिए ग्लोबल नेविगेशन सैटेलाइट सिस्टम (GNSS) का उपयोग करना

ग्लोबल नेविगेशन सैटेलाइट सिस्टम द्वारा एकत्र किए गए डेटा का उपयोग वास्तविक समय में आपदाओं का पता लगाने के लिए तापमान, दुनिया भर के विभिन्न अन्य उपकरणों से एकत्रित गैसों का विश्लेषण करके किया जा सकता है और मामूली बदलावों की तुलना करने से हमें किसी भी प्राकृतिक आपदा को निर्धारित करने में मदद मिल सकती है। सूनामी, चक्रवात आदि, विकृत प्रवृत्तियों का विश्लेषण करके मेटा-लर्निंग एल्गोरिदम हमें छोटे-छोटे बदलावों को खोजने में मदद कर सकते हैं जो हमें ऐसी आपदाओं के लिए तैयार करने में मदद कर सकते हैं।

यहां विभिन्न मेटा-लर्निंग मॉडल का उपयोग डेटा का विश्लेषण करने के लिए उपयोग किए जाने वाले मॉडल की दक्षता को बदलने के लिए किया जा सकता है जैसे ऑप्टिमाइज़र मेटा-लर्निंग, मीट्रिक मेटा-लर्निंग का उपयोग ऐसे मॉडल विकसित करने के लिए किया जा सकता है।

2.4 अंतरिक्ष संचार

अंतरिक्ष में संचार करते समय दक्षता बढ़ाने के लिए मशीन लर्निंग एल्गोरिदम से युक्त संज्ञानात्मक रेडियो जो विद्युत चुम्बकीय स्पेक्ट्रम के कम उपयोग किए गए हिस्सों का उपयोग कर सकते हैं लेकिन भविष्य में इसे सौर फ्लेयर जैसे अलौकिक वातावरण के अनुकूल बनाने के लिए मेटा-लियरिंग मॉडल के साथ ट्विक किया जा सकता है जहां यह बंद हो सकता है नुकसान को कम करने के लिए संज्ञानात्मक रेडियो या ग्राउंड स्टेशन पर डेटा ट्रांसफर करने के लिए वैकल्पिक रास्तों का उपयोग करें।

ऑप्टिमाइज़र मेटा-लर्निंग एल्गोरिदम यहां एल्गोरिदम के लिए संज्ञानात्मक रेडियो को ट्विक करने के लिए बहुत मददगार हो सकता है लेकिन यहां तक कि आवर्तक मॉडल मेटा-लर्निंग का भी उपयोग किया जा सकता है

2.5 टूटे हुए सेंसर का डेटा भरना

कुछ दुर्भाग्यपूर्ण स्थितियों के कारण कुछ सेंसर या उसका हिस्सा काम करना बंद कर सकता है लेकिन सेटअप पूरी तरह से चालू है ऐसे मामलों में सेंसर से डेटा की अनुपस्थिति को मेटा मशीन लर्निंग एल्गोरिदम द्वारा नकल किया जा सकता है जो वास्तविक सिंथेटिक डेटा के साथ अंतराल को भर सकता है जो है अनिवार्य रूप से एक वर्चुअल सेंसर बनाना।

ऑप्टिमाइज़र मेटा-लर्निंग एल्गोरिदम यहां एल्गोरिदम के लिए संज्ञानात्मक रेडियो को ट्विक करने के लिए बहुत मददगार हो सकता है लेकिन यहां तक कि आवर्तक मॉडल मेटा-लर्निंग का भी उपयोग किया जा सकता है

ऐसे कई अन्य रास्ते हैं जहां मेटा-लर्निंग का उपयोग किया जा सकता है जिसमें क्षुद्रग्रह सतह मॉडलिंग, रोवर नेविगेशन और एकत्रित डेटा विश्लेषण शामिल हैं, वास्तविक समय विश्लेषण के लिए सैटेलाइट में कुछ मेटा-लर्निंग मॉडल भी हो सकते हैं।

3. निष्कर्ष

अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी के लिए विभिन्न अनुप्रयोगों में मेटा-लर्निंग का उपयोग किया जा सकता है, उनमें से कुछ की ऊपर चर्चा की गई है, लेकिन अनिश्चित रूप से अधिक से अधिक हैं जिन्हें मेटा-लर्निंग की मदद से महसूस किया जा सकता है क्योंकि डेटा की आवश्यकता उस बिंदु तक कम हो जाती है जहां हम सीखने को सक्षम कर सकते हैं केवल एक छवि या डेटा बिंदु, अनुप्रयोगों की मात्रा असीमित है और मानव जाति की बेहतरी के लिए और अधिक शोषण किया जा सकता है

और एआई को ह्यूमस के समान एक मुस्कराते हुए काम करने में सक्षम बनाता है और यह हमेशा के लिए अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी में क्रांतिकारी बदलाव कर सकता है।

4. संदर्भ

1. https://yewtu.be/watch?v=Y2vMNCNM4_c, AI in Space Science | Future of Artificial Intelligence
2. <https://www.unite.ai/what-is-meta-learning/>, What is meta-learning
3. <https://blog.paperspace.com/few-shot-learning/>, few-shot learning introduction
4. <https://www.analyticsinsight.net/use-of-artificial-intelligence-and-machine-learning-in-nasa/>, Use of Artificial Intelligence and Machine Learning in NASA
5. https://wikiless.org/wiki/Interstellar_travel?lang=en, interstellar travel
6. <https://sites.google.com/mit.edu/aaai2021metalearningtutorial/home>, AAAI 2021 Meta Learning Tutorial
7. <https://yewtu.be/watch?v=1VXH2fMv1U4>, Meta-Learning
8. <https://yewtu.be/watch?v=x-mzS5omvFQ>, Sp18 ML@B Workshop Series #4: Meta Learning - Invidious
9. <https://youtube.com/yannickilcher>, Yannic Kilcher

लेखक परिचय -



डॉ. दीपक मिश्रा, भारतीय अंतरिक्ष विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी संस्थान, तिरुवनंतपुरम में एविओनिकी विभाग में आचार्य के पद पर कार्यरत हैं। वे उस विभाग के विभागाध्यक्ष भी हैं। उनके अनुसंधान के क्षेत्र के अंतर्गत कृत्रिम बुद्धि, कंप्यूटर विज्ञान, डीप लर्निंग एवं मशीन लर्निंग शामिल हैं।

तीव्र प्रकाशिक क्वांटम इंटरगलमेंट का क्वांटम संचार में उपयोगिता

अशोक कुमार

भौतिकी विभाग

भारतीय अंतरिक्ष विज्ञान और प्रौद्योगिकी संस्थान, तिरुवनंतपुरम, ६९५५४७ भारत

आज इंटरनेट की दुनिया में व्यक्तिगत, वित्तीय, स्वास्थ्य, राष्ट्रीय रहस्य और वाणिज्यिक सहित हमारी अधिकांश जानकारी नियमित रूप से इंटरनेट के माध्यम से प्रसारित की जा रही है। इसलिए, दो पक्षों के बीच सुरक्षित संचार अत्यंत महत्वपूर्ण है। हालांकि, वर्तमान संचार योजनाओं में, सुरक्षा किसी भी मौलिक नियमों के आधार पर निर्धारित नहीं है, जिसका अर्थ है कि क्वांटम कंप्यूटरों के आगमन के साथ, हमारी वर्तमान संचार प्रणालियों को आसानी से हैक किया जा सकता है। इसलिए, वैकल्पिक संचार प्रणालियों की तलाश करना अनिवार्य है जो क्वांटम यांत्रिकी के सिद्धांतों पर आधारित हों, जो मौलिक रूप से सुरक्षित हों; ऐसे संचार प्रोटोकॉल को अब आमतौर पर क्वांटम संचार के रूप में जाना जाता है। वर्तमान में क्वांटम संचार के क्षेत्र में होने वाले अधिकांश शोध कार्य एकल फोटोन पर आधारित हैं जिनको बहुत दूरी तक बिना नुकसान पहुंचाये प्राप्त करना एक चुनौती है। हम अपने शोध कार्य में क्वांटम गुणों को तीव्र प्रकाशिक तरंगों में प्रदर्शित करने के क्षेत्र में काम कर रहे हैं, और हमने ये दिखाया है कि तीव्र प्रकाशिक तरंगों में भी क्वांटम संचार के लिए आवश्यक इंटरगलमेंट दिखाया जा सकता है। अतः तीव्र प्रकाशिक तरंगों क्वांटम संचार के क्षेत्र में एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाएंगी।

प्रस्तावना

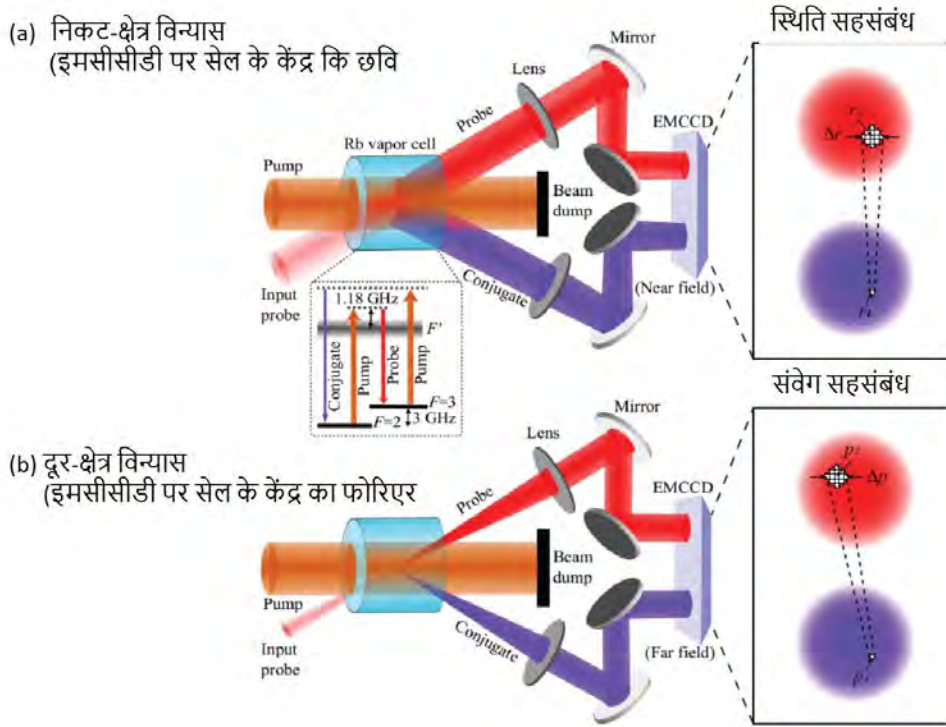
आइंस्टीन ने अपने दो सहयोगियों, पोलोल्स्की और रोज़न, के साथ १९३५ में २१वीं शताब्दी का एक महत्वपूर्ण लेख प्रकाशित किया [१]। इस लेख ने क्वांटम यांत्रिकी के क्षेत्र में काफी हलचल मचा दी थी, और आज दुनिया इस लेख में लिखे प्रस्ताव को आइंस्टीन-रोज़न-पोलोल्स्की विरोधाभास ईपीआर-पैराडॉक्स के नाम से जानती है। इस लेख में यह दिखाया गया क्वांटम यांत्रिकी के कुछ निष्कर्षों से यह लगता है कि क्वांटम यांत्रिकी में कुछ महत्वपूर्ण सुधार की आवश्यकता है। विशेषतया, ईपीआर ने अपने एक काल्पनिक प्रयोग में यह पाया कि, जब हम दो कणों को पूर्णतया सहसम्बन्ध (पर्फेक्टली कोरीलेटेड) मानकर क्वांटम यांत्रिकी की गणनाएं करें तो यह प्रतीत होता है कि इस प्रकार की अवस्थाएं हाइजेनबर्ग के अनिश्चितता के सिद्धांत का उल्लंघन करती हैं। परन्तु बाद में यह पाया गया कि ईपीआर के निष्कर्ष क्वांटम यांत्रिकी को स्थानिक सिद्धांतों के अनुसार मानकर निकले हैं, वास्तव में क्वांटम यांत्रिकी गैर-स्थानिक व्यवहार भी प्रदर्शित कर सकती है। यदि हम क्वांटम यांत्रिकी के गैर-स्थानिक व्यवहारों को मानें तो यह ज्ञात होता है कि क्वांटम यांत्रिकी हाइजेनबर्ग के अनिश्चितता के सिद्धांत का उल्लंघन नहीं करती है। जब क्वांटम यांत्रिकी ईपीआर-पैराडॉक्स के प्रकार के व्यवहार को दिखाती

है तो इन परिस्थितियों को श्रोडिंगर ने इंटेंगलमेंट का नाम दिया गया, और जो तंत्र इंटेंगलमेंट दिखाता है उसे इंटेंगल्ड तंत्र कहा जाता है।

आज जब दुनिया तकनीकी के क्षेत्र में दूसरी क्वांटम क्रांति की ओर अग्रसर हो रही है, इंटेंगलमेंट अधिकांश क्वांटम तकनीकियों में एक महत्वपूर्ण संसाधन के रूप में उपयोग हो रहा है। क्वांटम क्रांति का एक महत्वपूर्ण उदाहरण क्वांटम संचार है, जिसकी मदद से हम गोपनीय सूचनाएं एक स्थान से दूसरे स्थान में मौलिक रूप से सुरक्षित अवस्था में भेज सकते हैं। इन क्वांटम संचार के क्षेत्र में इंटेंगलमेंट का एक महत्वपूर्ण योगदान है।

हम अपने शोध में प्रकाश के इंटेंगलमेंट गुणों का अध्ययन करते हैं, मुख्य रूप से हम प्रकाश के इंटेंगलमेंट का क्वांटम संचार में उपयोग पर अपना अध्ययन केंद्रित करते हैं। वर्तमान में क्वांटम संचार के लिए उपयोग किये जाने वाले अधिकांश संसाधन प्रकाश के मूलभूत कणों, जिन्हें फोटोन कहा जाता है, के आधार पर है, परन्तु एकल फोटॉनों को बिना नुकसान पहुंचाये बहुत दूर तक भेजना और फिर उन्हें अभिग्राही स्टेशन (रिसीविंग स्टेशन) में एकल फोटोन डिटेक्टर की मदद से प्राप्त करना एक बड़ी चुनौती है। हाल ही में हमने ये दिखाया कि ईपीआर के प्रकार का विरोधाभास (ईपीआर-पैराडॉक्स) तीव्र प्रकाशिक तरंगों में भी देखा जा सकता है, अर्थात् तीव्र प्रकाशिक तरंगों भी इंटेंगलमेंट प्रदर्शित कर सकती हैं। हमारे शोध का एक महत्वपूर्ण उपयोग क्वांटम संचार के क्षेत्र में हो सकता है जिसमें एकल फोटोन के स्थान पर तीव्र प्रकाशिक तरंगों को सूचनाओं के वाहक के रूप में उपयोग किया जा सकता है। इस प्रकार कि इंटेंगल्ड तीव्र प्रकाशिक तरंगों ना केवल प्रचुर बाहरी प्रकाश की उपस्थिति में क्वांटम संचार को संभव बनाएंगी बल्कि इनका प्राप्तिकरण (डिटेक्शन) काफी सरलता से किया जा सकता है।

प्रायोगिक उपकरण चित्र (1) में हमारे शोध में उपयोग किये हुए उपकरण का एक रेखाचित्र दिखाया गया है। हमने एक तीव्र लेज़र बीम को रुबिडियम गैस, जो एक कांच के सेल में रखी है, को उत्तेजित अवस्था में लाने के लिए उपयोग किया गया है [२]। इस लेज़र बीम की शक्ति लगभग २ वॉट रखी गयी थी, और इसे पंप बीम के नाम से दिखाया गया है। हमने एक अन्य सूक्ष्म शक्ति कि लेज़र बीम, जिसकी शक्ति लगभग १०० माइक्रोवॉट रखी गयी है, को भी रुबिडियम गैस के सेल में आपतित किया है, इस लेज़र बीम को इनपुट प्रोब बीम कहा गया है। हमने चार-तरंग मिश्रण नाम की अरेखीय प्रकाशिक क्रिया का उपयोग किया है, इस प्रक्रिया में रुबिडियम परमाणु पंप बीम से दो फोटोन अवशोषित करते हैं और ऊर्जा संरक्षण के नियम के आधार पर दो नए फोटोन का जन्म होता है जिन्हें हम जुड़वा फोटोन कहते हैं, जैसा की चित्र (१) के इनसेट में दिखाया गया है। इन जुड़वा फोटोनो को प्रोब और कॉन्जुगेट नाम दिया गया है।



चित्र (१): तीव्र प्रकाशिक तरंगों में ईपीआर-पैराडॉक्स प्रदर्शित करने का उपकरण (a) निकट-क्षेत्र विन्यास (b) दूर-क्षेत्र विन्यास | स्थिति सहसंबंध माप के लिए एक एकल लेंस सेल के केंद्र की छवि को इएमसीसीडी पर बनाता है जबकि संवेग सहसंबंध माप के लिए एफ-टू-एफ संयोजन में एक एकल लेंस इएमसीसीडी पर सेल के केंद्र का फोरिएर रूपांतरण उत्पन्न करता है।

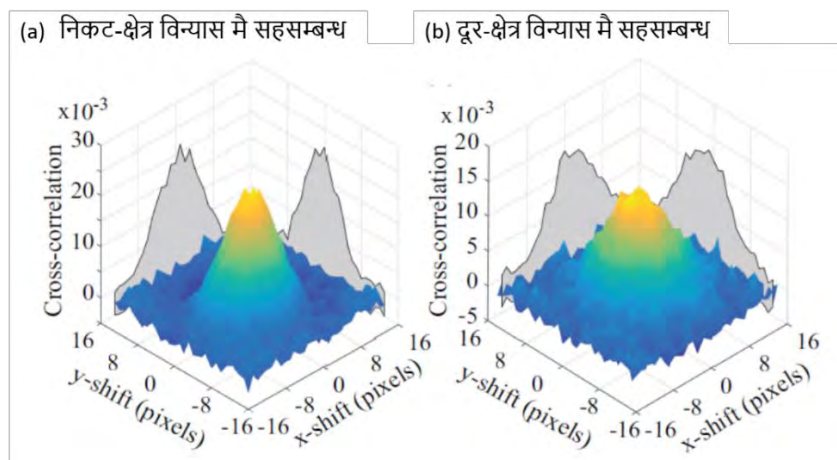
सूक्ष्म शक्ति के इनपुट प्रोब की उपस्थिति में चार-तरंग मिश्रण की प्रक्रिया उत्तेजित हो जाती है और जुड़वा फोटोनों के पैदा होने की दर बढ़ जाती है और हमें तीव्र प्रकाश के प्रोब और कॉन्जुगेट तरंगों मिलने लगती है। चूंकि प्रोब और कॉन्जुगेट एक ही समय में एक ही श्रोत से पैदा हुए हैं, उनके गुण पूरी तरह से सहसंबंधित होते हैं। क्वांटम यांत्रिकी की भाषा में, इन दोनों जुड़वा तरंगों को भिन्न-भिन्न तरंग फलनों द्वारा प्रदर्शित नहीं किया जा सकता है, अर्थात् जुड़वा फोटोनों को हमेशा एक संयुक्त तरंग फलन द्वारा प्रदर्शित किया जाता है, जिसे इंटेंगल्ड तरंग फलन कहा जाता है। जैसा की चित्र (१) में दिखाया गया है, जुड़वा फोटोनों की गति की दिशाएँ संवेग संरक्षण के नियम के अनुसार निर्धारित होती हैं, अर्थात् दो लेज़र पंप फोटोनों के संवेग का योग नए जन्मे हुए जुड़वा फोटोनों के संवेगों के योग के बराबर होना चाहिए।

जुड़वा फोटोनों के जन्म के पश्चात अवशिष्ट पंप लेज़र तरंगों को फ़िल्टर कर दिया जाता है, जबकि जुड़वा फोटोनों को एक अत्याधुनिक और तीव्र इएमसीसीडी कैमरा में रिकॉर्ड कर लिया जाता है। चूंकि हमारे इस शोध कार्य का लक्ष्य तीव्र प्रकाशिक तरंगों में ईपीआर-पैराडॉक्स को दिखाना है, अतः हमने जुड़वा फोटोनों को इस प्रकार रिकॉर्ड किया है जिससे हम इन फोटोनों

को जन्म के समय की स्थिति और संवेग का पता लगा पाए। इस प्रकार के अध्ययन के लिए एक उत्तल लेंस का उपयोग किया गया है। जैसा की चित्र (१ (a)) में दिखाया गया है, जुड़वा फोटोनो की स्थिति ज्ञात करने के उत्तल लेंस को निकट-क्षेत्र विन्यास में रखा गया है जिससे इएमसीसीडी में सेल के केंद्र की छवि बनती है। दूसरी ओर जुड़वा फोटोनो के संवेग का पता लगाने के लिए उत्तल लेंस को दूर-क्षेत्र विन्यास में रखा गया है (चित्र (१ (b))), जिसमें इएमसीसीडी पर सेल के केंद्र का फोरिएर रूपांतरण रिकॉर्ड किया जाता है। वास्तव में यह फोरिएर रूपांतरण जुड़वा फोटोनो के संवेग को बताता है।

परिणाम और परिचर्चा

हमने जुड़वा फोटोनो की छवियां निकट-क्षेत्र विन्यास और दूर-क्षेत्र विन्यास में कैमरा में रिकॉर्ड कीं। इन छवियों में जुड़वा फोटोनो की तीव्रताओं के सहसम्बन्धों की जाँच करने पर हमें फोटोनो के पैदा होने की अवस्था में स्थिति और संवेग का ज्ञान होता है। इस प्रकार के सहसम्बन्धों की जाँच करने के लिए हम सर्वप्रथम प्रोब फोटोनो की एक नियत स्थिति निर्धारित कर लेते हैं, और इस स्थिति में प्राप्त प्रकाश की तीव्रता को पुरे कॉज्यूगेट छवि की तीव्रता के साथ सहसम्बन्धित किया जाता है। इस प्रक्रिया से प्राप्त सहसम्बन्धों को चित्र (२) में दिखाया गया है। जैसा की आप चित्र (२) में देख सकते हैं, एक फोटोन की स्थिति या संवेग को यदि हम निर्धारित करके दूसरे फोटोन की स्थिति और संवेग ज्ञात करे तो हमें एक गौशियन प्रकार का वितरण मिलता है। वास्तव में ये वितरण जुड़वा फोटोनो के स्थिति और संवेग में अनिश्चितता को प्रदर्शित करता है। इस प्रकार के वितरण से हम जुड़वा फोटोनो की सशर्त स्थिति और संवेग को ज्ञात कर सकते हैं। सन १९८९ में वैज्ञानिक मार्गरीट रेड ने यह दिखाया की यदि हम इस तरह से प्राप्त स्थिति और संवेग में सशर्त अनिश्चितता को गुणा करके देखें और यदि यह गुड़नफल $(\hbar^2)/4$ से कम आता है तो यह ईपीआर-पैराडॉक्स या इंटेगलमेंट सिद्ध करने के पर्याप्त शर्त है, यहाँ \hbar का मान (प्लान्क नियतांक)/ 2π है [३]।



चित्र (२): प्रोब और कॉज्यूगेट फोटोनो की स्थानिक तीव्रताओं में सहसम्बन्धों का परिणाम (a) निकट-क्षेत्र विन्यास में सहसम्बन्ध (b) दूर-क्षेत्र विन्यास में सहसम्बन्ध

हमने अपने प्रयोग में यह पाया गया कि प्रोब और कॉज्गेट फोटोनो की स्थानिक तीव्रताओं के सहसम्बन्धों से प्राप्त स्थिति और संवेग में सशर्त अनिश्चितता को गुड़नफल $1.6 \times 10^{(-2)} \hbar^2$ (X- दिशा में) और $1.1 \times 10^{(-2)} \hbar^2$ (Y- दिशा में) है, यह गुड़नफल $(\hbar^2)/4$ से काफी काम है। अतः इन परिणामों से यह सिद्ध होता है कि तीव्र प्रकाश के प्रोब और कॉज्गेट तरंगों ईपीआर-पैराडॉक्स को प्रदर्शित करती है अर्थात् ये तरंगों इंटेगल्ड हैं। इस प्रकार की इंटेगल्ड तरंगों क्वांटम संचार के क्षेत्र में एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाएंगी।

निष्कर्ष

हमने आइंस्टीन-पोडोल्स्की-रोज़न विरोधाभास या ईपीआर-पैराडॉक्स को तीव्र प्रकाश तरंगों में दिखाया। इस अध्ययन की क्वांटम संचार क्षेत्र में एक महत्वपूर्ण भूमिका होगी, क्योंकि तीव्र प्रकाशिक तरंगों के माध्यम से क्वांटम लाभ दिखाना यह प्रदर्शित करता है कि क्वांटम संचार ना केवल एकल फोटोन तक सीमित हो सकता है बल्कि तीव्र प्रकाश से भी दिखाया जा सकता है। हमारे अध्ययन में हमने चार-तरंग मिश्रण नामक अरेखीय प्रकाशिक घटनाओं का उपयोग करके तीव्र प्रकाश की जुड़वा तरंगों को उत्पन्न किया और इमसीसीडी कैमरा की मदद से जुड़वा तरंगों की स्थितियों और संवेगों में सहसम्बन्धों को ज्ञात किया।

संदर्भ

1. ए. आइंस्टीन, बी. पोडोल्स्की, और न. रोजेन, फिजिकल रिव्यू, ४७, ७७७ (१९३५).
2. अ. कुमार, ग. निराला, और ए. मारिनो, क्वांटम साइंस एंड टेक्नोलॉजी, ६, ०४५०१६ (२०२१).
3. म. रेड, फिजिकल रिव्यू ए, ४०, ९१३ (१९८९).

लेखक परिचय -



डॉ. अशोक कुमार, भारतीय अंतरिक्ष विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी संस्थान, तिरुवनंतपुरम में भौतिकी विभाग में सहायक आचार्य के पद पर कार्यरत हैं। उनके अनुसंधान के क्षेत्र के अंतर्गत जेनरेशन ऐन्ड केरक्टराईसेशन ऑफ क्वांटम एनटैंगल्ड लाइट, क्वांटम सेंसिंग ऐन्ड क्वांटम इमेजिंग्स, क्वांटम कम्प्यूनिकेशन शामिल हैं।

MPEG4 आधारित रियल-टाइम एम्बेडेड वीडियो सिस्टम

गरिमा गौतम, वैज्ञा /एंजी एसडी, एवीएन

I. परिचय

प्रमोचन यानों को महत्वपूर्ण ऑनबोर्ड घटनाओं जैसे स्टेज सेपरेशन, इंजन इग्निशन, सैटेलाइट इजेक्शन, क्रू एस्केप, पैराशूट डिप्लॉयमेंट आदि की निगरानी के लिए एम्बेडेड इमेजिंग सिस्टम की आवश्यकता होती है। किसी भी प्रमोचन यान की बैंडविड्थ एक प्रीमियम संसाधन है। बैंडविड्थ की कमी के कारण, गुणवत्ता पर ज्यादा समझौता किए बिना इनपुट वीडियो डेटा को कई गुना कम करना आवश्यक है। MPEG4 पार्ट 10/AVC/H.264 एक अत्याधुनिक वीडियो कम्प्रेसन एल्गोरिथम है जो (200-300 की सीमा में) उच्च कम्प्रेसन अनुपात प्रदान करता है। इस प्रकार यह कम बैंडविड्थ पर उच्च गुणवत्ता वाले वीडियो प्राप्त करने के लिए एक पसंदीदा विकल्प बन जाता है। इस पेपर में, हमने H.264 आधारित रीयल-टाइम वीडियो इमेजिंग सिस्टम के डिज़ाइन का वर्णन किया है। इस प्रणाली को अंतरिक्ष अभियानों की एक विस्तृत श्रृंखला के अनुकूल बनाने के लिए, इसमें प्रोग्राम होने योग्य पैरामीटर का उपयोग किया गया है। इस लेख में हमने ऑब्जेक्टिव और सब्जेक्टिव दोनों मापदंडों का उपयोग करके सिस्टम के प्रदर्शन का मूल्यांकन किया है।

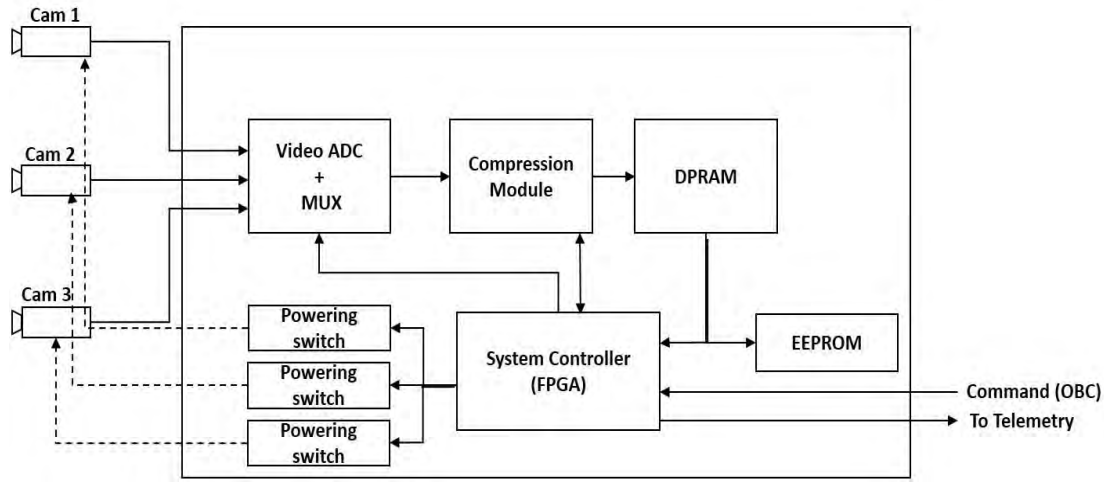
II. डिज़ाइन का मानदंड

पारंपरिक इमेजिंग सिस्टम के विपरीत, प्रमोचन यानों पर वीडियो इमेजिंग सिस्टम को विशिष्ट आवश्यकताओं का पालन करना पड़ता है। रुचि की घटना को कैप्चर करने के लिए ऑन-बोर्ड कैमरे रणनीतिक रूप से लगाए जाते हैं। इन कैमरों की स्थिति प्रोसेसिंग इलेक्ट्रॉनिक्स से 20 मीटर तक दूर हो सकती है। कच्चे वीडियो डेटा को प्रोसेसिंग इलेक्ट्रॉनिक्स में स्थानांतरित करने के लिए एक उपयुक्त परिरक्षित माध्यम का उपयोग किया जाता है। कच्चे वीडियो डेटा को कंप्रेस किया जाता है और प्रसारण के लिए टेलीमेट्री में भेजा जाता है। कंप्रेसड डेटा ग्राउंड स्टेशन द्वारा डिकोड किया जाता है। मिशन कंप्यूटर ग्राउंड स्टेशन से सभी टेलीमीटर्ड पैरामीटर प्राप्त करते हैं और वीडियो डेटा को अलग कर देते हैं। वीडियो डेटा पैकेट ईथरनेट के माध्यम से डिस्प्ले कंसोल पर भेजे जाते हैं। रीयल-टाइम डिस्प्ले सॉफ्टवेयर ईथरनेट पैकेट प्राप्त करता है। फिर वीडियो फ्रेम को डीकंप्रेस करता है और मिशन कंट्रोल सेंटर में एक स्क्रीन पर वीडियो को प्रस्तुत करता है।

उपरोक्त प्रणाली कुछ विशिष्ट डिजाइन बाधाओं को प्रस्तुत करती है। बड़ी मात्रा में कच्चे वीडियो डेटा को लंबी दूरी तक ले जाने की आवश्यकता है। इस बाधा को ध्यान में रखते हुए एनालॉग वीडियो कैमरों का उपयोग इनपुट के रूप में किया जाता है। टेलीमेट्री यूनिट फिक्सड रेट टेलीमेट्री

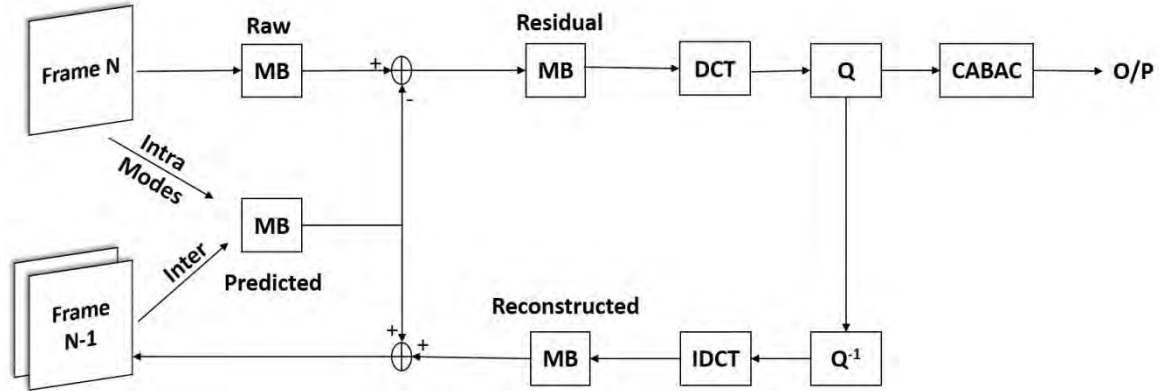
है, इसलिए आउटपुट एन्कोडेड वीडियो को लक्ष्य बिटरेट का सख्ती से पालन करना चाहिए। चूंकि विभिन्न मिशनों में वीडियो प्रसारण के लिए अलग-अलग बैंडविडि आवंटित हो सकते हैं, इसलिए बैंडविडिथ प्रोग्राम योग्य होनी चाहिए। लांच वाहन में पावर सीमित होने के कारण, यह आवश्यक है कि प्रस्तावित डिजाइन पावर दक्ष हो। वजन कम रखने के लिए प्रस्तावित डिजाइन को वाहन पर मौजूद कई कैमरों के साथ इंटरफेस करना चाहिए।

III. प्रस्तावित डिजाइन

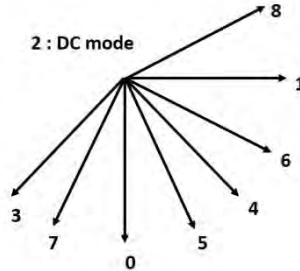


चित्र 1: प्रस्तावित प्रणाली के लिए इलेक्ट्रॉनिक्स प्रसंस्करण ।

उच्च-विश्वसनीयता वाले कंपोनेंट्स का उपयोग करके एक नई प्रणाली तैयार की गई है। प्रस्तावित डिजाइन कई एनालॉग कैमरों के साथ इंटरफेस करता है। संसाधित किए जाने वाले कैमरा आउटपुट का चयन करने के लिए एक वीडियो ADC और mux का उपयोग किया जाता है। पावर बचाने के लिए, अन्य सभी इंटरफेसिंग कैमरे जिनके आउटपुट को संसाधित नहीं किया जा रहा है, एफपीजीए द्वारा बंद कर दिए जाते हैं। कम्प्रेसन मॉड्यूल इनपुट के रूप में BT656 अनुरूप कच्चे डिजिटल वीडियो डेटा को स्वीकार करता है और इसे रियल-टाइम में H.264 अनुरूप बिट स्ट्रीम में कंप्रेस करता है। यह मॉड्यूल लिनक्स ओएस (Linux OS) पर चलने वाले डिजिटल मीडिया एसओसी पर बनाया गया है। एन्कोडेड डेटा को कंप्रेसन मॉड्यूल द्वारा डुअल-पोर्ट रैम में लिखा जाता है। एक FPGA का उपयोग एन्कोडेड वीडियो डेटा के साथ टेलीमेट्री सर्विस और अन्य सभी मॉड्यूल को कॉन्फिगर करने के लिए किया जाता है। पैकेज में विभिन्न प्रोग्राम योग्य मापदंडों को संग्रहीत करने के लिए एक छोटा EEPROM शामिल है। इन मापदंडों को आवश्यकता के अनुसार प्रत्येक मिशन के लिए बदला जा सकता है।



चित्र 2: H.264 एन्कोडिंग प्रक्रिया को दर्शाता हुआ ब्लॉक आरेख।



चित्र 3: 4x4 ब्लॉक के लिए H.264 एन्कोडिंग के 9 इंट्रा प्रेडिक्शन मोड।

चित्र 2 कम्प्रेसन मॉड्यूल के H.264 कार्यान्वयन को दर्शाने वाला ब्लॉक आरेख दिखाता है। एन्कोडिंग प्रक्रिया के लिए प्रत्येक फ्रेम को 16x16 पिक्सेल की कई उप-इकाइयों में विभाजित किया जाता है जिसे मैक्रोब्लॉक (एमबी) कहा जाता है। प्रत्येक मैक्रोब्लॉक के मूल्य का अनुमान या तो इंट्राप्रेडिक्शन या इंटरप्रेडिक्शन का उपयोग करके लगाया जाता है। इंट्राप्रेडिक्शन के मामले में, सह-स्थित पिक्सेल के पिक्सेल मानों को गणना के लिए एक्सट्रापोलेट किया जाता है। मानक 4x4 ब्लॉक-प्रकार पर इंट्राप्रेडिक्शन के कुल 9 मोड और 8x8 और 16x16 ब्लॉक-टाइप के इंट्रा प्रेडिक्शन के लिए 4 मोड को परिभाषित करता है। 4x4 ब्लॉक प्रकार के लिए आठ मोड अलग-अलग दिशाओं में पड़ोसी पिक्सल को एक्सट्रापोलेट करके पूर्वानुमान करते हैं जैसा कि चित्र 2 में दिखाया गया है। आखिरी मोड आकलन करने के लिए पड़ोसी पिक्सल के डीसी मानों का उपयोग करता है। 8x8 और 16x16 ब्लॉक प्रकार के लिए 4 मोड क्षैतिज इंटरपोलेशन, लंबवत इंटरपोलेशन, डीसी और प्लानर अनुमान का उपयोग करके पूर्वानुमान करते हैं। इंटर प्रेडिक्शन के मामले में, पहले से एन्कोडेड फ्रेम के सह-स्थित पिक्सल का उपयोग एमबी के मूल्य की पूर्वानुमान करने के लिए किया जाता है। इंटर प्रेडिक्शन पहले से एन्कोडेड फ्रेम में अपनी स्थिति के आधार पर वर्तमान फ्रेम में एमबी की स्थिति की पूर्वानुमान करने के लिए मोशन वेक्टर का उपयोग करता है। वह मोड जिसके परिणामस्वरूप कम से कम अवशिष्ट होता है, एन्कोडिंग के लिए चुना जाता है। रेसिडुअल फ्रेम को डिजिटल कोसाइन ट्रांसफॉर्म (डीसीटी) का उपयोग करके

परिवर्तित किया जाता है जिसके बाद राशिकरण किया जाता है। लक्ष्य बिटरेट प्राप्त करने के लिए राशिकरण कारक को दर नियंत्रण अल्गोरिथम द्वारा नियंत्रित किया जाता है। एन्कोडर साथ ही साथ इनवर्स डीसीटी और रीस्केलिंग भी करता है। एमबी के कोडित संस्करण को उत्पन्न करने के लिए डीकोडेड एमबी को पूर्वानुमानित एमबी में जोड़ा जाता है। इन्हें संग्रहीत किया जाता है और बाद के फ्रेम की इंटरप्रेडिक्शन के लिए उपयोग में लाया जाता है। पूर्वानुमान करने के लिए डिकोडर को सक्षम करने वाली जानकारी के साथ मात्रात्मक गुणांक सीएबीएसी (कॉन्टेक्स्ट अडाप्टिव बाइनरी अरिथमेटिक कोडिंग) का उपयोग करके एन्ट्रॉपीकोड किया जाता है। अंत में, बिट स्ट्रीम को ITU-T (इंटरनेशनल टेलीकम्युनिकेशन यूनियन) की अनुसंधान के अनुसार NAL (नेटवर्क एबस्ट्रक्शन लेयर) इकाइयों में व्यवस्थित किया जाता है।

IV. विश्लेषण

प्रस्तावित डिजाइन का मूल्यांकन ऑब्जेक्टिव और सब्जेक्टिव दोनों मेट्रिक्स का उपयोग करके किया गया है। हमने PSNR (पीक सिग्नल टू नॉइज़ रेशियो) और SSIM (स्ट्रक्चरल समानता इंडेक्स मेट्रिक) का उपयोग करने का विकल्प चुना है, जो वीडियो की गुणवत्ता निर्धारित करने के लिए सबसे लोकप्रिय पैरामीटर हैं। PSNR नीचे दिए गए समीकरण का उपयोग करके संदर्भ फ्रेम में प्रत्येक पिक्सेल के मूल्य की तुलना उसके समकक्ष के साथ करता है। यहाँ MSE फ्रेम के बीच मीन स्क्वायर एरर है और $L = 256$ (बिट गहराई 8 के लिए) है।

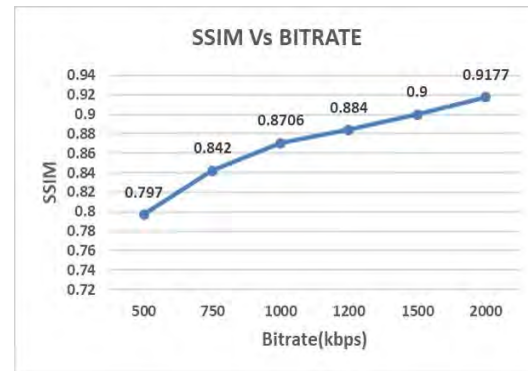
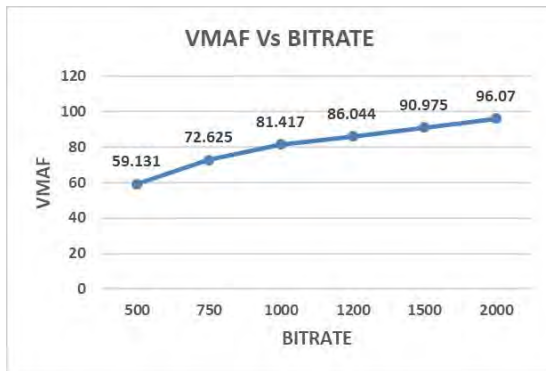
$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{(L - 1)^2}{MSE}$$

SSIM 0 और 1 के बीच का एक एकल सूचकांक उत्पन्न करने के लिए दो फ्रेमों की ब्राइटनेस, कंट्रास्ट और संरचना की तुलना करता है। यह एक एनकोडेड वीडियो फ्रेम की गुणवत्ता को दर्शाता है। अक्सर ऑब्जेक्टिव पैरामीटर सीधे वीडियो गुणवत्ता से संबंधित नहीं होते हैं। इसलिए हमने मानव दृश्य धारणा का अनुकरण करने के लिए VMAF (वीडियो मल्टी-मैथड असेसमेंट फ्रयूजन) नामक मशीन लर्निंग आधारित मॉडल का उपयोग किया है। वीडियो की गुणवत्ता को दर्शाने के लिए यह मॉडल 0 से 100 के बीच का स्कोर देता है।

निम्नलिखित परिणाम कोडेक मूल्यांकन के लिए उपलब्ध मानक परीक्षण वीडियो के अनुरूप हैं। हमने अपने प्रयोगों के लिए "डेरफ" के "वीडियो टेस्ट मीडिया डेटाबेस" से कच्चे एनटीएससी परीक्षण वीडियो का उपयोग किया है। अब हम डेटाबेस के परीक्षण वीडियो "flower_garden.yuv" पर विश्लेषण प्रस्तुत करेंगे।

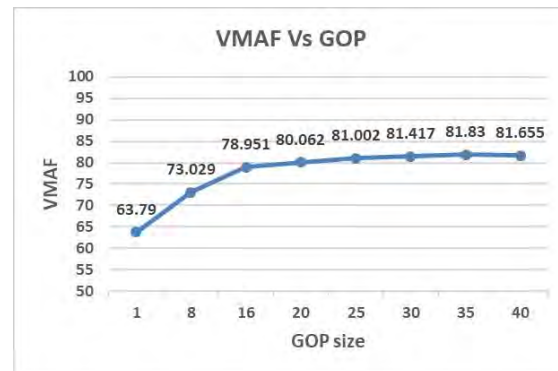
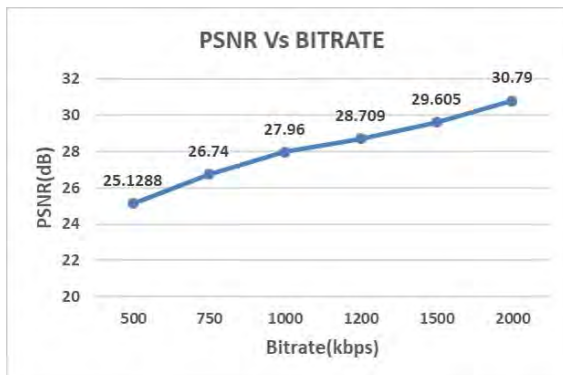


चित्र 4: H.264 द्वारा परीक्षण वीडियो "flower_garden.yuv" का एक एन्कोडेड वीडियो फ्रेम।



चित्र 5: फ्रेमरेट में वृद्धि के साथ बढ़ते हुए VMAF को दर्शाने वाला प्लॉट

चित्र 6: फ्रेमरेट में वृद्धि के साथ बढ़ते हुए SSIM को दर्शाने वाला प्लॉट



चित्र 7: फ्रेमरेट में वृद्धि के साथ बढ़ते हुए PSNR को दर्शाने वाला प्लॉट

चित्र 8: GOP आकार में वृद्धि के साथ बढ़ते हुए VMAF स्कोर को दर्शाने वाला प्लॉट (1 एमबीपीएस बिटरेट)।

V. निष्कर्ष

हम चित्र 7 में देख सकते हैं कि जैसे-जैसे बिटरेट बढ़ता है PSNR भी बढ़ता है। 500 kbps के बिटरेट के लिए PSNR 25.128 है और यह 2 mbps पर बढ़कर 30.79 हो जाता है। इसी तरह, चित्र 6 में हम देख सकते हैं कि उच्च बिटरेट पर SSIM 1 के बहुत करीब पहुंच जाता है। चित्र 5 से पता चलता है कि प्रस्तावित सिस्टम 1mbps से अधिक बिटरेट के लिए उच्च गुणवत्ता (VMAF > 80) वाले वीडियो का उत्पादन कर सकता है। 1 एमबीपीएस से कम बिटरेट के लिए वीएमएएफ स्कोर 60 से 80 के बीच है। हमने जीओपी (ग्रुप ऑफ पिक्चर्स) के आकार के साथ भी प्रयोग किया और निष्कर्ष निकाला कि किसी दिए गए बिटरेट के लिए जब जीओपी आकार 25 से 35 की सीमा में होता है तब गुणवत्ता अधिकतम होती है। यह चित्र 8 में दिखाया गया है। हमारे प्रयोग के आधार पर हम यह निष्कर्ष निकालते हैं कि प्रस्तावित प्रणाली किसी दिए गए बैंडविड्थ के लिए अच्छी वीडियो गुणवत्ता प्रदान करने में सक्षम है।

लेखक परिचय -



मैं गरिमा गौतम हूं। मैं वीएसएससी में के एडवांस्ड वीडियो इमेजिंग डिवीजन में वैज्ञानिक एसडी के रूप में काम कर रही हूं। मैंने 2017 में भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान (IIT) पटना से इलेक्ट्रिकल इंजीनियरिंग में अपना बीटेक पूरा किया है। मेरे काम के प्रमुख क्षेत्र विज्ञान आधारित विभिन्न एम्बेडेड हार्डवेयर समाधान हैं।

“लायडार प्रौद्योगिकी - नवाचार और उद्भवन के अवसर “

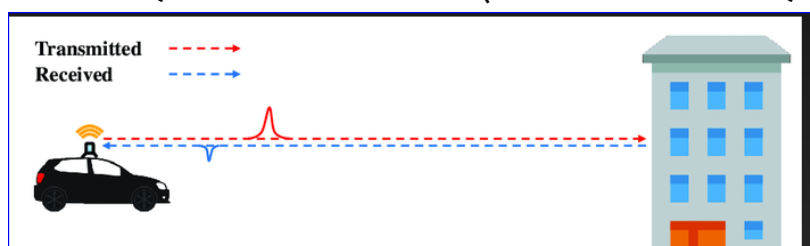
प्रशांत प्रकाश अंगरख

एम टेक (जियो इन्फॉर्मेटिक्स)

आईआईएसटी, त्रिवेन्द्रम

अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी निरंतर विकासशील रही हैं। भारत का अंतरिक्ष कार्यक्रम एक ऐसे समय में शुरू हुआ जब हर एक देशवासी को ज़िंदगी के मूलभूत जरूरतें (जैसे रोटी कपड़ा और मकान) प्रदान करने के लिए यह देश जूझ रहा था। 1960 के दशक में ढेर सारी चुनौतियों के बीच विक्रम साराभाई जैसे दूरदर्शी वैज्ञानिक ने भारत की मूल समस्याओं का समाधान अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी से ही संभव है - यह पूरी दुनिया के सामने घोषित कर दिया। उन्होंने कहा कि हमें अंतरिक्ष विज्ञान और प्रौद्योगिकी को लोगों से जोड़ना है - जिससे उनकी समस्याओं का समाधान उचित रूप से हो सके। इसी विज्ञान और मिशन के साथ यह अंतरिक्ष कार्यक्रम आगे बढ़ा और इस मुकाम पर आज पहुँच पाया है। वक्त के साथ साथ नयी तकनीक / प्रौद्योगिकी का भी विकास होते आ रहा है। इस लेख के माध्यम से ऐसी ही एक नयी उभरती हुई प्रौद्योगिकी के बारे में आज हम बात करेंगे - जिसके नवाचार और उद्भवन के ढेर सारे अवसर संभव हैं। वह तकनीक है - “लायडार(LIDAR)” (Light Detection and Ranging) लायडार तकनीक एक बेहद ही अतुलनीय एवं उभरती हुई रिमोट सेंसिंग (सुदूर संवेदन) प्रौद्योगिकी है। यह एक एक्टिव रिमोट सेंसिंग तकनीक है जो प्रति घंटे ढेर सारे एलेवेशन प्वाइंट्स को रेकॉर्ड करने में समर्थ है।

इस तकनीक में दूरी के मापन के लिए लक्ष्य पर लेजर प्रकाश भेजता है और परावर्तित प्रकाश का विश्लेषण किया जाता है। लेजर प्रकाश को स्कैनर से लक्ष्य तक जाने और फिर वापस लौटने में जो समय लगता है उसे मापा जाता है। इस के आधार पर स्कैनर से लक्ष्य की दूरी का अनुमान लगाया जाता है। काफी सटीक मापन इस तकनीकी से संभव हो पाया है।



चित्र -01 लेजर स्कैनर से लक्ष्य की ओर जा रही प्रकाश किरण

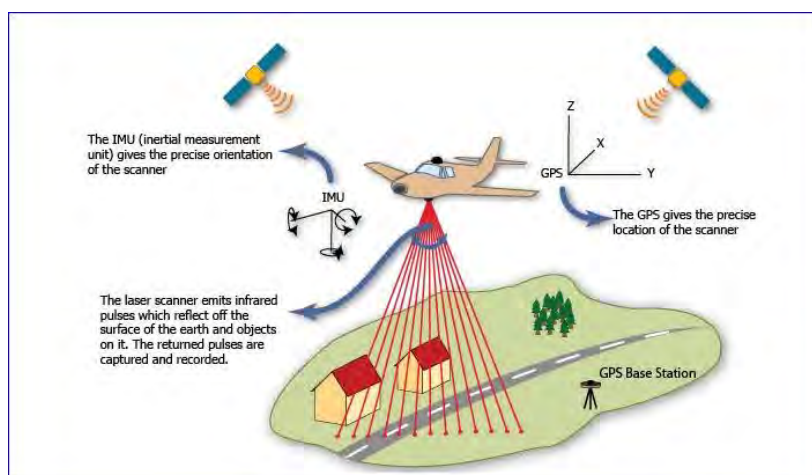
बचपन में स्कूल में गणित में सीखे हुए सिम्पल “ $speed = distance / time$ ” इस फॉर्मूला का उपयोग कर हम लक्ष्य और स्कैनर के बीच के अंतर को नाप सकते हैं। लिडार का सिद्धांत सरल है. यह पृथ्वी की सतह पर स्थित किसी वस्तु पर लेजर प्रकाश फेंकता है और प्रकाश के

लौटने के समय का आकलन करता है और इस प्रकार उस वस्तु की दूरी का पता लगा लेता है क्योंकि प्रकाश की गति 186,000 मील प्रति सेकंड होती है। इसलिए किसी वस्तु की सटीक दूरी का पता अविश्वसनीय रूप से तेजी से हो जाता है।

इतनी सरलता से यदि यह नयी तकनीक कार्य कर रही हैं तो आप सभी सोचेंगे की यह तो पहले भी हम करते आ रहे हैं - इसमें नया क्या है - या नवाचार के अवसर कहा हैं । तो मे आपको बता दूँ की हम जिस जगत मे रह रहे हैं वह पूरा 3 डी में हैं - यदि हम सभी स्थानों को 3डी विजुअलाइज़ेशन मे देखें तो उनका अध्ययन करने मे हमें काफी सहायता होगी। मनुष्य प्राणी के जीवन स्तर को बढ़ाने और पृथ्वी पर अपने अस्तित्व को कायम रखने के लिए पृथ्वी के देख भाल करना - साधनों का उपयुक्त प्रयोग करना - यह सब इस तकनीकी द्वारा संभव हैं । लायडार प्रौद्योगिकी की अपार संभावना उसे विविध प्रकार के अनुप्रयोगों के लिए सक्षम बनाती हैं।

आप सभी के मन में अब कोतूहल होगा आखिर क्या होता हैं लायडार (Lidar) और यह कैसे कार्य करता हैं ?

तो चलियें पहले समझते हैं - लायडार के अवयवों को (Lidar Components)



चित्र -02 लायडार के महत्वपूर्ण अवयव (यूनिट)

लायडार के 4 मुख्य यूनिट होते हैं :

1. लायडार यूनिट :

यह यूनिट ग्राउंड को स्कैन कर लक्ष्य की ओर प्रकाश किरण भेजता हैं और परावर्तित प्रकाश को रिसीव करता हैं । विद्युत चुम्बकीय वर्णक्रम में सिर्फ ग्रीन (Green) और एनआइआर (Near Infra Red) बैंड का उपयोग लायडार तकनीक मे किया जाता हैं । ग्रीन (Green-532nm) तरंगदैर्घ्य (wavelength) का उपयोग ब्याथिमेट्रिक अनुप्रयोगों के लिए किया जाता

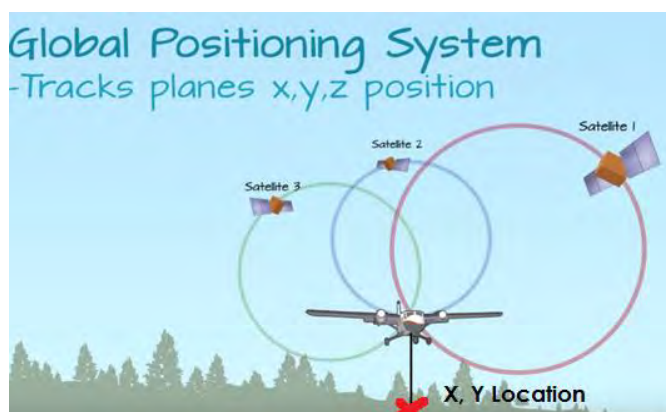
हैं। ब्याथिमेट्री से यहाँ तात्पर्य है - पानी के नीचे की गहराई का अध्ययन। इसके विपरीत टोपोग्राफिकल (स्थलाकृतिक) अध्ययन के लिए एनआइआर (Near Infra Red-1064nm) बैंड का उपयोग किया जाता है।



चित्र -03 लायडार यूनिट

2. ग्लोबल पोजिशनिंग सिस्टम - जीपीएस (GPS) :

यह यूनिट लोकेशन की जानकारी रेकॉर्ड करने में मददगार सिद्ध होता है। इसे कौर्डिनेट सिस्टम में हम XY के रूप में जानते हैं। आपके मोबाइल में जब भी आप गूगल मैप का उपयोग करते हैं और उसे आपके लोकेशन (स्थान) का एक्सैस देते हो तो वह आपका लोकेशन XY के रूप में दर्शाता है। लायडार से मिली जानकारी से हमें ऊंचाई (एलेवेशन) की जानकारी भी मिल जाती है।

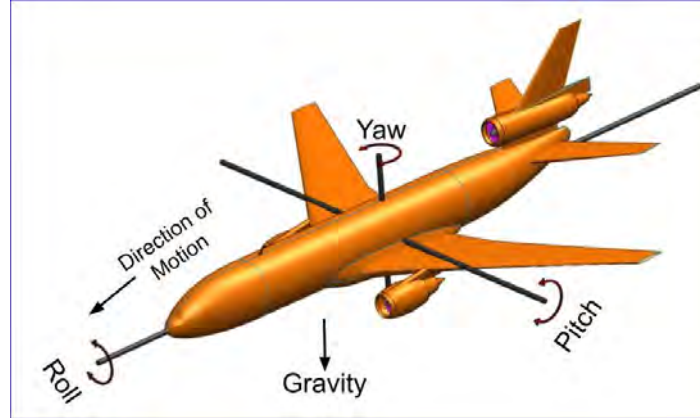


चित्र -04 जीपीएस यूनिट

3. इनरशियल मेज़हरमेंट यूनिट -आईएमयू (IMU) :

यह यूनिट जिस विमान (प्लेन) पर लेसर स्केनर लगा है उसके स्थान (पोजीशन) को ट्रैक करने का कार्य करता है। ऊंचाई के मापन में सटीकता से करने में आईएमयू काफी सहायक होता है। प्लेन के उड़ते समय आने वाली हवा के अवरोध (टर्ब्युलेंस/Turbulence) से होने वाले स्थानांतरण को नियंत्रण में करने का कार्य भी आईएमयू यूनिट द्वारा किया जाता है। इसे

रोल , पिच ,याव के नाम से जाना जाता हैं जो क्रमशः एकसवाईज़ेड (XYZ) दिशाओं मे होने वाले प्लेन के स्थानांतरण को दर्शाते हैं ।

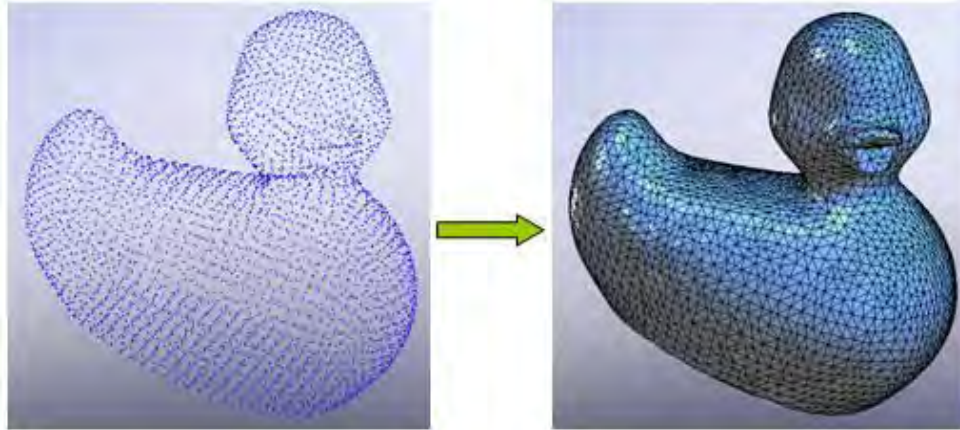


चित्र -05 प्लेन के स्थानांतरण को दर्शाने वाले -रोल , पिच ,याव

4. कम्प्यूटर

लायडार स्केनर , जीपीएस ,आईएमयू द्वारा रेकॉर्ड किए जाने वाली जानकारी को सही ढंग से संग्रहीत (स्टोर) कर सटीक अध्ययन करने के लिए कम्प्युटर / नेटवर्क ऑफ कम्प्युटरस की आवश्यकता होती हैं ।

लायडार डेटा दरअसल एक पॉइंट क्लाउड डेटा होता हैं । इसका मतलब की पॉइंट्स का समूह जिसकी कोई निश्चित सीमा (boundary) ना हो - बिलकुल उसी तरह जिस तरह किसी बादल का कोई किनारा या सीमा रेखा नहीं होती ठीक उसी तरह पॉइंट क्लाउड की भी कोई स्पष्ट रेखा नहीं होती ।



चित्र -06 पॉइंट क्लाउड

अभी हम जान चुकें हैं की लायडार क्या हैं और इसके यूनिट क्या कार्य करते हैं । अब रुख करते हैं ही किन प्लाटफ़ोर्म्स (Platforms) का उपयोग कर हम लायडार डेटा हासिल कर सकते हैं ।

लेसर स्कैनर निम्नलिखित प्लेटफ़ोर्म्स पर लगाकर हम लायडार डेटा इखट्टा कर सकते हैं :-

1. ग्राउंड बेस्ड लायडार :

इसे तैरिस्ट्रियल (Terrestrial) लायडार भी कहा जाता है। ट्राइपॉड स्टैंड पर रख कर इसका उपयोग किया जाता है। छोटे से क्षेत्र का सर्वे करने में यह काफी उपयुक्त है।

2. मोबाइल बेस्ड लायडार :

कार पर लगाकर इस लायडार यंत्र का हम उपयोग कर सकते हैं। रोड नेटवर्क एवं किसी शहरी एलाके के सर्वे में इसका उपयोग किया जा सकता है।

3. ड्रोन बेस्ड लायडार :

किसी विशिष्ट स्थान / कैम्पस का लायडार डेटा हासिल करने में ड्रोन बेस्ड लायडार काफी लाभदायक होता है।

4. एरक्राफ्ट / हेलीकाप्टर बेस्ड लायडार :

जब हमें किसी बड़े क्षेत्र / पर पहुँच योग्य स्थानों का डेटा लेना है तब हम एरक्राफ्ट / हेलीकाप्टर बेस्ड लायडार का उपयोग कर सकते हैं। लम्बे-चौड़े क्षेत्रों के ऊपर लिडार डाटा प्राप्त करने के लिए अधिकतर हवाई जहाज़ों और हेलिकॉप्टरों का प्रयोग होता है।

5. स्पेस बॉर्न लायडार :

वैश्विक स्तर पर वायुमंडल की ऊर्ध्वाधर रूपरेखा (Vertical Profile of the Atmosphere) को हासिल करने के लिए स्पेस बॉर्न लायडार का उपयोग किया जा सकता है। मौसम की सटीक जानकारी हासिल करने हेतु यह तकनीक काफी उपयुक्त रहेगी।

लिडार डाटा प्रोसेसिंग (प्रसंस्करण)- सिविल इंजीनियरिंग के परपेक्ष में

लिडार डाटा यह एक पॉइंट क्लाउड डाटा है। 3डी लेजर स्कैनिंग और फोटोग्रामेट्री जैसी सेंसिंग तकनीकों से 3डी पॉइंट क्लाउड डेटा एक सटीक और कुशल तरीके से लक्षित (target) वस्तुओं की 3डी सतह ज्यामिति (surface geometry) को हासिल करने में सक्षम है। कैप्चर किए गए पॉइंट क्लाउड डेटा का उपयोग 3D बिल्डिंग मॉडल को फिर से बनाने, निर्माण गुणवत्ता की जांच करने, निर्माण प्रगति की निगरानी करने, निर्माण सुरक्षा में सुधार करने के लिए किया जाता है।

3D पॉइंट क्लाउड के प्रसंस्करण के 4 मुख्य तरीके हैं:

(1) डेटा क्लीजिंग, (2) डेटा रजिस्ट्रेशन, (3) डेटा सेगमेंटेशन, और (4) ऑब्जेक्ट रिकग्निशन। प्रत्येक प्रसंस्करण प्रक्रिया के लिए, विभिन्न प्रसंस्करण विधियों और एल्गोरिदम का उपयोग किया जाता है। पॉइंट क्लाउड डेटा से सटीक ज्यामितीय जानकारी निर्माण परियोजनाओं में

निर्णय लेने में काफी सहायक सिद्ध हुई हैं। निर्माण उत्पादकता में सुधार गुणवत्ता, और सुरक्षा के दृष्टिकोण से भी यहाँ जानकारी काफी उपयुक्त रही है।



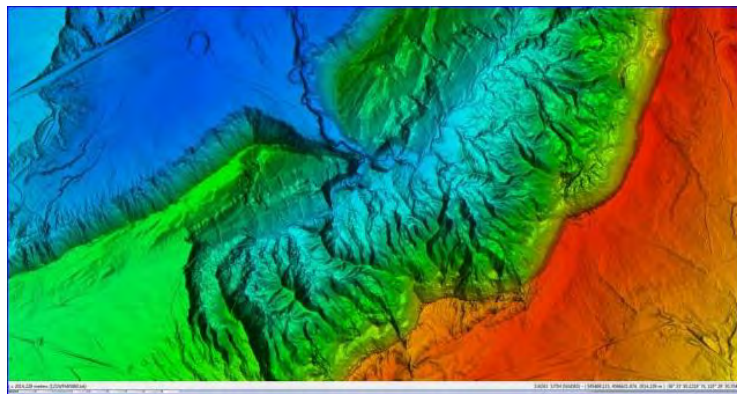
इस लेख के अगले हिस्से में हम लायडार के कुछ अहम अनुप्रयोगों की ओर नज़र डालेंगे।

1. इन्फ्रास्ट्रक्चर म्यापिंग एवं मोनिट्रिंग :

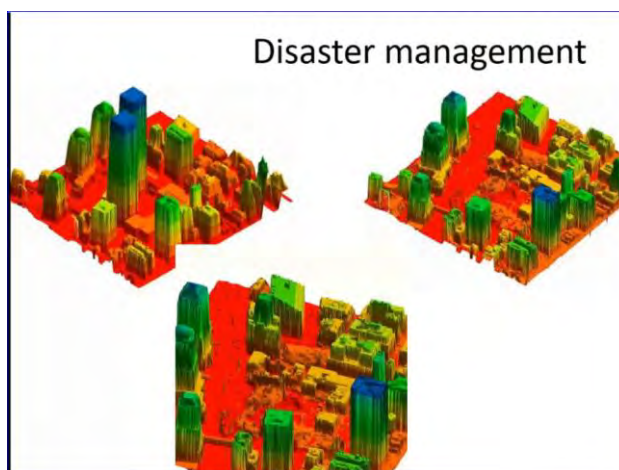
किसी भी संस्थान के लिए अपने इन्फ्रास्ट्रक्चर का मानचित्र बनाना और उसका बारीकी से अध्ययन करना असंभव है। लायडार डेटा की सहायता से यह काम काफी आसान हो गया है। इन्फ्रास्ट्रक्चर म्यापिंग एवं मोनिट्रिंग को बड़ी सहजता से करना इस तकनीक से संभव हुआ है।

2. आपदा प्रबंधन:

आपदा के समय रियल टाइम में आपदा से हुए नुकसान का जानना एवं राहत कार्यों को सुनिश्चित करना लायडार डेटा की तुरंत हासिल होने से संभव है। सटीक डिजिटल एलेवेशन मोडल आपदा के समय काफी मदद गार सिद्ध होते हैं



चित्र -08 लायडार द्वारा तयार किया गया सटीक डी ई एम मोडल-
(2019 के अटलांटिक हुर्रिकेन से बचने के लिए इस मोडल का उपयोग किया गया था)



चित्र-09- 9/11 आतंकवादी हमले के बाद अमरीका के ट्विन टावर्स के नुकसान का लायडार से किया हुआ म्यापिंग

3. वर्चुअल रिएलिटी :

आजकल के सभी गमिंग परलौस एवं मौल्स के गमिंग जोन्स मे हमें ऐसे खेल देखने मिलते हैं जो की असली दुनिया मे दिखने वाले चीजों को वर्चुअल दुनिया मे हूबहू दर्शाता हैं । इस तकनीक मे भी लायडार पॉइंट क्लाउड का इस्तेमाल किया जाता हैं । पहले हम कोई घर खरीदने जाते थे तो हमें केवल एक 2 डी मानचित्र दिखाया जाता था लेकिन अभी हमें हमारा खुद का घर तयार होने के बाद - फर्नीचर के साथ किस तरह दिखेगा यह वर्चुअल रिएलिटी के माध्यम से दिखाया जाता हैं



चित्र-09 वर्चुअल रिएलिटी द्वारा तयार 3डी मॉप

4. यूटिलिटी मैनेजमेंट:

किसी भी शहर एवं गाव के उचित प्रबंधन के लिए वहा स्थित सुविधाओं का विस्तृत विवरण ज़रूरी होता हैं । पॉइंट क्लाउड के अत्याधिक क्षमता के कारण यूटिलिटी मैनेजमेंट काफी उत्तम तरीके से किया जा रहा हैं ।

5. 3डी सिटी मोडेल :

बढ़ती आबादी के साथ साथ शहरों और गावों का विकास हो रहा है। इसके चलते हमारी गावों को शहर से जोड़ने वाले मॉडेल्स का निर्माण करना चुनौतीपूर्ण है। पॉइंट क्लाउड के जरिये इन शहरे के विकास मोडेल को निर्माण कर 3 डी व्हीज्वालयज़ेशन करना आसान हुआ है। 3 डी वॉक ओवर जैसे अभिनव (innovative) अनुप्रयोग भी संभव हैं।

6. सटीक डिजिटल एलेवेशन मोडेल :

लायडार डेटा से निर्माण किए गये DEM मॉडल की सटीकता (एक्यूरसी) अन्य तकनीकों द्वारा निर्मित DEM से काही गुणा बेहतर होता है।



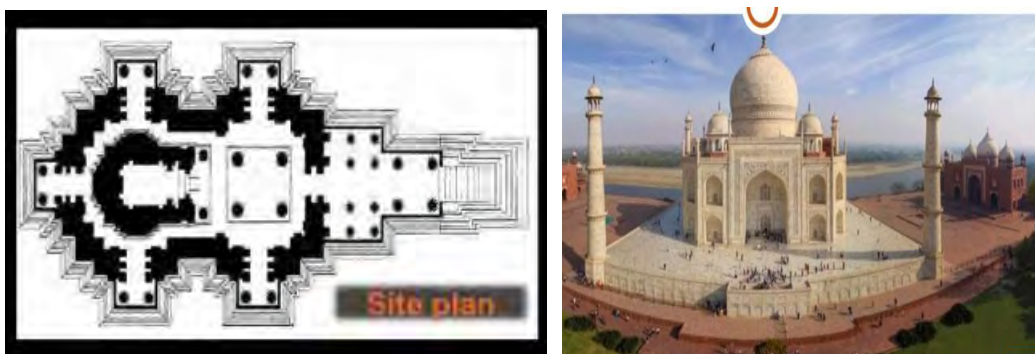
चित्र -10 कंटूर द्वारा निर्मित DEM और लायडार द्वारा निर्मित DEM

7. बिल्डिंग इन्फॉर्मेशन मोडेलिंग (बीआईएम):

बिल्डिंग के निर्माण से लेकर अनुरक्षण तक की निगरानी पॉइंट क्लाउड द्वारा संभव है। पुरानी बिल्डिंग्स की नवीकरण योजना भी इस लायडार डेटा के अध्ययन से करना काफी आसान हो जाता है। रियल टाइम में गुणवत्ता नियंत्रण और निवारक अनुरक्षण में भी यह डेटा सहायक सिद्ध हुआ है। इस तकनीकी से डिजिटल डॉक्युमेंटेशन बनाना संभव हो पाया है।

8. हेरिटेज मैपिंग :

हमारी सभ्यता हमारी धरोहर है। इसे संरक्षित करने के लिए काफी प्रयास किए जा रहे हैं। पुरातत्व विभाग को अपने हेरिटेज साइट्स के संरक्षण में सहायता करने के लिए पॉइंट क्लाउड डेटा का उपयोग काफी सरहनीय रहा है। चेंज डिटेक्शन एनालिसिस से किसी भी प्रकार के बदलाव को आँका जा सकता है। बफर एनालिसिस एवं प्रोक्सिमिटी एनालिसिस द्वारा हेरिटेज मैप की सीमा तय की जा सकती है। प्रतिबंधित क्षेत्रों को हदबंदी करने का कार्य किया जा सकता है।



चित्र -11 लायडार द्वारा हेरिटेज मैपिंग

निष्कर्ष :

LIDAR तकनीक एक्टिव सुदूर संवेदन की एक उभरती हुई तकनीक हैं जिसने अपने पर अब हर एक क्षेत्र में पसार लिए हैं। 3डी इमेजिंग और ड्रोन तकनीक के विस्तार से LiDAR तकनीक में तेजी से विकास हुआ है। लेजर सेन्सर पल्स भेजता है और उन्हें कुछ ही नैनोसेकंड में वापस भी प्राप्त करता है। बेहद बड़े डेटा को जल्द से जल्द हासिल करना इस तकनीक की विशेषता रहीं हैं । अत्याधिक सटीक परिणाम और बड़े क्षेत्र के सर्वे को जल्दी करना लायडार तकनीकी को बाकी प्रौद्योगिकी से अलग करती हैं । LiDAR तकनीक अविश्वसनीय रूप से सटीक, सुसंगत परिणाम प्रदान करती है। लघु तरंगदैर्घ्य (wavelength) छोटी से छोटी वस्तुओं का भी पता लगा सकता है और सटीक 3D मॉडल बना सकता है। दुर्गम स्थान जैसे ऊंचे पहाड़, घने जंगल और दुर्गम क्षेत्रों को LiDAR तकनीक से आसानी से मैप किया जा सकता है।

संदर्भ:

- लिडार रिमोट सेन्सिंग एण्ड अप्लीकेशन्स – पिनलियांग डोंग एवं की चेन
- Computational Methods of Acquisition and Processing of 3D Point Cloud Data for Construction Applications- Qian Wang, Yi Tan and Zhongya Mei Article in Archives of Computational Methods in Engineering · April 2020
- Topographic Laser Ranging and Scanning, Principles and Processing, Shan, J. and C. Toth, Taylor & Francis, 2nd edition. 2018.

लेखक परिचय -



मैं प्रशांत प्रकाश अंगरख , आईआईएसटी में एम.टेक (जियो इन्फॉर्मेटिक्स, ई एस एस विभाग) का छात्र हूँ । मैंने वर्ष 2009 में मुंबई के व्ही.जे.टी.आय कॉलेज से बी टेक (सिविल इंजीनियरिंग) पूरा किया । 2009 से 2012 तक मैं 'कल्पतरु पावर ट्रांसमिशन' एवं 'अबेनर गुप 'मे "स्ट्रक्चरल डिजाइन इंजीनियर " के तौर पर कार्य किया । वर्ष 2012 से मैं इस्रो के एड्वान्स्ड केंद्र में कार्य कर रहा हूँ । 2012 से अब तक मैंने कई हिन्दी तकनीकी लेख विभिन्न इस्रो केन्द्रों में प्रस्तुत किए । हिन्दी में तकनीकी लेख लिखने का यह शौक अभी भी जारी हैं।

प्रक्षेपण यान वायुगतिकी के लिए मुक्त-स्रोत कोड का उपयोग

अमित सचदेवा

वैज्ञानिक एस-एफ, amit_sachdeva@vssc.gov.in

विक्रम साराभाई अंतरिक्ष केंद्र, तिरुवनंतपुरम

1. सार

जब एक प्रक्षेपण यान लिफ्ट ऑफ पर कम गति के प्रवाह से उपध्वनिक, आध्वनिक, पराध्वनिक और अतिध्वनिक प्रवाह के बाद विरलगैस वायुमंडल से गुजरता है, वह सभी प्रकार के प्रवाह वेग का सामना करता है। पवन सुरंग परीक्षणों के अलावा, अभिकलनात्मक द्रव गतिकी का व्यापक रूप से प्रक्षेपण यान की अभिकल्पना, विकास और लक्षण वर्णन में भी उपयोग किया जाता है। यह समग्र विकास प्रक्रिया में एक अभिन्न अंग बन गया है। सीएफडी कोड कई वर्षों में विकसित हुए हैं, और उस स्तर तक परिपक्व हुए हैं जहां वे नियमित रूप से जटिल समस्याओं के लिए उपयोग किए जाते हैं। इस कार्य में, प्रक्षेपण यान वायुगतिकी के लिए मुक्त-स्रोत कोड के साथ किए गए कुछ कार्यों का अनुभव साझा किया गया है।

2. मुक्त-स्रोत कोड पर एक विचार

सभी प्रकार के अभियांत्रिकी अध्ययन/विश्लेषण के लिए आन्तरिक कोड का विकास आवश्यक है। इसके निरंतर विकास के लिए उपयुक्त संसाधनों को प्रयोग बहुत महत्वपूर्ण है। दूसरी ओर, व्यावसायिक कोड में बहुत सारी विशेषताएं हैं, और तुलना में वास्तव में तेज़ हैं। लेकिन वे बहुत महंगे हैं, और सामान्य रूप से किसी भी प्रकार के उपयुक्त परिवर्तन करने के लिए स्रोत कोड भी उपलब्ध नहीं होता है। दूसरी ओर, मुक्त-स्रोत कोड के अपने फायदे हैं।

मुक्त-स्रोत कोड के कुछ प्रमुख फायदे इस प्रकार हैं -

- निःशुल्क अनुज्ञापत्र
- पूर्ण स्रोत कोड उपलब्धता
- दुनिया भर से सहयोग/योगदान के लिए मंच

कोई भी व्यावहारिक उपयोग करने से पहले, पर्याप्तता में मुक्त-स्रोत कोड से जुड़ी सीमाओं और कुछ प्रमुख मुद्दों का भी आकलन करना महत्वपूर्ण है।

विचार करने के लिए कुछ सामान्य मुद्दे इस प्रकार हैं -

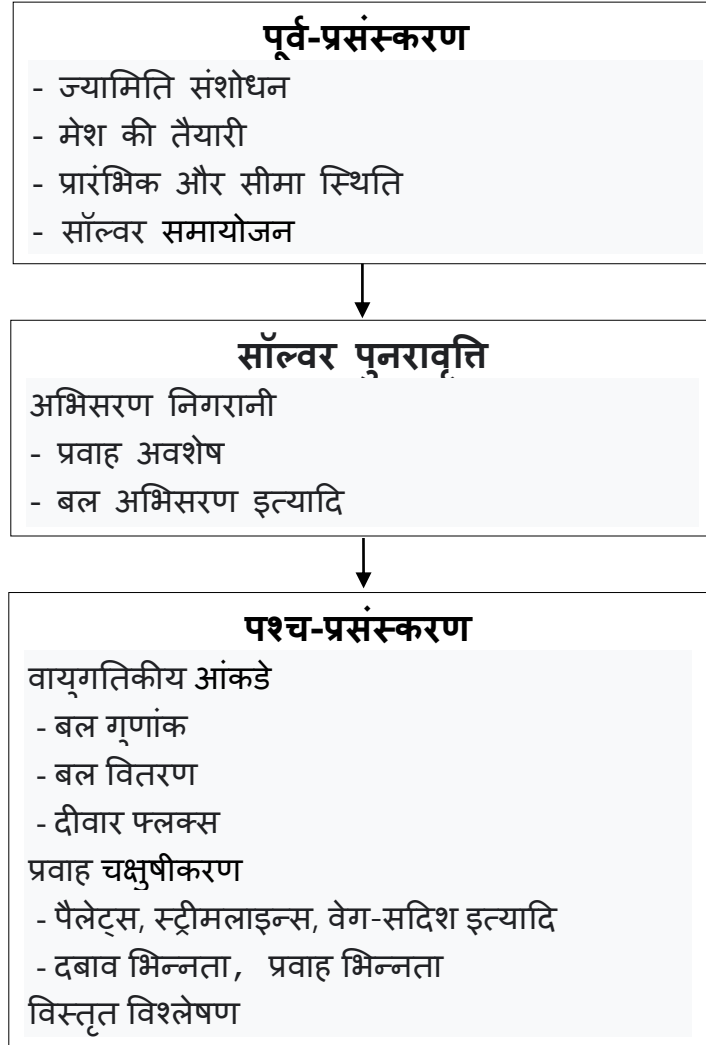
- गुणवत्ता नियंत्रण/विश्वसनीयता पहलू,
- उनके व्यावसायिक समकक्षों की तुलना में प्रदर्शन संबंधी पहलू

3. सीएफडी में उपयोग किए जाने वाले कुछ मुक्त-स्रोत कोड

सीएफडी कार्य प्रवाह में विभिन्न चरण शामिल हैं (चित्र 1)। संस्थानों, प्रयोगशालाओं आदि द्वारा विभिन्न मुक्त-स्रोत कोड विकसित किए गए हैं। ये विकास दुनिया भर में विकसित हुए हैं। प्रक्रिया में शामिल प्रमुख चरण और कुछ संबंधित मुक्त-स्रोत कोड इस प्रकार हैं-

- पूर्व-प्रसंस्करण चरण - ज्यामिति का सीएडी (CAD) मॉडल तैयार किया जाता है (FreeCAD)
- डोमेन का मेशिंग (Gmsh)
- सीएफडी सॉल्वर (SU2, OpenFoam, Code_Saturne)
- पश्च-प्रसंस्करण (ParaView, VISIT)

सीएफडी कार्य-प्रवाह



चित्र -1 सीएफडी कार्य-प्रवाह

4. प्रक्षेपण यान वायुगतिकीय में मुक्त-स्रोत सीएफडी कोड के उपयोग का अनुभव

हमने प्रक्षेपण यान, पुनः प्रवेश वाहन आदि के वायुगतिकी विश्लेषण करने के लिए SU2 [1] जैसे मुक्त-स्रोत सीएफडी कोड का उपयोग किया है। प्रवाह वेग के आधार पर सॉल्वर का चयन करना महत्वपूर्ण है। उदाहरण के लिए, उच्च गति प्रवाह के लिए, दबाव आधारित सॉल्वरों की तुलना में घनत्व आधारित सॉल्वर अधिक उपयुक्त होते हैं। इन वर्षों में, दोनों विकसित हुए हैं और सभी गति प्रवाह के लिए उपयुक्त रूप से विस्तारित हुए हैं। SU2 एक मुक्त-स्रोत अभिकलनात्मक द्रव गतिकी (सीएफडी) कोड है, जो मुख्य रूप से संपीड़ित प्रवाह नेवियर-स्टोक्स समीकरणों को हल करने के लिए तैयार किया गया है। यह कोड स्टैनफोर्ड विश्वविद्यालय के एयरोस्पेस इंजीनियरिंग विभाग से उत्पन्न हुआ है और दुनिया भर में सक्रिय रूप से विकसित हो रहा है। SU2 को C++ में ऑब्जेक्ट ओरिएंटेड प्रोग्रामिंग संकल्पना का उपयोग करते हुए लिखा गया है, जो नई क्षमताओं को जोड़ने और मौजूदा क्षमताओं का पुनः उपयोग करने की अच्छी लचीलापन देता है। इस कोड को वितरित क्लस्टर पर अच्छी मापनीयता है। यह परिमित आयतन आधारित असंरचित ग्रिड सॉल्वर है, जो दीवार तक प्रवाह को भी हल कर सकता है। इसमें विभिन्न प्रकार की ज्यामिति के लिए SA और SST प्रक्षोम (टर्बुलेंस) मॉडल, स्पष्ट (explicit) और निहित (implicit) समय मार्चिंग योजनाएं और विभिन्न सीमा स्थितियां हैं।

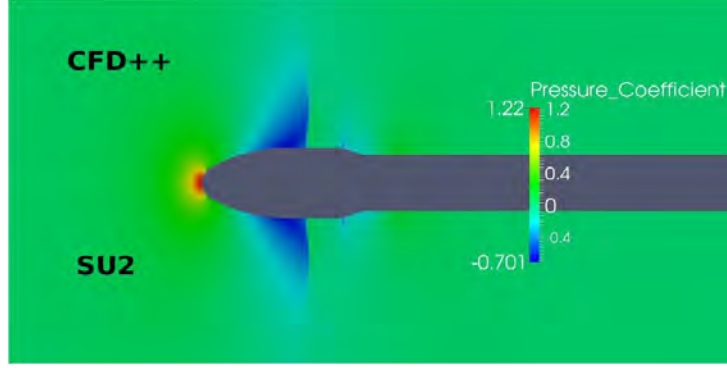
क) कोड से कोड का सत्यापन

विभिन्न परीक्षण मामलों के लिए विकासकर्ताओं द्वारा कोड को पूरी तरह से मान्य किया गया है। हमने कुछ प्रासंगिक समस्याओं के लिए इसे मान्य भी किया है। एक परीक्षण मामले में, SU2 और व्यावसायिक कोड CFD++ का उपयोग करके आध्वनिक माक संख्या (माक = 0.95) पर तोरण पीएलएफ विन्यास पर अनुकरण किया गया है [2]। अनुकरण के लिए SST k-omega प्रक्षोम मॉडल का उपयोग किया गया है। चित्र 2 दोनों कोड के लिए दबाव पैलेट की तुलना करता है। दो कोडों द्वारा हल किया गया प्रवाह (शॉक वेव, प्रवाह विस्तार आदि) लगभग समान हैं। यह तुलनात्मक दबाव वितरण में भी पाया गया है। अधिक विवरण संदर्भ 2 में पाया जा सकता है।

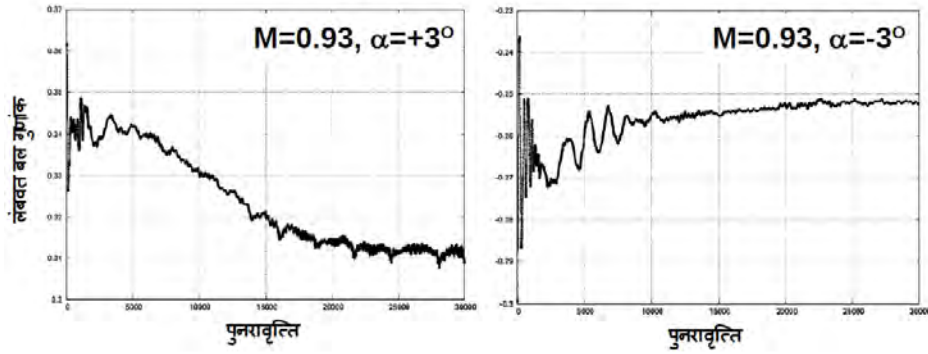
ख) पुनः प्रयोज्य प्रक्षेपण यान का आरोही विन्यास

फिन के कारण भार में वृद्धि की गणना करने के लिए, आध्वनिक माक संख्या पर, आरएलवी-टीडी आरोही विन्यास पर सीएफडी कोड SU2 [2] का उपयोग करके किया है। सभी अनुकरणों के लिए अभिसरण समाधान पर पहुंचने के लिए बलों निगरानी पुनरावृत्तियों के साथ की गई है। चित्र 3 माक संख्या 0.93, आपात कोण +3,-3 डिग्री के लिए लंबवत बल गुणांक के अभिसरण चित्र प्रस्तुत करता है। विभिन्न गुणांकों के पुनरावृत्त अभिसरण को सुनिश्चित करने के लिए

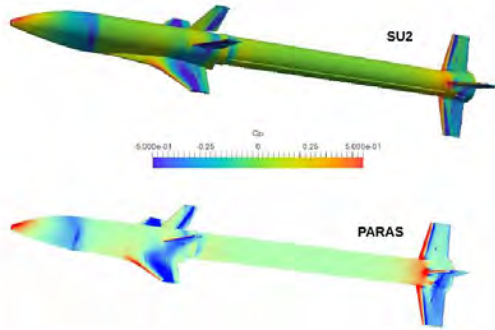
पर्याप्त संख्या में पुनरावृत्तियों के लिए अनुकरण चलाए गए हैं। चित्र 4 आरएलवी आरोही विन्यास के शरीर पर दबाव पैलेट SU2 और PARAS के परिणाम के बीच तुलना करता है। इसमें प्रवाह विस्तार/संपीड़न के क्षेत्र की पहचान आसानी से की जा सकती है। दोनों कोड के परिणाम अच्छी तरह से मेल करते हैं।



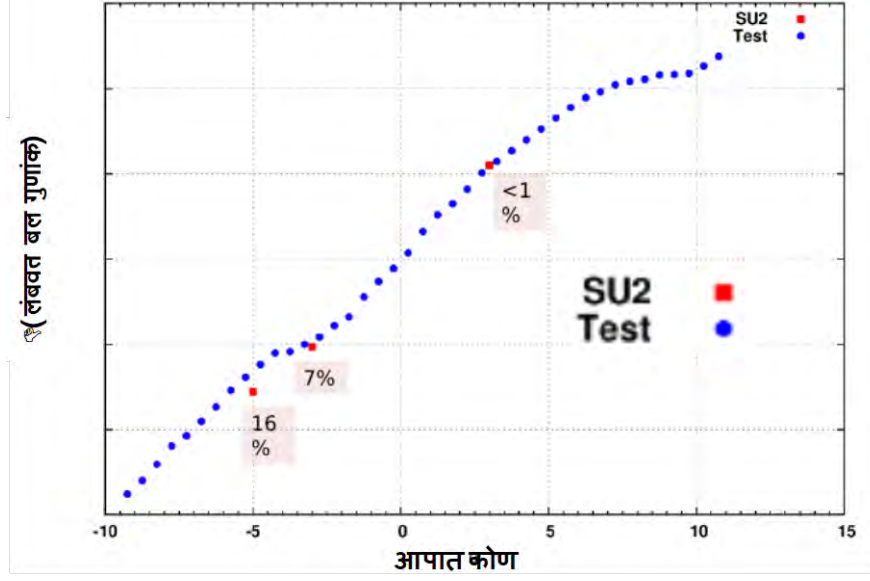
चित्र -2 दबाव पैलेट की तुलना [2]



चित्र 3 - आरएलवी आरोही विन्यासलंबवतबलगुणांक अभिसरण चित्र (माक संख्या 0.93, आपात कोण +3,-3 डिग्री)



चित्र 4- आरएलवी आरोही विन्यास पर दबाव पैलेट (SU2 तथा PARAS, माक = 0.93, आपात कोण -3°)

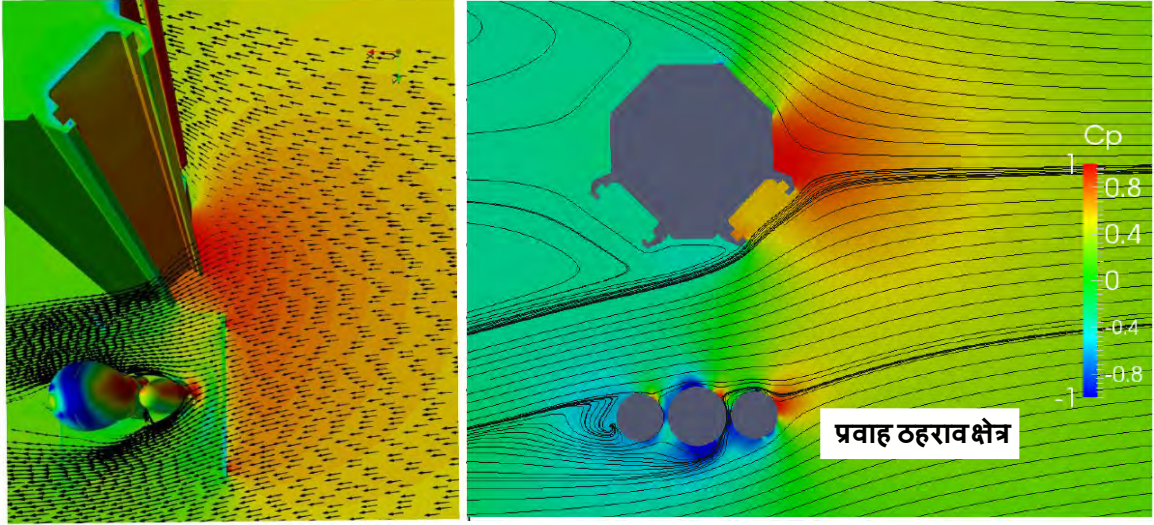


चित्र 5 - लंबवत बल गुणांक के अंतर की तुलना (माक संख्या 0.93)

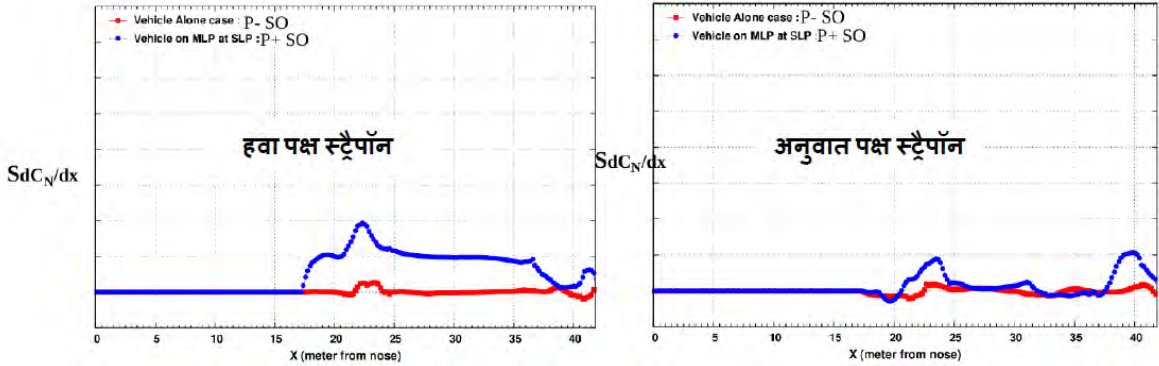
चित्र 5 माक संख्या 0.93 के परीक्षण डेटा के साथ अनुकरण परिणामों (लंबवत बल गुणांक के अंतर) की तुलना दिखाता है। अनुकरण परिणाम का परीक्षण डेटा के साथ अच्छा मिलान है। आपात कोण = ± 3 डिग्री के लिए, लंबवत बल गुणांक (फिन के कारण लोड वृद्धि) 7% के भीतर तुलना करता है। वहीं दूसरी ओर, आपात कोण = -5 डिग्री के लिए अंतर अधिक पाया गया है (16%)। परीक्षण डेटा और सीएफडी परिणामों के बीच कुल मिलाकर अच्छी तुलना प्राप्त की गई है।

ग) लिफ्ट-ऑफ़ पर अम्बिलिकल टावर की उपस्थिति में प्रक्षेपण यान पर सीएफडी अनुकरण

इस अध्ययन का उद्देश्य प्रवाह-क्षेत्र पर यूटी की उपस्थिति के प्रभाव का विश्लेषण करने के साथ-साथ इन स्थितियों के लिए लॉन्च वाहन पर वायुगतिकीय भार का आकलन करना था। इस काम में [3], जमीनी हवा की स्थिति (60 m/sec) के लिए अम्बिलिकल टॉवर (यूटी) की उपस्थिति में एक विशिष्ट प्रक्षेपण वाहन विन्यास पर संख्यात्मक अनुकरण किए गए हैं। यूटी की उपस्थिति प्रभावी आपात कोण को काफी हद तक बदल सकती है, जो कि मुक्त धारा आपात कोण की निश्चित सीमा के लिए यूटी की अनुपस्थिति में होता। चित्र 6 घूमक कोण -270° मामले के लिए XZ तल में धारा रेखाएं तथा वेग सदिश आकृति प्रस्तुत करता है, वाहन की ओर प्रवाह विक्षेपण स्पष्ट रूप से देखा जा सकता है। यह वाहन पर प्रवाह ठहराव क्षेत्र को स्थानांतरित करता है, जिसके परिणामस्वरूप सामान्य बल उपस्थित होता है जो अन्यथा नगण्य होता।



चित्र 6 घूमक कोण -270° के लिए XZ तल में वेग सदिश आकृति तथा धारा रेखाएं



चित्र 7 स्ट्रैप-ऑन (घूमक कोण- 270°) के लिए बल वितरण की तुलना [3]

स्ट्रैपऑन पर बल वितरण की तुलना -270° केस के लिए चित्र 7 में दिखाई गई है। हवा पक्ष स्ट्रैपॉन के लिए सामान्य बल वितरण में यूटी की उपस्थिति का प्रभाव स्पष्ट रूप से देखा जा सकता है। अनुवात तरफ स्ट्रैपॉन में परिवर्तन बहुत छोटे होते हैं। इस विश्लेषण से प्रवाह क्षेत्र के साथ-साथ वायुगतिकीय डेटा की विस्तृत जानकारी प्राप्त की गई है।

पैलेट, कंटूर, स्ट्रीम-लाइन, आंकड़ों का निष्कर्षण आदि सहित सभी पश्च-प्रसंस्करण कार्य के लिए मुक्त-स्रोत चक्षुषीकरण कोड ParaView [4] का उपयोग किया गया है। यह आंकड़ों का विश्लेषण करने के लिए एक बहुत शक्तिशाली और उपयुक्त कोड है।

5. उपसंहार

मुक्त-स्रोत सीएफडी कोड का उपयोग आरएलवी-टीडी आरोही विन्यास, लॉन्च व्हीकल अम्बिलिकल टॉवर की उपस्थिति के प्रभाव जैसे व्यावहारिक विन्यास पर सीएफडी अध्ययन करने के लिए किया गया है। संख्यात्मक अनुकरण के परिणाम पवन सुरंग डेटा और अन्य सीएफडी कोड के साथ यथोचित तुलना करते हैं। महत्वपूर्ण रूप से, यह अध्ययन प्रक्षेपण यान वायुगतिकीय के लिए मुक्त-स्रोत सीएफडी कोड के व्यावहारिक उपयोग को प्रदर्शित करता है और जटिल प्रक्षेपण यान समस्याओं के लिए आगे के अनुप्रयोगों के लिए मुक्त-स्रोत सीएफडी कोड का उपयोग करने पर विश्वास देता है।

संदर्भ

- 1- Palacios F, Colonno M, Aranake A, Campos A, Copeland S, Economon T, Lonkar A, Lukaczyk T, Taylor T and Alonso J, "Stanford University Unstructured (SU 2): An open-source integrated computational environment for multi-physics simulation and design", 51 st AIAA Aerospace Sciences Meeting, 2013, AIAA 2013-0287.
- 2- Amit Sachdeva, Vinod Kumar, Pankaj Priyadarshi, "Application of open-source CFD code SU2 to Ascent configuration of Reusable Launch Vehicle", 19th Annual CFD Symposium
- 3- Amit Sachdeva, Pankaj Priyadarshi, "Application of open-source CFD code SU2 to Ascent configuration of Reusable Launch Vehicle", 19th Annual CFD Symposium
- 4- ParaView Manual, Version - 5.0

लेखक परिचय -



श्री अमित सचदेवा, वैज्ञानिक/इंजीनियर-एसएफ, वीएसएससी, इसरो की वैमानिकी इकाई में एडीएसजी समूह में कार्यरत हैं। उन्होंने उत्तर प्रदेश तकनीकी विश्वविद्यालय से बी.टेक., मैकेनिकल और आईआईएससी बेंगलूर से एम.ई., एयरोस्पेस अभियांत्रिकी की डिग्री हासिल की है। वह मुख्य रूप से लॉन्च व्हीकल कॉन्फिगरेशन के बाहरी वायुगतिकी, सीएफडी और मेश जनरेशन में कार्य करते हैं। उन्होंने राष्ट्रीय और अंतर्राष्ट्रीय सम्मेलन में 12 से अधिक पत्र प्रकाशित किए हैं।

विक्रम के 800N के केंद्रीय इंजन के लिए एक शुद्धीकरण योजना का विकास

बी.अजीत[@], ऐश्वर्य शंखधार^{*},

[@]उप प्रभाग प्रमुख, अंतरिक्ष यान प्रणोदन इंजन प्रभाग, ^{*}वैज्ञानिक एस डी, अंतरिक्ष यान प्रणोदन

इंजन प्रभाग,

तरल प्रणोदन प्रणाली केंद्र, वलियामाला- 695547

भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन।

सार

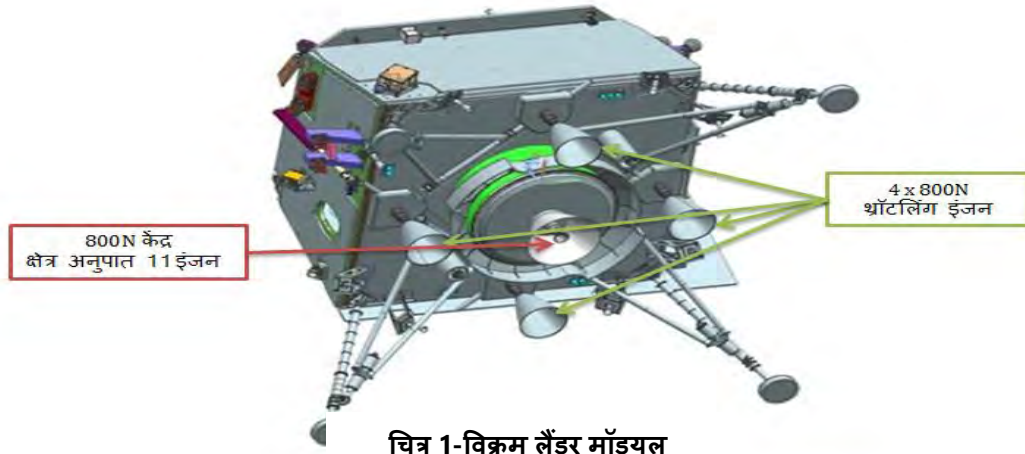
800N इंजन का उपयोग चंद्रयान 2 मिशन के विक्रम में मुख्य थ्रॉटलिंग इंजन के रूप में लैंडर की सॉफ्ट लैंडिंग को सुविधाजनक बनाने के लिए किया जाता है। इंजन में एक अभिन्न सोलनॉइड वाल्व(एसवी) के साथ एक उच्च दबाव ड्रॉप इंजेक्टर शामिल है। थ्रॉटलिंग एक स्टेपर मोटर नियंत्रित प्रवाह नियंत्रण वाल्व (टीएफसीवी) द्वारा प्राप्त किया जाता है जो इंजन के ऊपर की ओर स्थापित है। प्रारंभ में, मिशन की कल्पना चार 800N इंजनों के समूह के साथ की गई थी। हालांकि, मिशन प्रोफाइल पर आगे के विश्लेषण पर, यह देखा गया कि दो विकर्ण विपरीत इंजनों का उपयोग करने से धूल और चंद्र मलबे का एक अपड्राफ्ट बन जाएगा, जबकि यह चंद्र सतह पर पहुंचता है। इसलिए, इस प्रभाव का प्रतिकार करने के लिए, मिशन के अंतिम चरण में दो थ्रॉटलिंग इंजनों के बजाय एक एकल इंजन को स्थिर अवस्था में उपयोग करने के लिए अंतिम रूप दिया गया।

धूल और चंद्र मलबे के अपड्राफ्ट के अध्ययन से पता चला कि 800N केंद्रीय इंजन के बाहर दबाव 15 पास्कल होगा जब अन्य चार 800N इंजन अपड्राफ्ट के सबसे खराब परिदृश्य के रूप में फायरिंग कर रहे हो। अपड्राफ्ट को केंद्रीय इंजन में प्रवेश करने से रोकने के लिए, केंद्रीय इंजन में 15 पास्कल से अधिक के सकारात्मक दबाव के विकास की मांग की जाती है। इस संबंध में, केंद्रीय इंजन से बाहर निकलने पर 15 पास्कल से अधिक के सकारात्मक दबाव के उत्पादन की ऐसी मांग को पूरा करने के लिए एक शुद्धीकरण योजना विकसित की गई।

वर्तमान कार्य आवश्यक निकास दबाव पर चोक प्रवाह की स्थिति को कम करने के लिए किए गए एक अध्ययन को प्रदर्शित करता है ताकि बाहरी अपड्राफ्ट से कोई भी कण केंद्रीय इंजन में प्रवेश न करे। वर्तमान अध्ययन ने ऐसी प्रणाली की व्यवहार्यता का मूल्यांकन किया और अपड्राफ्ट के गैर-प्रवेश को पूरा करने के लिए एक व्यवहार्य प्रणाली विकसित की। अंत में, सिस्टम स्तर के अंशांकन परीक्षणों के साथ अध्ययन को मान्य किया गया है और शुद्धीकरण प्रणाली को अंतिम रूप दिया गया है।

1 परिचय

विक्रम चंद्रयान -2 मिशन का लैंडर मॉड्यूल था जिसमें केंद्र में लगे क्षेत्र अनुपात 11 फिक्स्ड थ्रस्ट



चित्र 1-विक्रम लैंडर मॉड्यूल

800N इंजन के साथ 4 थ्रॉटलेबल 800N इंजन शामिल थे। 800N के इस छोटे संस्करण को दो थ्रॉटलेबल 800N इंजनों के बजाय टर्मिनल वंश को प्राप्त करने के लिए केंद्रीय रूप से माउंट करने की कल्पना की गई थी। सभी पांच इंजनों को समायोजित करने के लिए केंद्र में जगह की कमी के कारण केंद्रीय इंजन को छोटा कर दिया गया था। इस सिंगल इंजन टर्मिनल डिसेंट दृष्टिकोण की परिकल्पना धूल और चंद्र मलबे के कारण होने वाले अपड्राफ्ट के प्रभाव का प्रतिकार करने के लिए की गई थी, जबकि विक्रम चंद्र सतह पर पहुंचता है।

विक्रम संचालन के लिए किए गए अध्ययन के अनुसार, चार थ्रॉटलेबल 800N इंजन के संचालन के दौरान प्लूम परस्पर क्रिया प्लूम के अपड्राफ्ट का कारण बनता है जिसके परिणामस्वरूप केंद्रीय 800N इंजन के बाहर निकलने के पास 15Pa का दबाव होता है। चेंबर थ्रोट के माध्यम से प्लूम के किसी भी जले हुए कणों को इंजेक्टर मैनिफोल्ड में प्रवेश करने से बचने के लिए, उपलब्ध हीलियम गैस के प्रवाह के साथ केंद्रीय इंजन सेचोक प्रवाह की जरूरत है। कार्य को पूरा करने के लिए, हीलियम टैंक दबावों की उपलब्धता पर विचार करते हुए एक शुद्धिकरण योजना तैयार करने की आवश्यकता है। वर्तमान अध्ययन गैस टैंक बाधाओं के साथ हीलियम की अधिकतम प्रवाह दर का मूल्यांकन करेगा।

1.1 केंद्रीय इंजन की विशिष्टता

तालिका-1 800N केंद्रीय इंजन की विशिष्टता

| क्र.सं. | पैरामीटर | मान |
|---------|-----------------------------------|--------------|
| 1. | जोर(N) | 800 |
| 2. | प्रणोदक संयोजन | एनटीओ/एमएमएच |
| 3. | मिश्रण अनुपात | 1.4 |
| 4. | कक्ष दबाव (bar) | 8 |
| 5. | प्रणोदक द्रव्यमान प्रवाह दर (g/s) | 300 |

| | | |
|----|----------------------------|-----------------------------------------|
| 6. | क्षेत्र अनुपात | 11 |
| 6. | शीतलन का प्रकार | विकिरण ठंडा (अनजाने फिल्म शीतलन के साथ) |
| 7. | इंजेक्टर का प्रकार | सह-अक्षीय भंवर |
| 8. | चैंबर के गले का व्यास (mm) | 30 |

2 कार्यप्रणाली

2.1 इनपुट्स

मूल्यांकन शुरू करने के लिए हीलियम के गुणों की आवश्यकता होती है जो तालिका -2 में सारणीबद्ध हैं।

तालिका-2 हीलियम गैस के गुण

| क्र.सं. | पैरामीटर | मान |
|---------|------------------------------------------|---------|
| 1. | आणविक वजन (kg/mol) | 4 |
| 2. | सार्वभौमिक गैस स्थिरांक, R_u (J/mol-K) | 8314 |
| 3. | विशिष्ट गैस स्थिरांक, R (J/kg-K) | 2078.57 |
| 4. | विशिष्ट ताप अनुपात (γ) | 1.67 |

2.2 हीलियम गैस की अधिकतम संभावित द्रव्यमान प्रवाह दर का मूल्यांकन

प्रणाली की बाधाओं के अनुसार हीलियम गैस की बोतल में प्राप्त होने वाला अधिकतम दबाव 283 बार है। वर्तमान लोडिंग योजना के अनुसार, उपलब्ध मौजूदा दबाव 275 बार है जो दर्शाता है कि 283 बार के अधिकतम स्वीकार्य दबाव को प्राप्त करने के लिए हीलियम के अतिरिक्त टॉप-अप पर काम किया जा सकता है। 275 बार के ऊपर 8 बार के इस उपलब्ध अतिरिक्त दबाव का उपयोग करके, शुद्धिकरण योजना के लिए उपलब्ध हीलियम के अधिकतम द्रव्यमान की अध्ययन किया गया है। नतीजों को तालिका-3 में दिखाया गया है।

तालिका-3

| क्र.सं. | गैस की बोतल के पैरामीटर | वर्तमान स्थिति | अपेक्षित स्थिति |
|---------|-------------------------|----------------|-----------------|
| 1. | दबाव, (bar) | 275 | 283 |
| 2. | मात्रा, (ltrs) | 102.5 | 102.5 |
| 3. | गैस स्थिरांक, (J/mol-K) | 2033.5 | 2033.5 |
| 4. | तापमान, (K) | 300 | 300 |
| 5. | द्रव्यमान, (Kg) | 4.62 | 4.75 |

यहाँ यह स्पष्ट है कि शुद्धिकरण के लिए उपलब्ध हीलियम का अधिकतम द्रव्यमान 0.13 किलोग्राम होगा। विक्रम के लैंडिंग अनुक्रम की परियोजना आवश्यकता के अनुसार, शुद्धिकरण को 1000 सेकंडके लिए किया जाना चाहिए। ऐसे मामले में, हीलियम का अधिकतम प्रवाह केवल 0.13g/s शुद्धिकरण के लिए उपलब्ध होपायेगा। अब, वर्तमान सीमा के साथ 800N केंद्रीय इंजन के गले में अवरुद्ध द्रव्यमान प्रवाह घटना के साथ शुद्धिकरण योजना तैयार करने के लिए अध्ययन किया जाना है।

3 शुद्धिकरण योजना के लिए अध्ययन किए गए मामले

वर्तमान अध्ययन में, दो मामलों का अध्ययन किया गया था, (i) $P_a = 15$ पास्कल पर क्षेत्र अनुपात 11 के नोजल में इष्टतम विस्तार के लिए अवरुद्ध प्रवाह की स्थिति और (ii) उपलब्ध द्रव्यमान प्रवाह के साथ गैर-इष्टतम विस्तार के लिए अवरुद्ध प्रवाह की स्थिति 0.13g/s की दरसे (यदि केस-1 की अवरुद्ध द्रव्यमान प्रवाह दर 0.13g/s से अधिक है)

यह ध्यान देने योग्य है कि, पहला मामला इष्टतम विस्तार पर ध्यान केंद्रित करेगा और अवरुद्ध द्रव्यमान प्रवाह दर की गणना करेगा जो उपलब्ध द्रव्यमान प्रवाह दर 0.13g/s के लिए पर्याप्त हो भी सकता है और नहीं भी। दूसरा मामला 0.13g/s के अवरुद्ध द्रव्यमान प्रवाह दर के साथ गैर-इष्टतम विस्तार पर केंद्रित है। चूंकि विस्तार गैर-इष्टतम है, इसलिए पृथक्करण क्षेत्र का भी अध्ययन किया जाएगा। लैंडिंग अनुक्रम के दौरान 800N केंद्रीय इंजन के कारण होने वाले विचलन का अध्ययन करने के लिए हीलियम शुद्धिकरण द्वारा लगाए गए जोर का भी मूल्यांकन करने की आवश्यकता है।

3.1 केस-1: $P_a = 15$ पास्कल पर एआर 11 के नोजल में इष्टतम विस्तार के लिए अवरुद्ध प्रवाह की स्थिति

इस मामले में, यह माना जाता है कि विस्तार इष्टतम है और इसलिए नोजल का निकास दबाव परिवेश के दबाव के बराबर है। इस मामले में यह 15 पास्कल है।

नोजल में आइसेंट्रोपिक विस्तार मानते हुए, मैक नंबर का मूल्यांकन किसी दिए गए क्षेत्र अनुपात के लिए किया जा सकता है। मैक नंबरका उपयोग करके, कक्ष के दबाव का भी मूल्यांकन किया जा सकता मैक नंबर और कक्ष दबाव प्राप्त करने के लिए समीकरण -1 और समीकरण -2 को हल करने की आवश्यकता है।

$$\varepsilon = \frac{\left(\frac{2}{\gamma + 1}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}} * \left(\frac{\gamma - 1}{\gamma + 1}\right)^{\frac{1}{2}}}{\left(\frac{P_e}{P_c}\right)^{\frac{1}{\gamma}} * \left[1 - \left(\frac{P_e}{P_c}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right]^{\frac{1}{2}}} \quad (1)$$

$$\frac{P_e}{P_c} = \left(1 + \frac{\gamma - 1}{2} M_e^2\right)^{\frac{-\gamma}{\gamma-1}} \quad (2)$$

कक्ष के दबाव की गणना के बाद, समीकरणों का उपयोग करके 4 और 3 अवरुद्ध द्रव्यमान प्रवाह दर का पता लगाया जा सकता है।

$$\frac{\dot{m}}{A_t} = \frac{\Gamma * P_c}{\sqrt{\gamma R T_c}} \quad (3)$$

$$\Gamma = \gamma * \left(\frac{2}{\gamma+1}\right)^{\frac{\gamma+1}{2(\gamma-1)}} \quad (4)$$

इस मामले में, यदि द्रव्यमान प्रवाह दर 0.13g/s से अधिक आती है, तो इष्टतम विस्तार प्राप्त नहीं किया जा सकता है और इसलिए केस-2 को आजमाया जाना है।

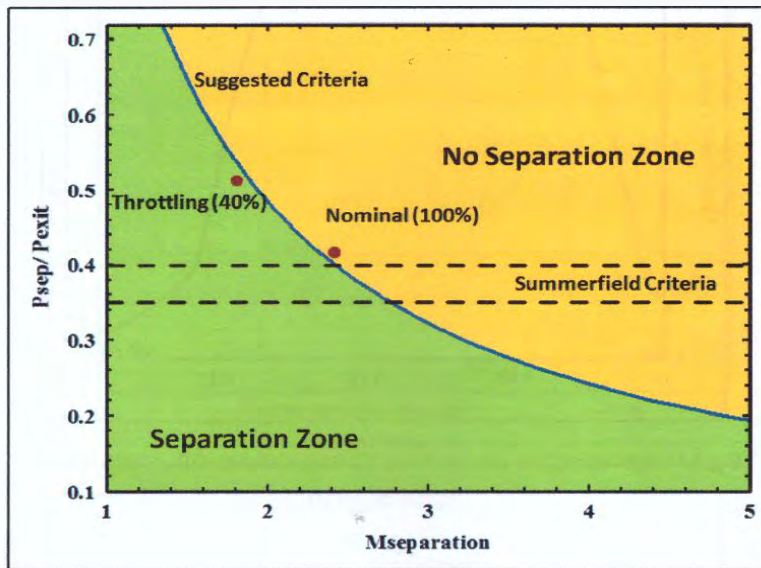
3.2 केस-2: 0.13g/s की उपलब्ध द्रव्यमान प्रवाह दर के लिए गैर-इष्टतम विस्तार के लिए अवरुद्ध प्रवाह की स्थिति।

इस मामले में, द्रव्यमान प्रवाह दर निश्चित है और इसलिए हम मानते हैं कि अवरुद्ध प्रवाह दर 0.13g/s होगी। इस परिदृश्य में, अवरुद्ध प्रवाह समीकरण का उपयोग करके कक्ष के दबाव का मूल्यांकन किया जा सकता है जिसे समीकरण -3 के रूप में प्रदान किया जाता है। समीकरण 3 और 4 का उपयोग करते हुए, इस प्रवाह के लिए कक्ष दबाव की गणना की जाएगी।

समीकरण 5 क्रांतिक दाब समीकरण को प्रदर्शित करता है।

$$\frac{P_t}{P_c} = \frac{2}{\gamma + 1} \quad (5)$$

इस मामले में, क्रांतिक दबाव इष्टतम क्रांतिक दबाव से कम होगा जो दर्शाता है कि नोजल में प्रवाह पृथक्करण होना तय है। पृथक्करण घटना समरफील्ड मानदंड द्वारा नियंत्रित होती है जिसमें कहा गया है कि पृथक्करण दबाव परिवेशी दबाव का 0.35-0.4 गुना है। समरफील्ड मानदंड अच्छा है जब मैक नंबर काभी हिसाब रखा जाए। चित्र 2राल्फ एच स्टार्क द्वारा सुझाए गए प्रवाह पृथक्करण [1] के 'सुझाए गए मानदंड' को प्रदर्शित करता है।



चित्र 2-प्रवाह पृथक्करण के सुझाए गए मानदंड

इस परिदृश्य में, $P_s \sim 0.4 \text{ Pa}$ से शुरू होकर और मैक नंबर कामूल्यांकन करके एक पुनरावृत्ति प्रक्रिया की जाती है। मैक नंबर प्राप्त करने के बाद, P_s को सुझाए गए मानदंड का उपयोग करके संशोधित किया जाता है जैसा कि चित्र 2 में दिखाया गया है। अंत में, अंतिम पृथक्करण दबाव और मच संख्या का मूल्यांकन किया जाएगा।

बाद में समीकरण -1 का उपयोग करने पर, पृथक्करण के क्षेत्र अनुपात को प्राप्त किया गया मैक नंबर और पृथक्करण दबाव का उपयोग करके भी पता लगाया जा सकता है। क्षेत्र अनुपात की सफल प्राप्ति के बाद, समीकरण -6 का उपयोग करके जोर गुणांक कारक (C_f) भी निर्धारित किया जा सकता है।

$$C_f = \sqrt{\left[\frac{2 * \gamma^2}{\gamma - 1} * \left(\frac{2}{\gamma + 1} \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma-1}} * \left\{ 1 - \left(\frac{P_e}{P_c} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right\} \right]} + \left(\frac{P_e - P_a}{P_c} \right) * \epsilon \quad (6)$$

C_f के निर्धारण के बाद, हीलियम शुद्धिकरण द्वारा अनुभव किए गए जोर की गणना भी समीकरण -7 का उपयोग करके की जा सकती है।

$$F = C_f * P_c * A_t \quad (7)$$

4 परिणाम और चर्चा

केस -1 इष्टतम विस्तार को दर्शाता है जिसके लिए अवरुद्ध द्रव्यमान प्रवाह दर को प्राप्त किया गया था। तालिका-4 केस-1 के परिणामों को प्रदर्शित करती है।

तालिका 4-केस 1-परिणाम

| क्र.सं. | पैरामीटर | केस-1 |
|---------|-------------------------------|-------|
| 1. | व्यापक दबाव, (पास्कल) | 15 |
| 2. | द्रव्यमान प्रवाह दर, (g/s) | 3.80 |
| 3. | कक्ष दबाव, (पास्कल) | 6715 |
| 4. | अपेक्षित निकास दबाव, (पास्कल) | 15 |
| 5. | निकास मैक नंबर | 5.62 |
| 6. | इंजन का क्षेत्र अनुपात | 11 |
| 7. | अधिकतम जोर अपेक्षित, (N) | 6.42 |

अवरुद्ध प्रवाह दर 3.80 g/s है जो उपलब्ध 0.13 g/s से बहुत अधिक है। ऐसे परिदृश्य में, हीलियम टैंक दबाव के साथ बाधाओं के वर्तमान सेट पर विचार करने के लिए केस -1 असंभव है। इसलिए, केस-2 को 0.13 g/s की अधिकतम उपलब्ध द्रव्यमान प्रवाह दर के साथ जांच करने की आवश्यकता है।

केस -2 का मूल्यांकन खंड -3 में सूचीबद्ध मानदंडों के आधार पर किया गया है और परिणाम तालिका -5 में सारणीबद्ध किया गया है।

तालिका 5-केस 2-परिणाम

| क्र.सं. | पैरामीटर | केस2- |
|---------|-------------------------------|-------|
| 1. | व्यापक दबाव,(पास्कल) | 15 |
| 2. | द्रव्यमान प्रवाह दर, (g/s) | 0.13 |
| 3. | कक्ष दबाव, (पास्कल) | 229.4 |
| 4. | अपेक्षित निकास दबाव, (पास्कल) | 4.5 |
| 5. | निकास मैक नंबर | 3.38 |
| 6. | इंजन का क्षेत्र अनुपात | 2.432 |
| 7. | अधिकतम जोर अपेक्षित, (N) | 0.188 |

केस -2 में, प्रवाह पृथक्करण होता है और पृथक्करण का क्षेत्र अनुपात 2.43 निकलता है जो गले के काफी करीब होता है। इस परिदृश्य में, गले को 0.13 g/s की द्रव्यमान प्रवाह दर के लिए हीलियम गैस से अवरुद्ध कर दिया जाता है, जो बताता है कि प्लम का अपड्राफ्ट इंजेक्टर फेस की ओर 2.43 के एरिया रेशियो से आगे नहीं जा सकता है। इस हीलियम पर्जिंग के साथ विकसित अधिकतम जोर ~ 200mN है जो 4 x 800N की तुलना में काफी छोटा है। इसलिए लैंडिंग संचालन के लिए इस जोर की उपेक्षा की जा सकती है।

5 उपसंहार

वर्तमान अध्ययन में, दो मामलों का अध्ययन किया गया है, एक क्षेत्र अनुपात 11 के लिए इष्टतम विस्तार के लिए और दूसरा 0.13 g/s की अधिकतम प्रवाह दर के लिए गैर-इष्टतम विस्तार के साथ। हीलियम टैंक के दबाव के वर्तमान संदर्भ में इष्टतम विस्तार का मामला संभव नहीं है, जिसमें अधिकतम उपलब्ध द्रव्यमान दर से अधिक अवरुद्ध द्रव्यमान प्रवाह दर है। 0.13 g/s के अवरुद्ध प्रवाह के साथ गैर-इष्टतम विस्तार एक व्यवहार्य शुद्धिकरण विकल्प है जिसमें प्रवाह पृथक्करण होता है। यहां, प्रवाह गले में अवरुद्ध है और सुपरसोनिक वेग पर गले को छोड़ देगा और लगभग 2.43 के क्षेत्र अनुपात में ~ 14mm गले के नीचे की अक्षीय दूरी पर अलग हो जाएगा। इसके अलावा हीलियम शुद्धिकरण के साथ विकसित जोर नगण्य है और इसलिए लैंडिंग ऑपरेशन में विचार के लिए इसे नजरअंदाज किया जा सकता है।

6 पावती

लेखक विक्रम लैंडर के लिए पर्जिंग स्कीम पर इस अध्ययन को आगे बढ़ाने के लिए डॉ. नारायणन वी., निदेशक, एलपीएससी द्वारा दिए गए निरंतर समर्थन के लिए आभारी हैं। लेखक काम के दौरान दिए गए प्रोत्साहन के लिए डॉ. पी अरुण कुमार, उप निदेशक, ईएसईएस और अध्ययन के लिए मूल्यवान इनपुट प्रदान करने के लिए श्री एबिन थॉमस, वैज्ञानिक एसडी, एसपीईडी को भी धन्यवाद देना चाहते हैं।

7 नामकरण

| | |
|-------------------------------------|--------------------|
| Pe – निकास दबाव | (Pa) |
| Ps – पृथक्करणदबाव | (Pa) |
| Pa – व्यापक दबाव | (Pa) |
| Pc – कक्षदबाव | (Pa) |
| Me – निकासमैक नंबर | (-) |
| Tc – रुद्धोष्म ज्वाला तापमान | (K) |
| Cf – जोर गुणांक | (-) |
| At – गला क्षेत्र | (mm ²) |
| m [˙] - द्रव्यमानप्रवाह दर | (g/s) |
| r - वैन किरचॉफ फंक्शन | (-) |
| ε – क्षेत्र अनुपात | (-) |

8 संदर्भ

- [1] राल्फ एच. स्टार्क, "रॉकेट नोजल में फ्लो सेपरेशन, एक साधारण मानदंड," 41वां एआईए/एएसएमई? एसएई/एएसईई संयुक्त प्रणोदन सम्मेलन और प्रदर्शनी 10-13 जुलाई 2005, टक्सन, एरिजोना, एआईए 2005-3940।
- [2] गॉर्डन सैनफोर्ड और मैकब्राइड, जटिल रासायनिक संतुलन संरचना की गणना के लिए कंप्यूटर प्रोग्राम, रॉकेट प्रदर्शन, घटना और प्रतिबिंबित झटके और चैपमैन जौगनेट डेटोनेशन, नासा एसपी 273।
- [3] सटन, जी.पी. और बिब्लार्ज, ओ., रॉकेट प्रोपल्शन एलिमेंट्स, जॉन विले एंड संस, इंक., न्यूयॉर्क, 2001।
- [4] ऑस्कर बिब्लार्ज और रॉकेट डी. ज़कर, फंडामेंटल्स ऑफ़ गैस डायनेमिक्स-थर्ड एडिशन, जॉन विले एंड संस, इंक., न्यूयॉर्क, 2019।

लेखक परिचय -



बलाघूर्ण हस्तोपकरण का अंशांकन, सापेक्ष माप विचलन, और प्रमाणन की नवीन प्रक्रिया

नितिन कु. जैन

क्यूसीडी/क्यूएमपीजी/एमवीआईटी

विक्रम साराभाई अंतरिक्ष केंद्र, थुंबा,

त्रिवेंद्रम - 695008, भारत।

(ईमेल आईडी: nitinkr_jain @vssc.gov.in)

सार: बलाघूर्ण हस्तोपकरण यानी बलाघूर्ण औजार, का उपयोग, मोटर वाहन, जहाज निर्माण, एयरोस्पेस, तेल/गैस, और बिजली जैसे उद्योगो एवम अन्य क्षेत्रो के विभिन्न भागों को एक साथ जोड़ने /एकीकृत करने के लिए किया जाता है। वे प्रमाणित बलाघूर्ण प्रदान करते हैं। किसी भी उचित डिजाइन के लिए पेंच/नट जोड़ों में सही बलाघूर्ण बहुत महत्वपूर्ण है। और यह एक डिजाइन आवश्यकता है। एक बलाघूर्ण हस्तोपकरण, बलाघूर्ण के माप को इंगित करता है जो कि पेंच तनाव, जो संयुक्त डिजाइन में अधिक प्रासंगिक है, का परोक्ष माप है। अनिवार्य नियमित अंशांकन हस्तोपकरण की सटीकता सुनिश्चित करता है। पारंपरिक क्लिक प्ररूप (टाइप- II, वर्ग ए, डी) बलाघूर्ण हस्तोपकरण ही ज्यादातर बलाघूर्ण लगाने के लिए उपयोग किया जाता है। चूंकि, बलाघूर्ण हस्तोपकरण आंतरिक गतिशील तत्व/तंत्र से मिलकर बनता है, जैसे लदा हुआ स्प्रिंग, पावल, कैम आदि, जो समय के साथ खराब होने की संभावना रखते हैं। टूट - फूट; कुप्रबंधन आदि के मामले में, यांत्रिक क्षति; दुरुपयोग, आदि चीजो से स्प्रिंग, अपनी रैखिकता खो देती है। इसलिए, बलाघूर्ण हस्तोपकरण (TW) को नियमित रूप से अंशांकन किया जाना चाहिए। इस के लिए आईएसओ 6789-2017 मानक एक विस्तृत नवीन प्रक्रिया निर्धारित करता है।

सूचकांक शब्द : बलाघूर्ण हस्तोपकरण, अंशांकन, वर्सेटेस्ट600LDR2, ईएस/आईएसओ 6789, Snap-on TTC ट्रांसड्यूसर, सापेक्ष माप विचलन, विश्लेषण, प्रमाणन ।

| | नामपद्धति | CW/ACW | दक्षिणावर्त/वामा व्रत |
|---------|---------------------------------|--------|---------------------------|
| LC | अल्पतम गणना | FSV | पूर्ण पैमाना मान |
| TTC400 | बलाघूर्ण ट्रांसड्यूसर सीरीज नं | LSV | न्यूनतम पैमाना मान |
| SV | बलाघूर्ण हस्तोपकरण स्थापित मान | I.V. | सूचित मान |
| CTQ | गुणवत्ता के लिए महत्वपूर्ण कारक | A_d | सापेक्ष माप विचलन |
| TW | बलाघूर्ण हस्तोपकरण | x_a | स्थापित मान |
| I.D. No | पहचान संख्या | x_r | वर्सेटेस्ट अंशशोधक पर मान |

I. परिचय

प्रक्षेपण यान/अंतरिक्ष उद्योगों के संदर्भ में, यांत्रिक एकीकरण गतिविधियों में घटक/एवियोनिक्स पैकेज का संयोजन शामिल है, जो बदले में प्रक्षेपण वाहन स्तर के एकीकरण के लिए उपयोग किए जाते हैं। सारी यांत्रिक सज्जीकरण प्रणाली में, अंतराफलक जोड़ों का बलाघूर्ण, गुणवत्ता के लिए महत्वपूर्ण (CTQ) सारे मापदंडों में से एक है। प्रक्षेपण यान के एकीकरण में बलाघूर्ण हस्तोपकरण (TW) का उपयोग हमेशा ही पेंच/फास्टनरों में निश्चित स्तर तक तनाव को पैदा करने के लिए किया जाता है। बलाघूर्ण हस्तोपकरण (TW) को सही मापयंत्र के बजाय औजार/उपकरण के रूप में माना और उपयोग किया जाता है। वे बलाघूर्ण का एक दृश्य/श्रव्य माप प्रदान करते हैं और इनका उपयोग यांत्रिक एकीकरण पेंच/फास्टनरों तनाव को नियंत्रित करने के लिए किया जाता है। इसलिए, यह अनिवार्य है कि बलाघूर्ण हस्तोपकरण (TW) को नियमित आधार पर संदर्भ मानक [1, 2] के अनुसार अंशांकन करें। "क्लिक प्ररूप" बलाघूर्ण हस्तोपकरण (TW) उपकरण उद्योगों में बड़े पैमाने पर उपयोग किए जाते हैं। जब इन बलाघूर्ण हस्तोपकरण (TW) में लक्ष्य मान प्राप्त होता है तब एक श्रव्य ध्वनि उत्पन्न होती है और आगे कसने से पहले थोड़ा सा बल छूटने (< 3 डिग्री) का अहसास होता है। जैसे ही श्रव्य ध्वनि उत्पन्न होती है, तकनीशियन को बलाघूर्ण लगाना बंद कर देना चाहिए। आम तौर पर "क्लिक प्ररूप" बलाघूर्ण हस्तोपकरण (TW) की बनावट में एक पावल, कैम, थ्रस्ट/फ्लैट वॉशर और प्रीलोडेड स्प्रिंग आदि का उपयोग एक पेंच तंत्र (स्प्रिंग के तनाव को बढ़ाने/घटाने के लिए) के साथ होता है।

यह सारा तंत्र /व्यवस्था धातु नली में स्थित होती है और यह बलाघूर्ण इकाइयों में अंशांकित होती है। जब बलाघूर्ण हस्तोपकरण (TW) पर एक लक्ष्य मान पर सेट किया जाता है, तो स्प्रिंग में संकुचन पैदा होता है जो कैम के ऊपर काम करता है, अतः बलाघूर्ण के लक्ष्य मान तक पहुँचने पर कैम एक धात्विक ध्वनि उत्पन्न करता है। यह बलाघूर्ण हस्तोपकरण (TW) की बनावट बार-बार, सटीक बलाघूर्ण पैदा करती है। इस बनावट की अनेक विविधता बाजार में उपलब्ध हैं। नमूने के तौर पर विशिष्ट सटीकता स्तर निम्नलिखित हैं, बलाघूर्ण > 10 एनएम के लिए $\pm 4\%$ और बलाघूर्ण 10 एनएम के लिए $\pm 6\%$ होगा [2]। बलाघूर्ण हस्तोपकरण (TW) का सबसे महत्वपूर्ण तत्व स्प्रिंग है और यदि हर उपयोग के बाद बलाघूर्ण हस्तोपकरण (TW) को अपने निम्नतम पैमाने पर वापस नहीं रखा जाता है तो इसकी रैखिक विशेषता प्रभावित हो जाती है। यदि बलाघूर्ण हस्तोपकरण (TW) को उसके निम्नतम स्तर पर ठीक से संग्रहीत नहीं किया जाता है तो स्प्रिंग समय के साथ इस रैखिक संपत्ति खो देती है। केवल मानक द्वारा अनिवार्य नियमित अंशांकन ही बलाघूर्ण हस्तोपकरण (TW) की सटीक बलाघूर्ण पैदा करने की क्षमता सुनिश्चित करता है।

वर्सटेस्ट एक प्रयोगशाला श्रेणी का उपकरण है जो बलाघूर्ण माप प्रदान करता है। यह बलाघूर्ण अंशांकन प्रणाली/अंशशोधक का एक महत्वपूर्ण मूल घटक है, जो TTC ट्रांसड्यूसर के साथ एकीकृत वातावरण में कार्य करता है।

वर्सेटेस्ट एक बहुमुखी उपकरण है, माप भंडारण सहित अधिग्रहण क्षमताएं, पुनर्प्राप्ति, सांख्यिकीय विश्लेषण और स्वचालित बाहरी कंप्यूटर/प्रिंटर पर डाउनलोड करना, ये सारी खूबियां इसमें उपलब्ध हैं। जब वर्सेटेस्ट को ट्रांसड्यूसर (TTC श्रृंखला) के साथ प्रयोग किया जाता है, तो यह सटीक ($\pm 0.25\%$ या बेहतर), उच्च गति सिस्टम रीडिंग के साथ स्थिर/गतिशील बलाघूर्ण माप प्रदान करता है। प्रत्येक TTC ट्रांसड्यूसर में एक विशेष मेमोरी चिप फिट की जाती है जो इसकी सीमा की पहचान करता है और वर्सेटेस्ट के बीच अपना अंशांकन बनाए रखती है। अंशशोधक का एक वैध राष्ट्रीय मानक या अंतर्राष्ट्रीय मानक के अनुरूप अंशांकन प्रमाणपत्र, होना चाहिए। अंशशोधक के उपयोग के संबंध में एक नियंत्रित प्रक्रिया होनी चाहिए। अंशशोधक की अंशांकन वैधता तीन साल तक सीमित हो सकती है या जबतक कि इसमें अत्याधिक लदाई/छेड़खानी आदि के कारण मरम्मत नहीं हुई हो। अधिकतम अंशशोधक की माप त्रुटि, बलाघूर्ण हस्तोपकरण (TW) के अधिकतम माप त्रुटि (प्रत्येक लक्ष्य मान) की एक चौथाई, $1/4$, या कम होनी चाहिए।

II. बलाघूर्ण हस्तोपकरण (TW) और उनका वर्गीकरण [2]

बलाघूर्ण हस्तोपकरण (TW) को निम्नानुसार दो प्रकारों में वर्गीकृत किया गया है, इंडिकेटिव TW (टाइप- I) और सेटिंग TW (टाइप- II)।

1) इंडिकेटिव TW (टाइप I): ये वे बलाघूर्ण हस्तोपकरण हैं जो एनालॉग स्केल, डायल, डिजिटल डिस्प्ले-पैनल के माध्यम से लगाए गए बलाघूर्ण मान को इंगित करता है

इनको फ्लेक्सचर बार, हाउसिंग, स्केल, डायल, स्क्रू ड्राइवर, डिस्प्ले आदि के आधार पर क्लास ए, बी, सी, डी, और ई के रूप में भी आगे वर्गीकृत किया गया है,

2) सेट TW (टाइप II): ये वे बलाघूर्ण हस्तोपकरण हैं जिसमें लक्ष्य बलाघूर्ण को सेट कर सकते हैं और जब लगाया गया बलाघूर्ण लक्ष्य मान तक पहुँच जाता है, तो यह संकेत (धात्विक ध्वनि या उसके बिना) उत्पन्न करता है और आगे कसने से पहले थोड़ा सी बल में कमी (< 3 डिग्री) का अहसास होता है। ये आगे हैं वर्गीकृत, इनको रिंच, लाइनें, समायोजन, स्क्रू ड्राइवर, प्रदर्शन आदि के आधार पर, क्लास ए, बी, सी, डी, ई, एफ, और जी के रूप में भी आगे वर्गीकृत किया गया है।

III. सामान्य दिशा – निर्देश

अंशांकन प्रक्रिया के दौरान और बाद में निम्नलिखित बिंदुओं पर पहले विचार और लागू किया जाना चाहिए।

1. प्रयोगशाला में काम शुरू होने से पहले कार्य प्रभारित द्वारा सभी गतिविधियों की जानकारी दी जानी चाहिए।

2. सभी आइटम/एडेप्टर ठीक से अंशशोधक के पास में स्थित होने चाहिए।
3. अंशांकन शुरू होने से पहले रजिस्टर में बलाघूर्ण हस्तोपकरण (TW) की पहचान दर्ज किया होनी चाहिए।
4. अंशांकन के दौरान कमरे का तापमान (22 ± 3 डिग्री C) से ± 10 डिग्री C बदलना नहीं चाहिए।
5. अधिकतम सापेक्षिक आर्द्रता 60% से कम होनी चाहिए।
6. अंशांकन प्रक्रिया के दौरान निर्बाध विद्युत आपूर्ति (यूपीएस) सुनिश्चित किया गया होनी चाहिए।
7. ऑपरेटर/प्रचालक को बलाघूर्ण हस्तोपकरण (TW) का उपयोग करने से पहले निर्देश मैनुअल पढ़ना चाहिए।
8. परजीवी बल को कम करने के लिए अंशशोधक और TW के बीच स्वतः संरेखण होनी चाहिए।
9. TW की हाथ की पकड़ के बीच में ही बल लागू करें। बलाघूर्ण लगाने के लिए हमेशा TW खींचें धक्का न दें।
10. बलाघूर्ण हस्तोपकरण TW (टाइप-I) को बलाघूर्ण का मान बढ़ते क्रम में तब तक लोड किया जाना चाहिए जब तक लक्ष्य मान हासिल ना हो जाए। अगर बलाघूर्ण का मान लक्ष्य से पार हो गया है तो फिर TW को शून्य स्थिति से लोड दोहराया जाना चाहिए।
11. बलाघूर्ण हस्तोपकरण TW (टाइप- II) को सेट करने के साथ धीमी और स्थिर बढ़ती गति के साथ लोड किया जाना चाहिए जब तक TW लक्ष्य प्राप्ति का संकेत ना कर दे। 80% से 100 % लक्ष्य बलाघूर्ण मान तक पहुँचने के लिए आवश्यक न्यूनतम समय नीचे दिया गया है

तालिका 1.

| बलाघूर्ण का स्तर | न्यूनतम समय 80% से 100% के लिए |
|------------------------------|--------------------------------|
| <10 एनएम | 0.5 s |
| ≥ 10 एनएम & <100 एनएम | 1.0 s |
| ≥ 100 एनएम & <1000 एनएम | 1.5 s |
| ≥ 1000 एनएम | 2 s |

12. स्क्रूड्राइवर TW (टाइप II, वर्ग डी, ई और एफ) के लिए बलाघूर्ण को 80% से 100 % लक्ष्य बलाघूर्ण मान तक पहुँचने के लिए आवश्यक न्यूनतम समय 0.5s to 1.0s होनी चाहिए।
13. उत्तोलन के लिए "चीटर बार" का उपयोग न करें।
14. घिसे-पिटे एडेप्टर का उपयोग न करें।
15. अंशशोधक प्रणाली के संचालन से पहले यह सुनिश्चित करें कि बलाघूर्ण हस्तोपकरण TW पूरी तरह से अंशशोधक पर लगा हुआ हो।
16. अंशशोधन के बाद, बलाघूर्ण हस्तोपकरण TW को अनलोड करें यानी LSV के नीचे सेट करें।
17. वर्सेटेस्ट में माप की इकाई का चयन बलाघूर्ण हस्तोपकरण TW सेटिंग यूनिट के अनुसार किया जाना चाहिए।

18. TTC-400 (4 इन 1 सेंसर) सेंसर ऊपर/ बगल घुंडी के माध्यम से लोडर अक्ष के साथ संरेखित होना चाहिए।
19. सेंसर का परिवर्तन केवल बिजली बंद स्थिति में ही किया जाना चाहिए।
20. अंशशोधक के पास राष्ट्रीय/अंतरराष्ट्रीय मानक के अनुरूप वैध अंशांकन प्रमाणपत्र होना चाहिए। अंशशोधक के उपयोग के संबंध में एक नियंत्रित प्रक्रिया होनी चाहिए। अंशशोधक की अंशांकन वैधता तीन साल तक सीमित हो सकती है या जब तक कि इसे अत्याधिक लदाई/ छेड़खानी आदि के कारण मरम्मत नहीं हुई हो।
21. अधिकतम अंशशोधक की माप त्रुटि, बलाघूर्ण हस्तोपकरण (TW) के अधिकतम माप त्रुटि (प्रत्येक लक्ष्य मान) की एक चौथाई, 1/4, या कम होनी चाहिए।
22. दक्षिणावर्त/वामा व्रत दोनों दिशाओं के लिए अंशांकन प्रक्रिया समान रहती है और यह प्रत्येक दिशा के लिए अलग से किया जाना चाहिए।
23. वार्म-अप/अभ्यास वर्सेटेस्ट की TRACK विधा में करना चाहिए।
24. बलाघूर्ण हस्तोपकरण TW का अंशशोधन अंतराल, संचालन के कारकों जैसे आवश्यक अधिकतम अनुमेय विचलन, आवृत्ति, उपयोग के दौरान भंडारण की स्थिति, परिवेश की स्थिति के आधार पर तय किया जाना चाहिए। यदि नियंत्रण प्रक्रिया का पालन नहीं किया जाता है तो यह अवधि 12 महीने या 5000 चक्रों में से, जो भी पहले आए उसे अंशशोधन अंतराल अवधि के रूप में चुना जाना चाहिए।
25. किसी भी मरम्मत/किसी भी अनुचित हैंडलिंग, ओवरलोडिंग के बाद बलाघूर्ण हस्तोपकरण TW को तुरंत अंशशोधित किया जाना चाहिए।
26. यदि अंशांकन अंक (LSV, 20%, 60%, 100% FSV) TW पर सेट करना संभव नहीं है तो निकटतम अंशांकन बिंदुओं को चुना जा सकता है।

IV. अंशांकन प्रक्रिया

बलाघूर्ण हस्तोपकरण TW को अंशांकित करने के लिए निम्नलिखित चरणों की आवश्यकता होती है और प्रत्येक लक्ष्य पर बलाघूर्ण माप की संख्या निम्नानुसार (तालिका 2) होगी।

तालिका 2.

| TW का प्रकार | TW का वर्ग | प्रत्येक TW लक्ष्य पर रिकॉर्डेड मापन की संख्या |
|--------------|-----------------|------------------------------------------------|
| टाइप I | सभी | 5 |
| टाइप II | ए, डी, और जी | 5 |
| टाइप II | बी, सी, ई और एफ | 10 |

चरण 1- आइडलिंग

बलाघूर्ण हस्तोपकरण TW को इसकी न्यूनतम सेटिंग यानी LSV से कम पर सेट करें, और इसे निष्क्रिय स्थिति में कमरे के तापमान पर चौबीस घंटे (≥ 24 घंटे) के लिए में रखें।

चरण 2- वार्म-अप/अभ्यास

- i) TW को उसकी अधिकतम सेटिंग पर सेट करें, यानी, FSV और TW को ट्रिगर होने तक लोड करें,
- ii) इसे तीन बार दोहराएं,
- iii) पांच सेकंड के बाद, अंशशोधक को शून्य पर सेट करें और TW को वापस LSV पर सेट करें।

चरण 3-LSV (न्यूनतम पैमाना मान) पर अंशशोधन

- i) TW को LSV पर सेट करें।
- ii) वर्सेटेस्ट को PEAK विधि में चुनें, TW वाली मापन इकाई को चुनें,
- iii) ट्रिगर होने तक TW लोड करें,
- iv) वर्सेटेस्ट के प्रदर्शित मान को उपरोक्त तालिका 2 के अनुसार रिकॉर्ड करें।

चरण 4- 20% FSV (पूर्ण पैमाना मान) अंशशोधन

- i) TW को 20% FSV पर सेट करें,
- ii) TW को ट्रिगर होने तक लोड करें,
- iii) वर्सेटेस्ट के प्रदर्शित मान को उपरोक्त तालिका 2 के अनुसार रिकॉर्ड करें।

चरण 5- 60% FSV (पूर्ण पैमाना मान) अंशशोधन

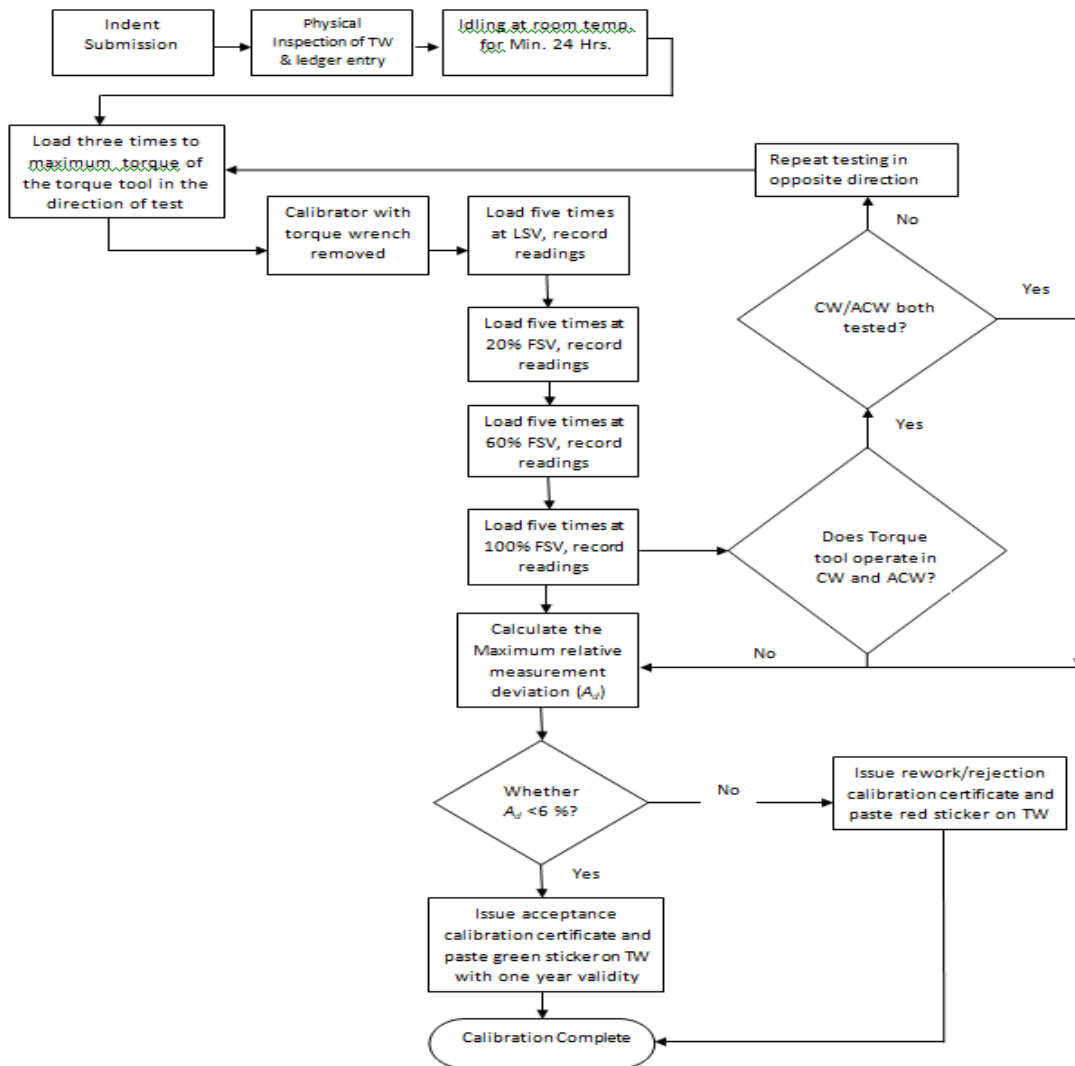
- i) TW को 60% FSV पर सेट करें,
- ii) TW को ट्रिगर होने तक लोड करें, रिकॉर्ड करें
- iii) वर्सेटेस्ट के प्रदर्शित मान को उपरोक्त तालिका 2 के अनुसार रिकॉर्ड करें।

चरण 6- 100% FSV (पूर्ण पैमाना मान) अंशशोधन

- i) TW को 100% FSV पर सेट करें,
- ii) TW को ट्रिगर होने तक लोड करें, रिकॉर्ड करें
- iii) वर्सेटेस्ट के प्रदर्शित मान को उपरोक्त तालिका 2 के अनुसार रिकॉर्ड करें।



चित्र 1.: अंशशोधन की स्थापना।



चित्र 2.: अंशशोधन प्रक्रिया का फ्लोचार्ट

V. माप के सापेक्ष विचलन की गणना

सापेक्ष माप विचलन गणना प्रत्येक अंशांकन पर प्रत्येक बलाघूर्ण मान के लिए प्रदर्शित किया जाना चाहिए। सापेक्ष विचलन गणना (आईएस/आईएसओ 6789 :2017) निम्नानुसार किया जाना चाहिए।

$$A_d = \frac{(x_r - x_a)}{x_a} * 100 \quad (1)$$

प्रत्येक अंशांकन बलाघूर्ण मान के लिए तीन दशमलव स्थान (आईएस 2: 2016) तक पूर्णांकित अधिकतम सापेक्ष विचलन को रिपोर्ट किया जाना चाहिए।

VI. बलाघूर्ण हस्तोपकरण मूल्यांकन और उपयोग प्रमाणीकरण

- i.) सभी अंशांकन बलाघूर्ण मान के लिए अधिकतम सापेक्ष माप का विचलन की गणना सत्यापित करें।
- ii.) यदि अधिकतम सापेक्ष माप का विचलन समीकरण (1) से
 - (1) छह प्रतिशत से कम ($A_d \leq 6.00\%$) है तब उपयोग के लिए बलाघूर्ण हस्तोपकरण को स्वीकार करें, अन्यथा
 - 2) मरम्मत के लिए अनुशंसा करें ($A_d > 6.00\%$)
- iii.) बलाघूर्ण हस्तोपकरण मूल्यांकन और उपयोग प्रमाणीकरणके अनुरूपता का निर्धारण करने के लिए, बलाघूर्ण TW उपकरण और अंशशोधक की अनिश्चितता को संग्यान में नहीं लिया जाना चाहिए। एक नमूना प्रो-फॉर्मा प्रमाण पत्र नीचे दिखाया गया है।

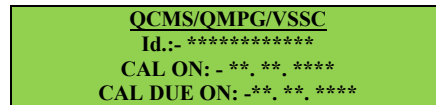
अंतरिक्ष अनुसंधान में हाल की प्रगति - नवाचार और उद्भवन के अवसर

| VIKRAM SARABHAI SPACE CENTRE MECHANISMS, VEHICLE INTEGRATION & TESTING QUALITY MANAGEMENT & PRODUCTIONISATION GROUP QUALITY CONTROL DIVISION | | | | | | Form No: P14 Revision No: 00 | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|---|---|---------------------|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------|
| TORQUE WRENCH CALIBRATION REPORT | | | | | | | | |
| Report No. QMPG-QCD-T | | | | | Date: | | | |
| 1 | Name of the Instrument | | | | | | | |
| 2 | Make / Model | | | | | | | |
| 3 | Identification No. | | | | | | | |
| 4 | Range | | | | | | | |
| 5 | Least Count | | | | | | | |
| 6 | Request No. & date | | | | | | | |
| 7 | Indenter | Name | | | | | | |
| | | Divn./Group | | | | | | |
| 8 | Calibrator Details | Make / Model | | | | | | |
| | | Identification No. | | | | | | |
| | | Due date of Calibrator | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| 9. CALIBRATION DETAILS. | | | | | | | | |
| Reading No. | Set Value Nm | Observed Value (Nm) | | | | | % Max. Error (<6) | Remarks |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | |
| 1 | | | | | | | The Torque wrench was calibrated in Clockwise direction. | |
| 2 | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | |
| 10 | Max % Error = | | | | | | | |
| 11 | DISPOSITION: [Tick the applicable box] | | | | | | | |
| | <input type="checkbox"/> The calibrated values are within the acceptable limits & Accepted for Flight Use. | | | | | | | |
| | <input type="checkbox"/> Torque wrench requires servicing / resetting. Should Not Use For Flight. | | | | | | | |
| | <input type="checkbox"/> Condemn the torque wrench, since it is not serviceable. | | | | | | | |
| 12 | Calibration date: | | | | | | | |
| 13 | Next Due Date for Calibration: | | | | | | | |
| Calibrated by | | Engineer In charge, | | | Reviewed / Approved | | | |
| Signature: | | | | | | | | |
| Name: | | QC Insp.Lab | | | SH - QCMS(LS) | | | |
| Date : | | QCD/QMPG | | | | | | |

चित्र 3.: नमूना प्रो-फॉर्मा प्रमाण पत्र

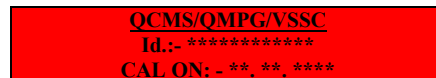
VII. चिहनांकन

i) यदि TW उपयोग के लिए प्रमाणित है, तो TW को ID, अंशांकन की तिथियां और देय तिथि के साथ चिह्नित करें छेड़छाड़ विरोधी हरे रंग का अंशांकन स्टिकर चिपकाएँ जिसमें सभी विवरण दिख रहा हो। नमूना स्टिकर इस प्रकार है।



ii) अस्वीकृत TW के लिए, छेड़छाड़ विरोधी लाल स्टिकर चिपकाएँ जिसमें "To be serviced" दिख रहा हो।

नमूना स्टिकर इस प्रकार है।



To be serviced

iii) उन् TW के लिए, जिसमे कुछ विशेष अंशांकन पॉइंट/रेंज (मांगकर्ता के अनुरोध के अनुसार), पर ही अंशांकन किया गया हो तो वही "केवल मान्य" पॉइंट/रेंज " ** से ** एनएम " को छेड़छाड़ विरोधी पीला स्टिकर से चिपकाएँ करें। नमूना स्टिकर इस प्रकार है।

OCMS/OMPG/VSSC
Id.: *****
CAL ON: - **, **, ****
CAL DUE ON: - **, **, ****
Valid only from ** to ** Nm

VIII. निष्कर्ष

यह लेख विस्तृत अंशांकन प्रक्रिया और सापेक्ष विचलन और प्रमाणन के मापन को प्रकाशित करता है। यह आईएसओ 6789 मानक के नए संस्करण 2017 के अनुरूप है।

IX . उद्धरण

- [1] एसटीएम मानक B107.14-2004, हाथ टोक उपकरण (मैकेनिकल), एक अमेरिकी राष्ट्रीय मानक।
- [2] आईएसओ 6789-1 "स्कू और नट्स के लिए असंबली टूल्स - हैंड टॉर्क टूल्स; भाग 1: डिजाइन अनुरूपता परीक्षण और गुणवत्ता अनुरूपता परीक्षण के लिए आवश्यकताएं और विधियां: अनुरूपता की घोषणा के लिए न्यूनतम आवश्यकताएं, भाग 2: माप अनिश्चितता के अंशांकन और निर्धारण के लिए आवश्यकताएं।
- [3] वारेन ब्राउन, स्कॉट हैमिल्टन, एन गुयेन, टॉम स्मिथ, " हाथ टोक उपकरण की क्षेत्र अंशांकन और यथार्थता ", एसएमई 2011 प्रेशर वेसल्स एंड पाइपिंग डिवीजन कॉन्फ्रेंस की कार्यवाही जुलाई 17-21, 2011, बाल्टीमोर, मैरीलैंड, यूएसए।
- [4] एसटीएम मानक E2554 - 18, "कंट्रोल चार्ट तकनीकों का उपयोग करके एक परीक्षण विधि के परीक्षण परिणामों की अनिश्चितता का आकलन और निगरानी करने के लिए मानक अभ्यास" एक अमेरिकी राष्ट्रीय मानक।
- [5] लुका जी. बोचेस, कार्लो फेरेरो, " हाथ टोक उपकरण अंशांकन में मापन की अनिश्चितता", 2003 एनसीएसएल अंतर्राष्ट्रीय कार्यशाला और संगोष्ठी।
- [6] नोरबार® उत्पाद सूची 2018 पी पी 77.
- [7] नितिन के. जैन और अन्य, "हाथ टोक उपकरण अंशांकन के लिए प्रक्रिया, सापेक्ष माप विचलन/अनिश्चितता विश्लेषण और प्रमाणन", वीएसएससी इन-हाउस तकनीकी रिपोर्ट (इसरो-वीएसएससी-टीआर-0519-0-21)।

लेखक परिचय



नितिन कुमार जैन विक्रम साराभाई अंतरिक्ष केंद्र में क्यूसीडी/क्यूएमपीजी/एमवीआईटी में इंजीनियरी हैं। उन्हें उपग्रह प्रेक्षण वाहनों के यांत्रिक एकीकरण के गुणवत्ता नियंत्रण में 12 वर्षों से अधिक का अनुभव है। उन्होंने भारतीय विज्ञान संस्थान, बेंगलूर से मैकेनिकल इंजीनियरिंग में मास्टर डिग्री प्राप्त की है। उन्होंने अंतरराष्ट्रीय/राष्ट्रीय पत्रिकाओं और सम्मेलनों में तकनीकी लेख प्रकाशित/प्रस्तुत किए। वह इंस्टीट्यूशन ऑफ इंजीनियर्स, भारत के एसोसिएट सदस्य हैं।

चंद्रमा के टक्कर प्रक्षेपवक्र पर अग्रसर रॉकेट-चरण के 'चंद्र प्रभाव स्थान' का विश्लेषण

पूजा दत्त, वैज्ञा./इंजी. एसएफ, अनुप्रयुक्त गणित प्रभाग, विक्रम साराभाई अंतरिक्ष केंद्र (वीएसएससी), तिरुवनंतपुरम, ईमेल - pooja_dutt@vssc.gov.in

दीपक नेगी, उप प्रभाग प्रधान, अनुप्रयुक्त गणित प्रभाग, विक्रम साराभाई अंतरिक्ष केंद्र (वीएसएससी), तिरुवनंतपुरम, ईमेल - deepak_negi@vssc.gov.in

सारांश

अंतरिक्ष मलबे की समस्या पृथ्वी के निकट अंतरिक्ष तक ही सीमित नहीं है। अंतर्ग्रहीय अभियानों में सतत वृद्धि होने के कारण, अंतरिक्ष मलबा गहरे अंतरिक्ष के बड़े क्षेत्र में फैल रहा है। 4 मार्च 2022 को एक रॉकेट-चरण चंद्रमा पर अनियोजित रूप से दुर्घटनाग्रस्त हुआ था। यह लेख, चंद्रमा के टक्कर प्रक्षेपवक्र पर अग्रसर इस रॉकेट-चरण के चंद्र प्रभाव स्थान का विश्लेषण और चंद्रयान-2 उपग्रह के साथ संयोजन विश्लेषण को प्रस्तुत करता है।

मुख्य शब्द: अंतरिक्ष मलबा, चंद्र प्रभाव स्थान, प्रभाव स्थान फैलाव विश्लेषण, चंद्रयान-2 उपग्रह, संयोजन विश्लेषण

1. परिचय

अंतरिक्ष वस्तुओं की आबादी में सतत वृद्धि हो रही है। अंतरिक्ष मलबे की समस्या पृथ्वी के निकट अंतरिक्ष तक ही सीमित नहीं है। कई देश और स्पेसएक्स जैसी वाणिज्यिक कंपनियों के अंतर्ग्रहीय अभियानों के कारण अंतरिक्ष मलबे की समस्या को गहरे अंतरिक्ष के बड़े क्षेत्र में धकेला जा रहा है। हाल ही में, 4 मार्च 2022 को चंद्रमा पर एक रॉकेट बाँड़ी अनियोजित रूप से दुर्घटनाग्रस्त हो गई थी। हार्वर्ड और स्मिथसोनियन के एक खगोलशास्त्री जोनाथन मैकडॉवेल के अनुसार इस रॉकेट चरण जैसी लगभग 30 से 50 खोई हुई गहरी अंतरिक्ष वस्तुएं हैं जो वर्षों से गायब हैं, लेकिन किसी भी अंतरिक्ष एजेंसी ने व्यवस्थित रूप से पृथ्वी से इतनी दूर अंतरिक्ष मलबे का ट्रैक नहीं रखा है। चंद्रमा के साथ रॉकेट भागों की अनजाने में टकराव की समस्या भविष्य में और अधिक बार हो सकती है। अंतरिक्ष मलबे से हमारे अंतर्ग्रहीय उपग्रह की सुरक्षा अति आवश्यक है। अतः ये समय की मांग है, कि दूर अंतरिक्ष मलबे को सूचीबद्ध किया जाए और इन की कक्षा का सतत अन्वेषण हो। सभी अंतरिक्ष एजेंसियों को, गहरी अंतरिक्ष गतिविधि को विनियमित और सूचीबद्ध करने की दिशा में और अधिक गंभीर होना चाहिए।

24 जनवरी 2022 को, बिल ग्रे (प्रोजेक्ट प्लूटो सॉफ्टवेयर के लेखक) ने भविष्यवाणी की थी कि 4 मार्च 2022 को एक रॉकेट बाँड़ी चंद्रमा पर दुर्घटनाग्रस्त होने जा रहा था। यह खबर मीडिया में व्यापक रूप से प्रकाशित हुआ था और बाद में जेपीएल-नासा (JPL-NASA) और ईएसए (ESA) द्वारा इसकी पुष्टि की गई थी। चंद्रमा से टकराने वाली वस्तु को पहले स्पेसएक्स के फाल्कन -9 के ऊपरी चरण के रूप में गलत पहचाना गया था, जिसने एनओए की डीप

स्पेस क्लाइमेट ऑब्जर्वेटरी लॉन्च की थी [1,2]। बाद में रॉकेट-बॉडी की पहचान चांग'ई 5-टी1 रॉकेट चरण (नासा द्वारा और फिर बिल ग्रे और अन्य पर्यवेक्षकों द्वारा) के रूप में की गई [3-5]। चीनी चांग'ई 5-टी1 मिशन को अक्टूबर 2014 में लॉन्ग-मार्च 3-सी रॉकेट से लॉन्च किया गया था। इस मिशन ने चंद्र-नमूना वापसी मिशन [3-5] के लिए एक अग्रिम परीक्षण के रूप में चंद्रमा पर एक छोटा अंतरिक्ष यान भेजा था। आमतौर पर अंतरग्रहीय मिशनों के दौरान रॉकेट के ऊपरी चरणों को पृथ्वी और चंद्रमा से दूर रखते हुए हेलियोसेंट्रिक कक्षा में भेजा जाता है, या पृथ्वी के वायुमंडल में लौटने के लिए पर्याप्त ईंधन रखा जाता है। इस प्रकार के अभियानोत्तर निपटारे (Post Mission Disposal) के अभाव के कारण, चीनी लॉन्ग-मार्च 3-सी रॉकेट का ऊपरी चरण प्रक्षेपण के बाद से सिस्लूनर (cislunar) कक्षा में परिभ्रमण कर रहा था। सूर्य और चंद्रमा के गुरुत्वाकर्षण खिंचाव और सौर-विकिरण दबाव से सिस्लूनर पिंडों की कक्षा में परिवर्तन होता है। यह रॉकेट-बॉडी चंद्रमा से टकराने वाली पहली वस्तु नहीं थी। अपोलो कार्यक्रमों के दौरान नासा ने कई सैटर्न-वी रॉकेट योजनाबद्ध रूप से चंद्रमा पर गिराए थे। 2009 में, नासा ने योजनाबद्ध रूप से, एटलस-वी रॉकेट, जिसने एलआरओ उपग्रह को चंद्रमा के कक्षा में स्थापित किया था, के ऊपरी-चरण को चंद्रमा पर गिराया था।

अंतरिक्ष समुदाय, चंद्रमा के टक्कर पथ पर अग्रसर इस रॉकेट-बॉडी के बारे में निम्नलिखित कारणों से अध्ययन करने के लिए इच्छुक था:

- रॉकेट-बॉडी का द्रव्यमान लगभग 3-4 टन होगा और यह 2.58 कि.मी./सेकंड से टकराएगा, जिसके परिणामस्वरूप क्रेटर / गड्ढा बन जाएगा। यह क्रेटर आकार बनाम ऊर्जा कार्य को कैलिब्रेट करने का मौका देगा।
- चंद्रमा की परिक्रमा कर रहे उपग्रहों (जिसमें चंद्रयान-2 भी शामिल है) से रॉकेट-बॉडी के टकराने की संभावना का अध्ययन करना। टकराव से बचने के लिये उपग्रह के पथ का परिवर्तन करने के लिये अनिवार्य अध्ययन करना।
- चंद्रमा की परिक्रमा कर रहे उपग्रह (नासा के लूनर रिकोनिसेंस ऑर्बिटर (LRO), थेमिस-बी और थेमिस-सी और भारत के चंद्रयान-2) क्रेश लैंडिंग क्रेटर की छवियां ले सकते हैं और प्रभाव के कारण निकले उपसतह सामग्री का निरीक्षण कर सकते हैं।

अंतरिक्ष स्थितिपरक जागरूकता एवं प्रबंधन निदेशालय (DSSAM), इसरो मुख्यालय के अनुरोध पर चंद्रमा के टक्कर पथ पर अग्रसर इस रॉकेट-बॉडी का अध्ययन शुरू किया गया था। यह लेख उपरोक्त अध्ययन का हिस्सा है और चंद्र प्रभाव स्थान का फैलाव विश्लेषण और चंद्रयान-2 उपग्रह के साथ संयोजन विश्लेषण (Conjunction Analysis) प्रस्तुत करता है।

2. कार्य-पद्धति

न्यूटन के सार्वत्रिक आकर्षण नियम के अनुसार, एक केंद्रीय गुरुत्वाकर्षक पिंड (पृथ्वी) के चारों ओर एक इकाई-द्रव्यमान के उपग्रह की गति का समीकरण है:

$$\frac{d^2\vec{r}}{dt^2} = -\mu \frac{\vec{r}}{r^3}$$

यहाँ, पृथ्वी का गुरुत्वाकर्षण पैरामीटर $\mu = MG$, पृथ्वी के द्रव्यमान (M) और सार्वभौमिक गुरुत्वाकर्षण स्थिरांक (G) के बीच का गुणनफल।

एक उपग्रह की वास्तविक विचलित गति का वर्णन करने के लिए, उपरोक्त प्रणाली के दाहिने हाथ में सभी ज्ञात विचलन त्वरणों को जोड़ना होगा:

$$\frac{d^2\vec{r}}{dt^2} = -\mu\frac{\vec{r}}{r^3} + \vec{a}_p$$

जहाँ \vec{a}_p सभी विचलन त्वरणों के परिणामी वेक्टर का प्रतिनिधित्व करता है। गोलाकार पृथ्वी का गुरुत्वाकर्षण (\vec{a}_g), तृतीय-पिंड क्षोभ (\vec{a}_{3-body}), वायुमंडलीय ड्रैग (\vec{a}_{drag}) और सौर विकिरण दबाव (\vec{a}_{SRP}).

$$\vec{a}_p = \vec{a}_g + \vec{a}_{3-body} + \vec{a}_{drag} + \vec{a}_{SRP}$$

अधिक ऊंचाई पर, वायुमंडलीय ड्रैग नगण्य है और इसलिए $\vec{a}_{drag} = 0$ । इस विश्लेषण में, 36X36 EGM2008 गुरुत्वाकर्षण मॉडल का उपयोग \vec{a}_g प्राप्त करने के लिए किया गया है, सूर्य और चंद्रमा के कारण तृतीय-पिंड और SRP गणना के लिए गोलाकार मॉडल का उपयोग किया गया है। इनमें से प्रत्येक तत्व के लिए विस्तृत अभिव्यक्ति [6-10] में उपलब्ध है। अंतरिक्ष वस्तुओं के प्रक्षेपवक्र को प्राप्त करने के लिए उपरोक्त 'संपूर्ण बल नमूने' (Full Force Model) समीकरण को रंज-कुट्टा (7,8) विधि [6-7] का उपयोग करके संख्यात्मक रूप से एकीकृत किया गया है। इस प्रकार रॉकेट बॉडी का जियोसेंट्रिक प्रक्षेपवक्र प्राप्त किया जाता है। चंद्र प्रभाव स्थान विश्लेषण के लिए प्रभाव स्थान का अक्षांश और देशांतर प्राप्त करने के लिए जियोसेंट्रिक प्रक्षेपवक्र को सेलेनोसेंट्रिक को-ऑर्डिनेट सिस्टम में बदलकर प्राप्त किया जाता है। उपरोक्त सभी गणनाएं सिस्टम टूल किट (STK) सॉफ्टवेयर का उपयोग करके किया गया है। रॉकेट-बॉडी और चंद्रयान -2 की कक्षाओं को STK के 'उच्च शुद्धता कक्षा संचरक' (HPOP) का उपयोग करके प्रचारित किया गया है, को-ऑर्डिनेट ट्रांसफॉर्मेशन STK के एनालिसिस वर्कबेंच का उपयोग करके किया गया है और संयोजन विश्लेषण टूल (CAT) का उपयोग रॉकेट-बॉडी और चंद्रयान-2 के प्रक्षेपवक्र के बीच की दूरी की गणना के लिए किया गया है [11]।

'चंद्र प्रभाव समय' वह समय है जब चंद्रमा की सतह से रॉकेट-बॉडी की ऊंचाई 0 कि.मी. हो, और संबंधित अक्षांश और रेखांश को 'चंद्र प्रभाव स्थान' से संबोधित किया जाता है।

डीएसएसएम से प्राप्त चंद्रयान-2 के प्रक्षेपवक्र और (उपरोक्त विश्लेषण द्वारा प्राप्त) रॉकेट-बॉडी प्रक्षेपवक्र के साथ संयोजन विश्लेषण किया गया।

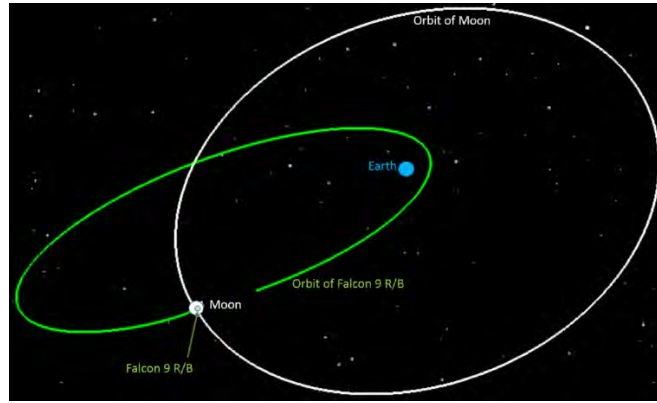
3. परिणाम

तालिका 1, डीएसएसएम से प्राप्त रॉकेट-बॉडी के कक्षीय तत्व को दर्शाता है। एसआरपी विचार के बिना, नाममात्र चंद्र प्रभाव युग 04-मार्च-2022 12:26:21 यूटीसी और प्रभाव स्थान (5.232°, -127.579°) है। चित्र 1, चंद्रमा और रॉकेट पिंड की कक्षाओं, और उनकी सापेक्ष स्थिति को निकट के युग में दिखाता है। तालिका 2 क्षेत्र-से-द्रव्यमान अनुपात (area-to-mass ratio) में

बदलाव के कारण रॉकेट-बॉडी के चंद्र प्रभाव स्थान में भिन्नता देता है। तालिका 3 रॉकेट-बॉडी के कक्षीय तत्व - युग में बदलाव के कारण चंद्र प्रभाव स्थान में भिन्नता को दर्शाता है।

तालिका 1: रॉकेट-बॉडी के कक्षीय तत्व

| | नाममात्र (Nominal) | त्रुटि (Error) |
|----------------------------------|----------------------------|----------------|
| युग (यूटीसी) | 20 जनवरी 2022 23:58:50.816 | ± 0.585 सेकंड |
| अर्ध-प्रमुख अक्ष (कि.मी.) | 295911.94259 | ± 96.5 |
| विलक्षणता | 0.889824677 | ± 3.05e-5 |
| कक्षीय झुकाव / नति (डिग्री) | 27.0092517 | ± 0.00006 |
| उपभू का कोण (डिग्री) | 149.2278077 | ± 0.0037 |
| आरोही नोड का दायां उदगम (डिग्री) | 17.8212832 | ± 0.0006 |
| माध्य विसंगति (डिग्री) | 0.1621535087 | ± 0.00017 |



चित्र 1: चंद्रमा और रॉकेट पिंड की कक्षाएँ, और निकट के युग में उनकी सापेक्ष स्थिति

तालिका 2: प्रभाव स्थान भिन्नता क्षेत्र-से-द्रव्यमान अनुपात के संबंध में

| क्षेत्र-से-द्रव्यमान अनुपात | चंद्र प्रभाव समय (यूटीसी) | अक्षांश (डिग्री) | रेखांश (डिग्री) |
|-----------------------------|---------------------------|------------------|-----------------|
| 0.01 | 04-मार्च-2022 13:09:04 | -1.045 | 155.383 |
| 0.05 | 04-मार्च-2022 12:43:24 | 0.624 | -162.979 |
| 0.005 | 04-मार्च-2022 12:27:43 | 4.672 | -131.133 |
| एसआरपी के बिना | 04-मार्च-2022 12:26:21 | 5.232 | -127.579 |

तालिका 3: युग के संबंध में प्रभाव स्थान भिन्नता

| प्रारंभिक युग (यूटीसी) | चंद्र प्रभाव समय (यूटीसी) | अक्षांश (डिग्री) | रेखांश (डिग्री) |
|-------------------------------|---------------------------|------------------|-----------------|
| 20 जनवरी 2022 23:58:50.231 | 04-मार्च-2022 12:26:22 | 5.225 | -127.631 |
| 20 जनवरी 2022 23:58:51.401 | 04-मार्च-2022 12:26:19 | 5.240 | -127.526 |

चूंकि विभिन्न कक्षीय तत्वों में संभावित त्रुटि उपलब्ध है, इसलिए युग और कक्षीय तत्वों (तालिका 1 के अनुसार) और क्षेत्र-से-द्रव्यमान अनुपात (0-0.005 मी.²/कि.ग्रा.) को परिवर्तित करके प्राप्त 1000 राज्यों को प्रसारित कर, चंद्रमा की सतह पर प्रभाव स्थानों में फैलाव प्राप्त किया गया। तालिका 4, 5 एवं चित्र 2-3 चंद्र प्रभाव स्थान पर फैलाव विश्लेषण का विवरण देती है। चित्र 4 संभावित प्रभाव स्थान के साथ-साथ 95% विश्वास अंतराल त्रुटि दीर्घवृत्त और वास्तविक प्रभाव स्थान को दर्शाता है।

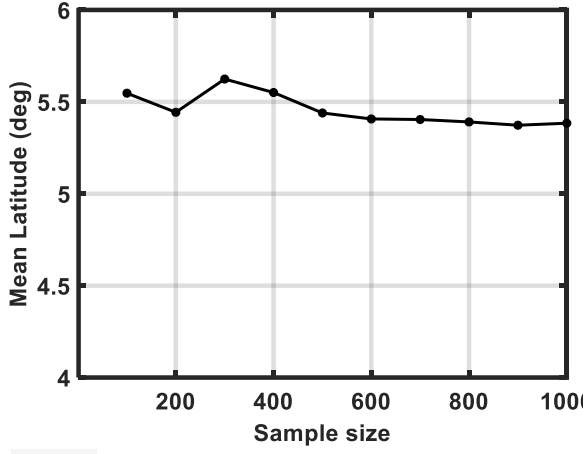
सभी प्रभाव स्थान चंद्रमा के भूमध्यरेखीय क्षेत्र में हैं। औसत प्रभाव युग 04 मार्च 2022 12:27:25 यूटीसी है और स्थान (5.384, -127.353) है। प्रभाव स्थान में मानक विचलन (2.094, 18.520) है जो अक्षांशीय दिशा में 63.5 कि.मी. और अनुदैर्घ्य दिशा में 561.5 कि.मी. के बराबर है।

तालिका 4: कक्षीय तत्वों के संबंध में प्रभाव स्थान भिन्नता

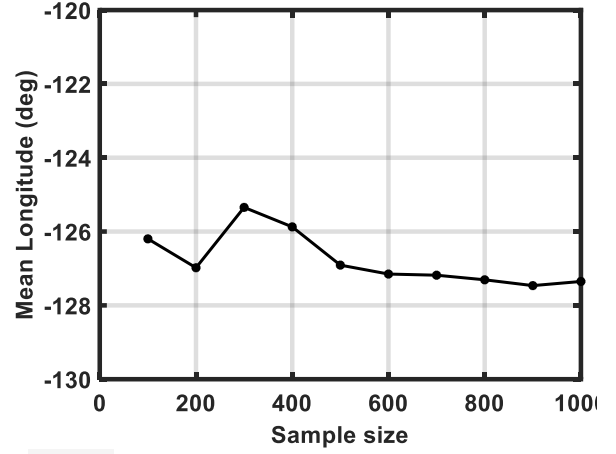
| | चंद्र प्रभाव समय (यूटीसी) | अक्षांश (डिग्री) | रेखांश (डिग्री) |
|------------|---------------------------|------------------|-----------------|
| ऊपरी सीमा | 04-मार्च-2022 12:17:05 | 13.187 | -61.605 |
| निम्न सीमा | 04-मार्च-2022 12:54:40 | 1.359 | 118.874 |

तालिका 5: प्रभाव स्थान के आंकड़े

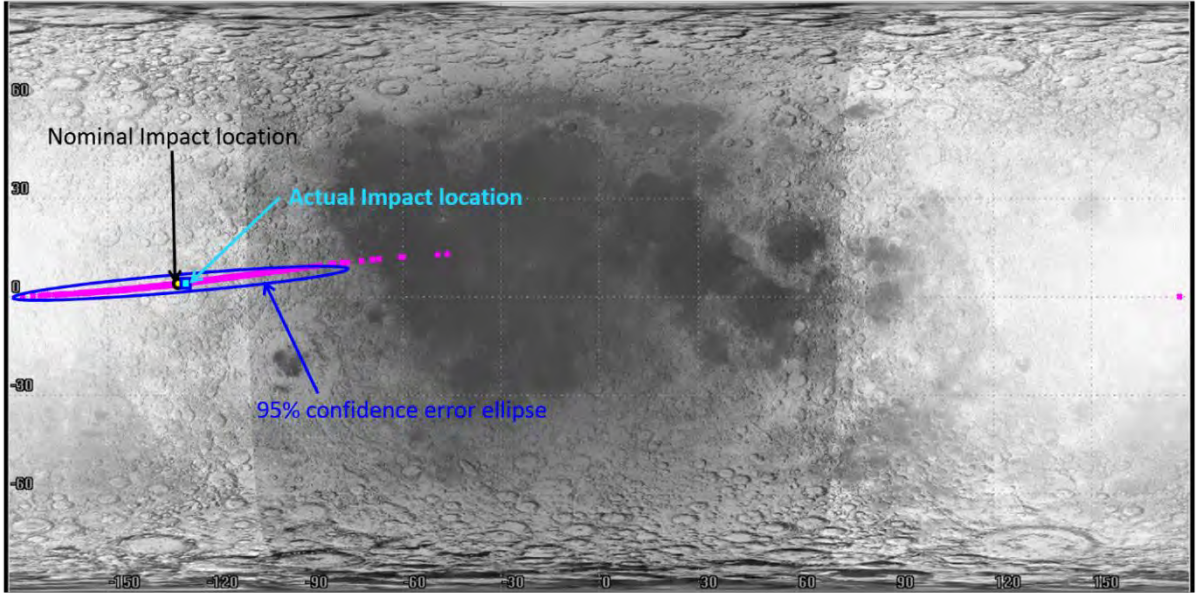
| | औसत | मानक विचलन | न्यूनतम | अधिकतम |
|---------------------------|-------------------------------|------------|-------------------------------|-------------------------------|
| चंद्र प्रभाव समय (यूटीसी) | 04-मार्च-2022 12:27:25.551 | 6.517 मिनट | 04-मार्च-2022 12:16:25.997 | 04-मार्च-2022 12:56:07.181 |
| अक्षांश (डिग्री) | 5.384 | 2.094 | 1.295 | 14.223 |
| रेखांश (डिग्री) | -127.353 | 18.520 | 175.749 (-184.251) | -46.054 |



चित्र 2: नमूना आकार के संबंध में अक्षांश माध्य में भिन्नता

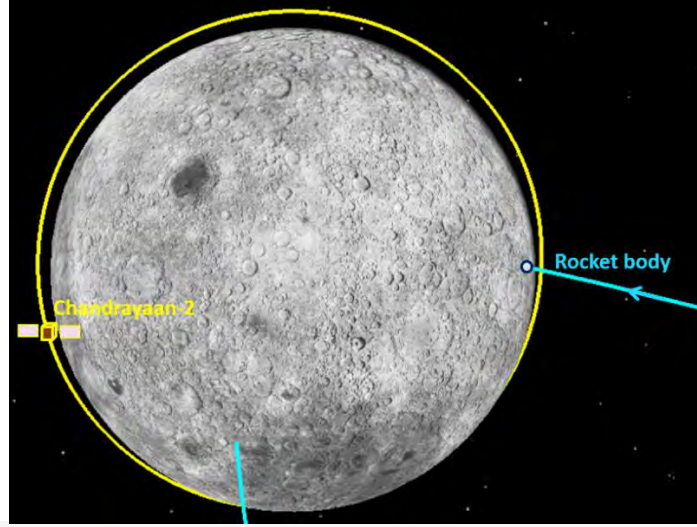


चित्र 3: नमूना आकार के संबंध में रेखांश माध्य में भिन्नता



चित्र 4: संभावित प्रभाव स्थान के साथ-साथ 95% विश्वास अंतराल त्रुटि दीर्घवृत्त और वास्तविक प्रभाव स्थान

डीएसएसएम से प्राप्त चंद्रयान-2 कक्षीय पथ और रॉकेट-बॉडी प्रक्षेपवक्र के साथ संयोजन विश्लेषण भी किया गया था। इस विश्लेषण में विचार किए गए रॉकेट-बॉडी के नाममात्र प्रक्षेपवक्र के साथ 100 कि.मी. के भीतर कोई संयोजन नहीं था। चित्र 5 से पता चलता है कि चंद्रयान-2, रॉकेट-बॉडी के चंद्र प्रभाव के दौरान चंद्रमा के विपरीत दिशा में स्थित है।



चित्र 5: रॉकेट बॉडी के प्रभाव के दौरान चंद्रयान-2 की स्थिति

4. निष्कर्ष

यह लेख, चंद्रमा के टक्कर प्रक्षेपवक्र पर अग्रसर रॉकेट-बॉडी के 'चंद्र प्रभाव स्थान' का विश्लेषण प्रस्तुत करता है। रॉकेट-बॉडी के कक्षीय तत्व डीएसएसएम द्वारा प्रदान किए गए थे। इस डेटा का उपयोग करके प्रभाव स्थान का अनुमान, प्रभाव स्थान का फैलाव विश्लेषण और चंद्रयान-2 के साथ संयोजन विश्लेषण किया गया। जेपीएल-नासा के अनुसार चंद्र प्रभाव समय 04-मार्च-2022 को 12:25:27.8 यूटीसी है और प्रभाव स्थल (अक्षांश, रेखांश) है: (234.7°, 5.32°)। इस अध्ययन से प्राप्त अनुमान: चंद्र प्रभाव समय - 04-मार्च-2022 12:26:21 यूटीसी और प्रभाव स्थान - (अक्षांश, रेखांश) : (232.421°, 5.232°), वास्तविक प्रभाव युग/स्थान के बहुत करीब है। चित्र 4 चंद्र सतह के नक्शे पर अनुमानित और वास्तविक प्रभाव स्थान दिखाता है। चंद्रमा के साथ रॉकेट-भागों की अनजाने में टकराव की समस्या भविष्य में और अधिक बार हो सकती है। अंतरिक्ष मलबे से हमारे अंतर्ग्रहीय उपग्रहों की सुरक्षा बहुत महत्वपूर्ण है। अतः यह समय की मांग है की, दूर अंतरिक्ष मलबे को सूचीबद्ध किया जाए और इनकी कक्षा का सतत अन्वेषण हो। गहरी अंतरिक्ष गतिविधि को विनियमित और सूचीबद्ध करने के बारे में, दुनिया को, और अधिक गंभीर होने का समय है।

आभार

अंतरिक्ष स्थितिपरक जागरूकता एवं प्रबंधन निदेशालय (DSSAM), इसरो मुख्यालय द्वारा दिए गए समस्या विवरण तथा समीक्षकों की रचनात्मक टिप्पणियों के लिए लेखक उन सबके प्रति आभार व्यक्त करना चाहते हैं। हमें प्राप्त निरंतर समर्थन एवं प्रोत्साहन हेतु श्री जयसन जोसफ, ग्रुप प्रधान, एफएमजी, श्री सी रविकुमार, ग्रुप निदेशक, एएफडीजी तथा डॉ. वी अशोक, उप निदेशक, एयरो एन्टिटी के प्रति भी कृतज्ञ हैं। हिंदी अनुभाग, वीएसएससी / आईआईएसयू को भी हम तहे दिल से धन्यवाद देते हैं।

संदर्भ

1. <https://www.space.com/spacex-falcon-9-rocket-hit-moon-march-2022> accessed on 28 Jan 2022.
2. <https://arstechnica.com/science/2022/01/an-old-falcon-9-rocket-may-strike-the-moon-within-weeks/> accessed on 28 Jan 2022.
3. Rocket part set to crash into Moon is from China's Chang'e 5-T1 mission, not Elon Musk's SpaceX, ABC Science on 14 Feb 2022.
4. Rocket on collision course with the moon built by China not SpaceX, Agence France-Presse, on 15 Feb 2022.
5. Origin of rocket on course to slam into moon wrongly identified, CNN World Space Science, on 15 Feb 2022.
6. Montenbruck O., Gill E.; Satellite Orbits: Models, Methods and Applications; Springer Verlag, Heidelberg; Corrected 3rd Printing (2005).
7. Montenbruck O., Pflieger T.; Astronomy on the Personal Computer; Springer Verlag, Heidelberg; 4th edition (2000).
8. Seeber G.; Satellite Geodesy; Walter de Gruyter, Berlin, New York; 2nd completely revised and extended edition (2003).
9. Vallado D. A; Fundamentals of Astrodynamics and Applications; McGraw-Hill, New York; 4th edition (2013).
10. Guochang Xu, GPS Theory, Algorithms and Applications, 2nd Edition, Springer - Verlag Berlin Heidelberg 2007.
11. STK version 12 User Manual

लेखक परिचय -



डॉ. पूजा दत्त वी.एस.एस.सी के अनुप्रयुक्त गणित प्रभाग में 2007 से कार्यरत हैं। तब से इन्होंने अंतर्ग्रहीय प्रक्षेप पथ का निर्माण, अंतरिक्षीय मलबे के विश्लेषण, और न्यून्य-ऊर्जा प्रक्षेपपथों की रचना में विशारत प्राप्त की है। इसरो के प्रमोचन यानों और उपग्रहों को अंतरिक्षीय मलबे के टकराव से सुरक्षित रखने वाले दल की ये सदस्य हैं। वर्तमान में ये अनियंत्रित अचक्रिकीय पिण्डों के पृथ्वी पर पुनः प्रवेश की भविष्यवाणी तंत्र के निर्माण में कार्यरत हैं।

टी. ई. सी. एस. में एस. एस. एल. वी. के लिए एम. ओ. बी. सी. सी. सॉफ्टवेयर का सत्यापन

शिव कुमार यादव, गढ़वे अमोल नानासाहेब

shiv_ky,amol_g@vssc.gov.in

गुणवत्ता आश्वासन और विश्वसनीयता - सॉफ्टवेयर और मिशन समूह

विक्रम साराभाई अंतरिक्ष केंद्र, त्रिवेंद्रम 695022

सार-

मीनीऑनबोर्ड चेकआउट कंप्यूटर (एमओबीसीसी) एक रीयल-टाइम एम्बेडेड सिस्टम है जो लॉन्च वाहन की महत्वपूर्ण चेकआउट गतिविधियों को करता है जिससे एसएसएलवी (लघुउपग्रहप्रमोचनयान) का सफल उत्थापन होता है। इसमें स्वचालित प्रमोचन अनुक्रम(एएलएस) सॉफ्टवेयर शामिल है, जो अंतिम लॉन्च ऑपरेशंस की स्वचालित प्रोसेसिंग करता है, एनजीसी 1553 बी बस के साथ इंटरफेस करने के लिए बस इंटरफेस यूनिट (बीआईयू) सॉफ्टवेयर और टीएम और स्कूबी डेटा अधिग्रहण और प्रसंस्करण के लिए सॉफ्टवेयर। विभिन्न परिदृश्यों के तहत शुद्धता और पूर्वानुमान सुनिश्चित करने के लिए इस जटिल सॉफ्टवेयर को मान्य करने की आवश्यकता है।

सॉफ्टवेयर मूल्यांकन के पारंपरिक तरीके जैसे समीक्षाएं, कोड निरीक्षण और सिस्टम स्तर परीक्षण और मूल्यांकन सहकारी सॉफ्टवेयर मॉड्यूल और इसके घटक धागे के अस्थायी पहलुओं का पूरी तरह से मूल्यांकन नहीं करते हैं। सटीक त्रुटि स्थितियों का अनुकरण करने के लिए सिस्टम स्तर के परीक्षण अपनी क्षमता में सीमित हैं। इसलिए, निर्भरता सुनिश्चित करने के लिए एक सॉफ्टवेयर विशिष्ट मूल्यांकन करने के लिए एक मंच की आवश्यकता होती है।

सॉफ्टवेयर की महत्वपूर्णता को ध्यान में रखते हुए, संबंधित सॉफ्टवेयर तत्वों के साथ एएलएस का मूल्यांकन करने के लिए विकसित किए गए टेस्टबेड का उपयोग एमओबीसीसी के एकीकृत सॉफ्टवेयर डिजाइन के अनुकूल होने के लिए सिमुलेटर का उपयोग करके संशोधनों के साथ किया गया था। प्लेटफॉर्म, जिसे चेकआउट सॉफ्टवेयर के मूल्यांकन के लिए टेस्टबेड (टीईसीएस) कहा जाता है, सभी हार्डवेयर इंटरफेस के बिना लॉन्च कॉन्फिगरेशन के रूप में चेकआउट सॉफ्टवेयर को निष्पादित करने के लिए एक रूपरेखा प्रदान करता है। परिचालन वातावरण के रूप में नेटवर्क और अन्य आंतरिक इंटरफेस स्थापित किए गए हैं। अन्य सभी इंटरफेस विस्तार से सिमुलेटेड हैं जैसे कि सॉफ्टवेयर ऐसा व्यवहार करता है जैसे कि हार्डवेयर मौजूद था।

ये सिमुलेटर व्यापक विफलता सिमुलेशन क्षमताओं के साथ डिजाइन किए गए हैं। सिमुलेटर को ऑनबोर्ड प्रोसेसर, काउंटडाउन टाइमर, वाहन सिस्टम, उड़ान इलेक्ट्रॉनिक्स के कमांड संचालित राज्य

परिवर्तन आदि को पूरा करने के लिए विकसित किया गया है। कार्यात्मकता के पूरे स्पेक्ट्रम को कवर करने के लिए टेस्ट केस तैयार किए जाते हैं।

एमओबीसीसी एक वास्तविक समय प्रणाली होने के कारण, कार्यात्मक और अस्थायी दोनों तरह की शुद्धता का पता लगाया जाना चाहिए। एमओबीसीसी के मूल्यांकन के लिए सिम्युलेटर कीजरुरतमहसूसकीगई और सफलतापूर्वक उपयोग किया गया। वाहन चेकआउट सॉफ्टवेयर में हो रहे परिवर्तनों को पूरा करने के लिए टेस्टबेड को लगातार बनाए रखा जाता है। यह पेपर कार्यप्रणाली, नकली इंटरफेस के कार्यान्वयन, कवरेज विश्लेषण और परिणामों के बारे में विस्तार से चर्चा करता है।

सूचकांक शब्द- एमओबीसीसी, स्वचालित लॉन्च अनुक्रम, टीईसीएस: चेकआउट सॉफ्टवेयरके मूल्यांकन के लिए परीक्षण क्षेत्र, एसएसएलवी

I. प्रस्तावना

लॉन्च व्हीकल चेकआउट सॉफ्टवेयर में लॉन्च व्हीकल के विभिन्न चेकआउट कार्यों को प्राप्त करने के लिए लोकल एरिया नेटवर्क से जुड़े 15कंसोल शामिल हैं। स्वचालित प्रमोचन अनुक्रम (एएलएस) सॉफ्टवेयर अंतिम उलटी गिनती चरण में शुरू किया गया है, जो लॉन्च के समाप्त होने तक महत्वपूर्ण अंतिम गतिविधियों को पूरा करता है। बस इंटरफेस यूनिट (बीआईयू) सॉफ्टवेयर एनजीसी के उड़ान मोड में जाने तक जहाज पर उपयोग की जाने वाली 1553 बस श्रृंखला में बस नियंत्रक है। एमस्कूबि(लघुकृत स्कूबि) स्कूबि श्रृंखलाओं के माध्यम से कमांड भेजता है और रिले और एक्चुएटर्स को नियंत्रित करता है। सीरियल टेलीमेट्री डेटा का उपयोग कई फ्लाइट इलेक्ट्रॉनिक्स की स्थिति जानने के लिए किया जाता है। इन सभी सॉफ्टवेयरों की कार्य क्षमता अब विभिन्न थ्रेड्स पर चलने वाले विभिन्न मॉड्यूल के रूप में एमओबीसीसी सॉफ्टवेयर में एकीकृत हो गई है। विभिन्न परिदृश्यों के तहत शुद्धता और पूर्वानुमेयता सुनिश्चित करने के लिए इस सॉफ्टवेयर को मान्य करने की आवश्यकता है। लॉन्च कंट्रोल सेंटर के रूप में चेकआउट सॉफ्टवेयर (टीईसीएस) के मूल्यांकन के लिए टेस्ट बेड ने पर्यावरण सेटअप प्रदान किया। यह पेपर इस टेस्ट बेड में एमओबीसीसी की आवश्यकता, कार्यान्वयन और सॉफ्टवेयर मूल्यांकन पर चर्चा करता है। उद्देश्य विफलता परिदृश्यों पर है जो वास्तविक प्रणाली के साथ संभव नहीं हैं।

एमओबीसीसी सॉफ्टवेयर सी में विकसित किया गया था और कोड को संकलित करने के लिए एआरएम)G++ ARM-LINUX-GNU-G++/GCC, संस्करण 7.2.1 20171011) के क्रॉस कंपाइलर का उपयोग किया गया था। कोड का स्थैतिक विश्लेषण अंडरस्टैंड उपकरण का उपयोग करके किया गया था और मॉड्यूल स्तर परीक्षण मैनुअल रूप से किया गया था।

II. सॉफ्टवेयर परीक्षण की आवश्यकता

आम तौर पर सत्यापन और मान्यकरण(वी और वी) प्रक्रिया में समीक्षा, कोड निरीक्षण और सिस्टम स्तर परीक्षण और मूल्यांकन (टी और ई) शामिल हैं। ये प्रक्रियाएं सभी त्रुटियों को पकड़ नहीं सकतीं क्योंकि कई सॉफ्टवेयर परिवर्तन एक अवधि में जमा हुए हैं और प्रभाव अध्ययन कठिन हैं। अपर्याप्त आवश्यकताएं और डिजाइन दस्तावेज कोड निरीक्षण प्रक्रिया में बाधा डालते हैं। लॉन्च व्हीकल चेकआउट सॉफ्टवेयर का जमीन से ऑनबोर्ड पैकेज में संक्रमण के परिणाम स्वरूप कई कंसोल की कार्यक्षमता का एकीकरण, कंसोल के बीच एमओबीसीसी में इंटरफेस/इंटरैक्शन को कैप्चर करना मुश्किल है। कंसोल के बीच समय संबंधों का विश्लेषण करना भी बहुत कठिन है। सॉफ्टवेयर को मान्य करने के लिए सिस्टम स्तर टी और ई अक्सर सीमित संख्या में परीक्षण मामलों, त्रुटि परिदृश्यों की परीक्षण क्षमता, क्षणिक विफलताओं, बड़ी जनशक्ति और आवश्यक प्रयास और शेड्यूल सीमाओं के कारण सीमित होते हैं।

संक्षेप और शब्दकोष

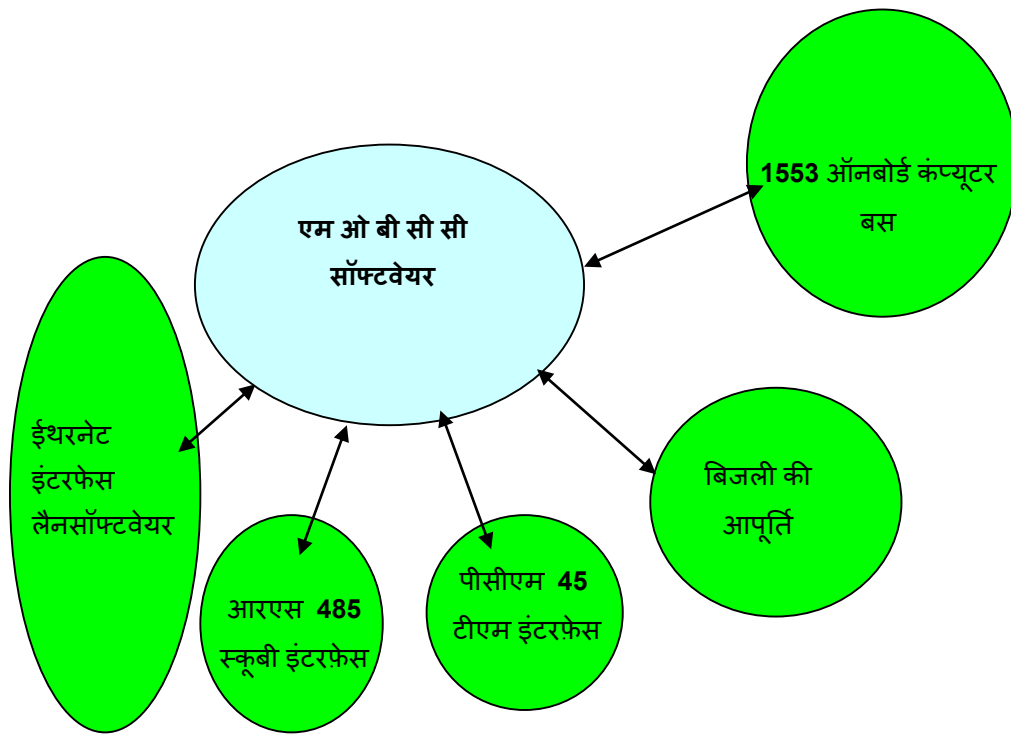
- एमओबीसीसी: मीनीऑनबोर्ड चेकआउट कंप्यूटर
- एएलएस: स्वचालित प्रमोचन अनुक्रम
- सीडीटी: काउंटडाउन टाइमर,
- सीटीआर: कंट्रोल टर्मिनल रूम
- एलसीसी- लॉन्च कंट्रोल सेंटर
- ओबीसी: ऑनबोर्ड कंप्यूटर
- आईटीएस: एकीकृत समय अधिग्रहण प्रणाली
- टी और ई: परीक्षण और मूल्यांकन
- टीईसीएस:चेकआउट सॉफ्टवेयर के मूल्यांकन के लिए टेस्ट बेड
- वी और वी: सत्यापन और मान्यकरण
- आरडैक :वास्तविक समय अधिग्रहण प्रणाली

III. उद्देश्यों

एमओबीसीसी सॉफ्टवेयर का परीक्षण टीईसीएस में किया जाता है, जिसे एकीकृत मोड में व्यक्तिगत कंसोल के साथ-साथ कंसोल के परीक्षण के लिए डिज़ाइन किया गया है। एसएसएलवी मिशन में चेकआउट कंप्यूटर फ्लाइट पैकेज के साथ ऑनबोर्ड मौजूद है। एएलएस और बीआईयू जैसे विभिन्न कंसोल को एक सॉफ्टवेयर में एकीकृत किया जाता है जिससे सिम्युलेटेड इंटरफेस की संख्या बढ़

जाती है। नकली इंटरफेस स्थायी और क्षणिक दोनों विफलताओं के तहत परीक्षण की अनुमति देगा। यहां, वास्तविक प्रणाली के साथ संभव नहीं होने वाले विफलता परिदृश्यों पर ध्यान केंद्रित किया गया है। सिमुलेटर ऐसी स्थितियाँ बनाने में मदद करते हैं जो वास्तविक सिस्टम के साथ उत्पन्न करना मुश्किल होता है।

सॉफ्टवेयर परीक्षण टी और ई से पहले किया जा सकता है, जिससे टी और ई चरण से सभी सॉफ्टवेयर संबंधी मुद्दों को हटा दिया जा सकता है। इसके अलावा, टीईसीएस समाधान के डिबगिंग और परीक्षण के लिए एक निरंतर उपलब्ध मंच है।

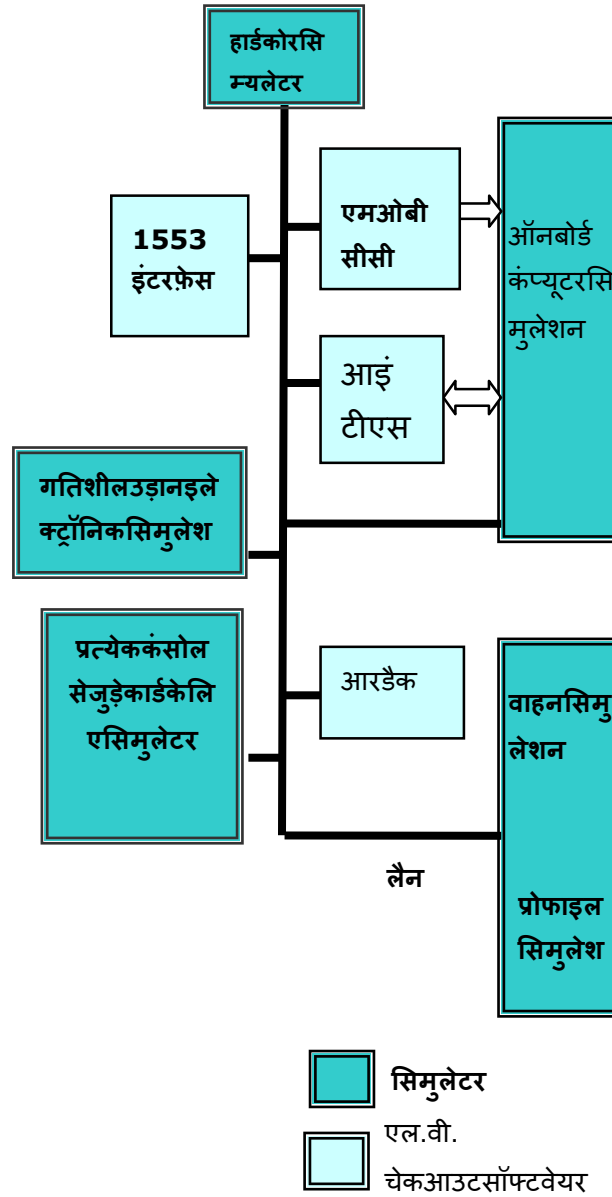


चित्र 1: एमओबीसीसी सॉफ्टवेयर के बाहरी इंटरफेस

IV. टीईसी कार्यान्वयन

हार्डवेयर इंटरफेस के बिना एलसीसी/सीटीआर में चेकआउट सॉफ्टवेयर को निष्पादित करने के लिए एक ढांचा बनाया गया था। फिर, वास्तविक विन्यास के रूप में लैन और अन्य आंतरिक इंटरफेस स्थापित किए गए थे। अन्य सभी इंटरफेस को विस्तार से सिमुलेटेड किया गया था जैसे कि चेकआउट सॉफ्टवेयर ऐसा व्यवहार करता है जैसे कि हार्डवेयर मौजूद था। ये सिमुलेटर व्यापक विफलता सिमुलेशन क्षमताओं के साथ डिज़ाइन किए गए हैं। कार्यात्मकताओं के पूरे स्पेक्ट्रम को

कवर करने के लिए टेस्ट केस तैयार किए गए थे। परीक्षण मामले के लिए लागू अपेक्षित परीक्षा परिणाम के संबंध में परिणामों का विश्लेषण किया गया था।



चित्र 2: एमओबीसीसी सॉफ्टवेयर के परीक्षण के लिए आईटीएस का विन्यास
चेकआउट सॉफ्टवेयर (प्रत्येक कंसोल के लिए) सिम्युलेटेड इंटरफेस के साथ एकीकृत है

- ओबीसी सिम्युलेटर
- वाहन सिम्युलेटर
- इंटरफेस का अनुकरण

- गतिशील उड़ान इलेक्ट्रॉनिक्स सिम्युलेटर
- हार्डकोर सिम्युलेटर
- प्रोफाइल सिमुलेशन

V. सिमुलेटर

ऑनबोर्ड कंप्यूटर (ओबीसी) सिम्युलेटर

उन्नत मिशन कंप्यूटरों, नेविगेशन इनपुट सेंसरों के साथ-साथ डिजिटल दर जाइरो पैकेजों का स्वास्थ्य यथासंभव लॉन्च समय के करीब सुनिश्चित किया जाना चाहिए। इन आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए, लिफ्ट-ऑफ तक उनका लगातार सर्वेक्षण किया जाता है। उन्नत मिशन कंप्यूटरों, सेंसर डेटा अधिग्रहण प्रोसेसर के साथ-साथ क्रायो चरण-प्रसंस्करण इकाई के लिए उड़ान आरंभीकरण डेटा की लोडिंग चेकआउट सॉफ्टवेयर द्वारा की जाने वाली एक महत्वपूर्ण गतिविधि है। चेकआउट सॉफ्टवेयर में कोई भी त्रुटि पैकेज की विसंगति का पता लगाने में विफलता और बाद में मिशन विफलता का कारण बन सकती है। इसलिए ऑनबोर्ड कंप्यूटर के व्यवहार का अनुकरण करने की आवश्यकता है, ताकि इंटरैक्टिंग चेकआउट सॉफ्टवेयर का परीक्षण किया जा सके। चेकआउट सिस्टम के लिए ऑनबोर्ड पैकेज का इंटरफ़ेस उन्नत मिशन कंप्यूटर कॉन्फ़िगरेशन में **एम आई एल1553** लिंक के माध्यम से है। सामान्य प्रयोजन के ऑनबोर्ड कंप्यूटर सिमुलेटर को निम्नलिखित कार्यात्मकताओं के साथ चेकआउट टेस्ट बेड में डिज़ाइन और शामिल किया गया है।

- ऑनबोर्ड कंप्यूटर के समान मेमोरी मैप, जिसे वर्तमान मिशन के लिए कॉन्फ़िगर किया जा सकता है
- लोड/रीड एंड गो कमांड्स के लिए सपोर्ट
- वर्तमान ऑनबोर्ड कंप्यूटर स्थिति कानिरीक्षण करना
- स्मृति विफलताओं, लिंक विफलताओं आदि सहित त्रुटि अनुकरण।
- निगरानी करना। चेकआउट कंप्यूटर ओबीसी द्वारा प्रेषित समेकित स्वास्थ्य स्थिति को एकत्रित करने और जांचने वाले ऑनबोर्ड पैकेज की स्थिति की जांच करता है। इस सुविधा को सिम्युलेट करने के लिए वास्तविक समय की निगरानी और कई लिंक में स्वास्थ्य स्थिति के समेकन की आवश्यकता होती है, आमतौर पर **20ms** के समय अंतराल में।

वाहन इंटरफ़ेस सिम्युलेटर

लॉन्च व्हीकल को मुख्य रूप से रिमोट डेटा एक्वायरिंग एंड कमांडिंग कंसोल (आरडीएसी) के माध्यम से चेकआउट सिस्टम से जोड़ा जाता है। यह चेकआउट सिस्टम I/O गहन है और तंग शेड्यूलिंग बाधाओं के साथ निकट रीयल-टाइम मोड में काम करता है। इस कंसोल का अनुकरण करने के लिए, ऑपरेटिंग सिस्टम सहित सिस्टम की एक सटीक सॉफ्टवेयर प्रतिकृति टीईसीएसमें

कॉन्फ़िगर की गई है। इसमें 1ms की प्रमाणिक समय सटीकता प्रदान करने के लिए विंडोज एनटी ऑपरेटिंग सिस्टम के लिए रीयल टाइम कर्नेल ऐड-ऑन शामिल है। हार्डवेयर इंटरफेस टीईसीएसमें सिम्युलेटेड हैं। निम्नलिखित डेटा अधिग्रहण कॉल सिम्युलेटेड हैं।

- रिले ड्राइवों का अनुकरण
- एडीसी अधिग्रहण
- डिजिटल स्थिति जाँच

इन हार्डवेयर अधिग्रहण मॉड्यूल के लिए कॉल को कैप्चर किया जाता है और वाहन सिम्युलेटर सॉफ्टवेयर में भेजा जाता है जो प्राप्त आदेशों के आधार पर प्रमोचनयान के व्यवहार की नकल करता है। वाहन सिम्युलेटर की एक पूर्व-निर्धारित प्रारंभिक स्थिति होती है (स्वचालित लॉन्च अनुक्रम की शुरुआत से पहले), जिसकी स्थिति कमांड निष्पादन के आधार पर अपडेट हो जाती है। सिम्युलेटर एक प्रोफाइल के आधार पर पूर्व-निर्धारित अवधि या मूल्य परिवर्तन के बाद स्थिति परिवर्तन की सुविधा प्रदान करता है। विभिन्न दबाव प्रोफाइलों के साथ-साथ अलग-अलग समय पर विफलता की स्थिति के लिए, उड़ानसे पहले चैम्बर प्रेशर चेकिंग लॉजिक के लिए इस प्रोफाइल-आधारित भिन्नता का सफलतापूर्वक परीक्षण किया गया था।

इंटरफेस का अनुकरण

एलसीसी में रहने वाले एलवी चेकआउट कंसोल को लिनक्स प्लेटफॉर्म में विकसित किया गया है। वे ईथरनेट टीसीपी/आईपी नेटवर्क के माध्यम से एक दूसरे के साथ संवाद करते हैं। अन्य इंटरफेस में 1553 लिंक, सीरियल लिंक, डिजिटल इंटरफेस और काउंट-डाउन टाइमर इंटरफेस शामिल हैं। टीईसीएस प्रणाली में, दूरस्थ डेटा अधिग्रहण प्रणाली के साथ संचार करने के लिए नेटवर्क कॉल का उपयोग करके सीरियल लिंक का अनुकरण किया जाता है। नेटवर्क कॉल का उपयोग करके हार्ड-लाइन इंटरफेस को भी सिम्युलेटेड किया जाता है। ओबीसी सिम्युलेटर के साथ संचार के लिए, एलसीसी में उपयोग किए जाने वाले 1553 कार्ड का उपयोग टीईसीएस में किया जाता है।

गतिशील उड़ान इलेक्ट्रॉनिक्स सिम्युलेटर

यह जहाज पर उड़ान इलेक्ट्रॉनिक्स के व्यवहार का अनुकरण करता है जिसे कई कंसोल द्वारा नियंत्रित किया जाता है और एलसीसी नेटवर्क में मौजूद प्रसारण में इलेक्ट्रॉनिक्स के संबंधित राज्य परिवर्तन को प्रतिबिंबित किया जाता है। सिम्युलेटर कंसोल से कॉन्फ़िगर किए गए कमांड कोड के रिसेप्शन के आधार पर उड़ान इलेक्ट्रॉनिक्स की स्थिति में परिवर्तन को ट्रिगर करता है। परिवर्तित स्थिति आवश्यक आवधिकता पर आरडीएसी, टीएम, स्कूबी, आदि द्वारा प्रसारित पैकेटों में पैरामीटर मानों में परिवर्तन से परिलक्षित होती है। नाममात्र या गैर-नाममात्र स्थिति का अनुकरण

कॉन्फिगरेशन फ़ाइल द्वारा निर्धारित किया जाता है और इस प्रकार कई विफलता मामलों को अनुकरण करने के लिए उपयोग किया जा सकता है जो सामान्य रूप से बनाना मुश्किल होता है। ऑफ-नॉमिनल वैल्यू को प्रसारण के कुछ चक्रों के लिए चुनिंदा रूप से सिम्युलेटेड किया जा सकता है और बाद में नाममात्र का हो सकता है।

हार्डकोर सिम्युलेटर

हार्डकोर सिम्युलेटर कंसोल स्वास्थ्य के आधार पर हार्डकोर के आवधिक अद्यतन का अनुकरण करता है। यह त्रुटि के मामले में स्विचओवर को सक्षम करने के लिए अनावश्यक कंसोल के स्वास्थ्य का अनुकरण करता है। यह कंसोल से हार्डकोर अपडेट को रोकने के लिए त्रुटि स्थितियों के अनुकरण को भी सक्षम बनाता है।

प्रोफाइल सिमुलेशन

यह आरसीटी दबावों, एल40 दबावों, पीएस1 दबावों आदि के लिए प्रोफाइल-आधारित परीक्षण की सुविधा प्रदान करता है। यह त्रुटि स्थितियों को अनुकरण करने की सुविधा प्रदान करता है। इसे वाहन सिम्युलेटर में एक अतिरिक्त मॉड्यूल के रूप में लागू किया गया है।

VII. परीक्षण मामले

परीक्षण मामलों को इस प्रकार वर्गीकृत किया गया है:

- एएलएस चेकआउट सॉफ्टवेयर विफलता के मामले।
- ऑनबोर्ड कंप्यूटर विफलता सिमुलेशन मामले, विफल उड़ान लोड।
- सेंसर विफलता के मामलों का अनुकरण, अप्रत्याशित उड़ान इलेक्ट्रॉनिक स्थिति।
- बीआईयू के माध्यम से एमओबीसीसी और ऑनबोर्ड कंप्यूटर के बीच लिंक विफलता।
- प्रक्षेपण यान प्रणाली की विफलता के मामलों का अनुकरण।
- आईटीएस सॉफ्टवेयर में विभिन्न विफलताओं के कारण होल्ड और निष्क्रिय स्थिति।
- एमओबीसीसी स्विचओवर स्थितियों का अनुकरण।

इन नियमित परीक्षण मामलों के अलावा, परीक्षण बिस्तर चेकआउट सॉफ्टवेयर से संबंधित समस्याओं को मूल्यांकन करने में उपयोगी है। सॉफ्टवेयर का कम से कम दो मुद्दों को डीबग करने में सफलतापूर्वक उपयोग किया गया है, जो चेकआउट सॉफ्टवेयर दोषों के कारण प्रदर्शन विचलन का कारण बना है। परीक्षण बिस्तर की सहायता से, विफलता विश्लेषण न्यूनतम समय में किया जा सकता है और सटीक अंतर्निहित सॉफ्टवेयर दोष को इंगित किया जा सकता है।

VIII. परीक्षा के परिणाम

टीईसीएस में नए गतिशील उड़ान इलेक्ट्रॉनिक्स सिम्युलेटर के साथ एमओबीसीसी सॉफ्टवेयर को मान्य करने के लिए परीक्षण बिस्तर का प्रभावी ढंग से उपयोग किया गया था। ऑनबोर्ड कंप्यूटरों की उड़ान लोडिंग के साथ-साथ ऑनबोर्ड कंप्यूटरों के स्वास्थ्य की निगरानी के दौरान एमओबीसीसी सॉफ्टवेयर में मौजूद विभिन्न मामलों का परीक्षण बिस्तर में अच्छी तरह से परीक्षण किया गया था। टीईसीएस का प्रभावी रूप से कम समय के भीतर सॉफ्टवेयर का परीक्षण और साफ करने के लिए उपयोग किया गया था। विभिन्न त्रुटि मामलों के तहत बड़ी संख्या में एएलएस परीक्षण मामलों को निष्पादित किया गया और सिस्टम पर विश्वास स्थापित किया गया। विशिष्ट अवलोकनों में से एक यह था कि चेकआउट सॉफ्टवेयर इस तरह से डिज़ाइन किया गया है कि **एमओबीसीसी-पी** के विफल होने पर **एमओबीसीसी-आर** स्विचओवर हो जाएगा। जब टीईसीएस में सिमुलेशन किए गए, तो यह देखा गया कि **एमओबीसीसी-आर** ने निष्पादन को अपने हाथ में ले लिया, जिससे टीएएसकंसोल में संदेश आने बंद हो गए। इसका विश्लेषण किया गया था और स्विचओवर के मामले में आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए लॉगिंग मॉड्यूल को सही किया गया था।

IX. निष्कर्ष और भविष्य के काम

किसी भी एम्बेडेड सिस्टम की सॉफ्टवेयर कार्यात्मकता को महत्वपूर्ण हार्डवेयर में एकीकृत करने से पहले पूरी तरह से मान्य किया जाना चाहिए। हार्डवेयर की अनुपलब्धता एम्बेडेड सॉफ्टवेयर को मान्य करने में एक समस्या हुआ करती थी। यह कार्य एकीकृत मोड में एम्बेडेड हार्डवेयर का अनुकरण करने की क्षमता को प्रदर्शित करता है, ताकि सॉफ्टवेयर सत्यापन को सुविधा जनक बनाया जा सके। यह किसी भी प्रकार की हार्डवेयर त्रुटियों का अनुकरण करने का पूर्ण लचीलेपन के साथ सॉफ्टवेयर के परीक्षण की सुविधा प्रदान करता है, जो वास्तविक हार्डवेयर के साथ संभव नहीं है। टीईसीएस चेकआउट सॉफ्टवेयर को मान्य करने में एक उपयोगी उपकरण साबित हुआ है और अब यह चेकआउट सॉफ्टवेयर क्लीयरेंस जीवन चक्र प्रक्रिया का एक अभिन्न अंग है।

भविष्य में, इस परीक्षण बिस्तर को प्रमोचन यान विन्यास के अनुसार पूर्ण अतिरेक के साथ अद्यतन करने की योजना है। इसमें शामिल इलेक्ट्रॉनिक्स के व्यवहार के अनुसार ऑफ-नॉमिनल मूल्यों का

अनुकरण अनुकरण करने का भी प्रस्ताव है। स्वचालित प्रतिगमन परीक्षण क्षमता और विश्लेषण सुविधाओं के लिए एक परीक्षण प्रबंधक के साथ परीक्षण बिस्तर को बढ़ाने का भी प्रस्ताव है।

X. स्वीकृति

लेखक गतिविधि को पूरा करने में मैनेजमन्ट द्वारा प्रदान किए गए समर्थन का धन्यवाद करते हैं। लेखक भी इस पत्र के समीक्षकों के प्रति अपना आभार व्यक्त करते हैं।

XI. प्रतिक्रियासंदर्भ

[1] Karthika S, R. Sateesh Kumar, Midhun George, Jose K Mathew, Athira S Nair, Gadhave Amol Nanasahab, Nisha S, P.K Abraham, B Valsa et. al , A Testbed for Evaluation of Launch Vehicle Checkout Software, ISCIT-2015

लेखक परिचय -



शिव कुमार यादव ने दयानंद सागर कॉलेज ऑफ इंजीनियरिंग बेंगलूर, 2019 से स्नातक की पढ़ाई पूरी की और इसरो में वैज्ञानिक इंजीनियर /'एससी' के रूप में शामिल होने से पहले 2 साल तक आईटी क्षेत्र में काम किया। वह अपने प्रोग्रामिंग ज्ञान का उपयोग करके मौजूदा मुद्दों को हल करना या उन्हें सरल बनाना पसंद करते हैं।

विक्रम1601 एकीकृत टूलसेट (वीआईटी) - संस्करण 3.0 का अवलोकन

अनुपमा बी, रविकांत पाण्डेय

fk_pandey,b_anupama@vssc.gov.in

गुणवत्ता आश्वासन और विश्वसनीयता - सॉफ्टवेयर और मिशन समूह

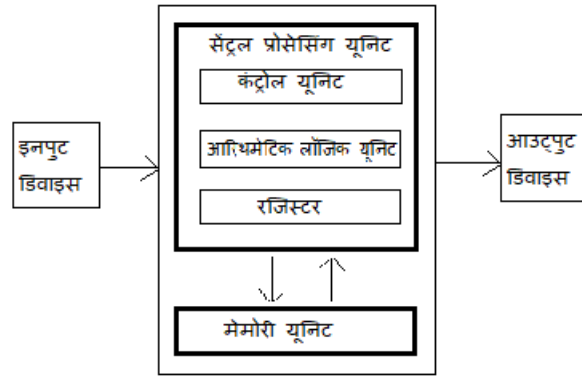
विक्रम साराभाई अंतरिक्ष केंद्र, त्रिवेंद्रम 695022

सारांस -

विक्रम1601, एक 16 बिट प्रोसेसर है जिसे विक्रम साराभाई अंतरिक्ष केंद्र में असीक (एसआईसी) के रूप में डिजाइन और कार्यान्वित किया गया है। इसरो के सभी प्रक्षेपण यान अनुप्रयोगों के लिए नेविगेशन, मार्गदर्शन और नियंत्रण कंप्यूटर (एनजीसीपी) के लिए विक्रम1601 का उपयोग किया जाता है। एडा कंपाइलर, सिस्टम इंटीग्रेटर, असेंबलर, लिंकर, सिस्टम लाइब्रेरी और सिमुलेटर वाले सिस्टम सॉफ्टवेयर को वीएसएससी में विकसित किया गया है। विक्रम1601 आधारित एनजीसीपी पीएसएलवी, जीएसएलवी, एलवीएम3, एसएसएलवी और आरएलवी मिशनों के लिए विभिन्न नियंत्रण और अनुक्रमण कमांड निष्पादित करने वाला ऑनबोर्ड कंप्यूटर है।

परिचय -

विक्रम1601 आर्किटेक्चर एक प्रोग्रामिंग मॉडल है, जिसमें फ्लोटिंग पॉइंट निर्देश भी शामिल हैं। इसमें 2 एड्रेसिंग मोड के साथ 96 निर्देश हैं। चूंकि प्रोसेसर का अपना अनूठा निर्देश सेट होता है, इसलिए निम्नलिखित सॉफ्टवेयर विकास उपकरण वीएसएससी में विकसित किए गए हैं और ये अल्फा कंपाइलर, एप्लिकेशन इंटीग्रेटर, सिस्टम इंटीग्रेटर, असेंबलर, लिंकर और सिमुलेटर कंप्यूटर प्लेटफॉर्म पर काम कर रहे हैं।

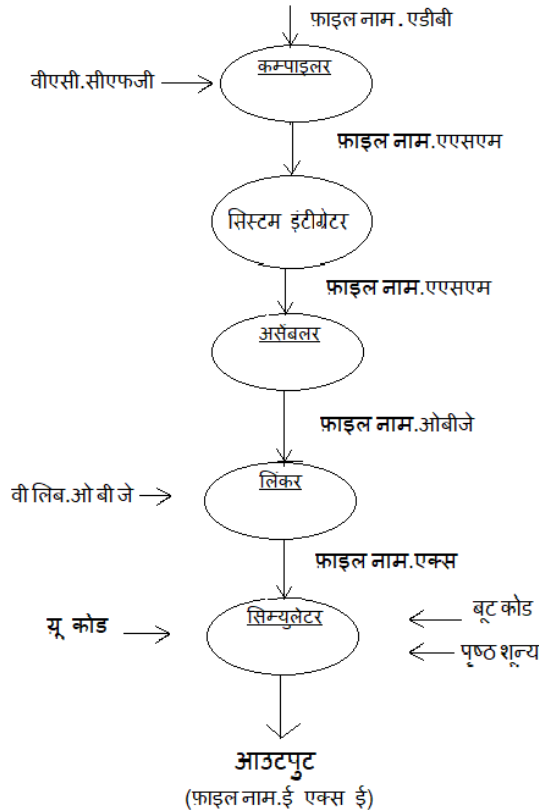


वॉन-न्यूमैन आर्किटेक्चर

विक्रम1601 वॉन-न्यूमैन आर्किटेक्चर पर आधारित है जिसमें शब्द की लंबाई 16 बिट, 2 'एस काम्प्लीमेंट अंकगणित, फिक्स्ड पॉइंट डेटा, 16 बिट साइन्ड फ्रैक्शन, 16/32 बिट अनसाइन्ड इन्टिजर, फ्लोटिंग पॉइंट 32/48 बिट रियल, निर्देश सेट 96, प्रारूप 3, एकल शब्द निर्देश (जेएमपी और जेएसबी को छोड़कर), एड्रेसिंग मोड 2 (प्रोग्राम काउंटर रिलेटिव और इंडेक्स रजिस्टर रिलेटिव), मेमोरी एड्रेस रेंज 232 हजार x 16 बिट शब्द, रैम मेमोरी में 200 हजार शब्द प्रोम + 32 हजार शब्द है।

विक्रम1601 में 10 रजिस्टर का उपयोग होता है ये ए - संचायक, बी, ई - संचायक विस्तार एक्स - इंडेक्स रजिस्टर, टीए - संचायक के लिए अस्थायी रजिस्टर, टीएक्स- इंडेक्स रजिस्टर के लिए अस्थायी रजिस्टर, सी - लूप काउंटर, पी- प्रोग्राम काउंटर, एसपी- स्टैक पॉइंटर और एसटी- स्थिति रजिस्टर है। इन सभी रजिस्टर का प्रयोग करके कम्पाइलर असेंबली कोड उत्पन्न करता है। विक्रम1601 के असेंबली निर्देश को लोड/स्टोर, अंकगणित/तर्क, रजिस्टर-रजिस्टर, शिफ्ट, अनुक्रमण, नियंत्रण, स्टैक, इनपुट/आउटपुट, माइक्रो डायग्नोस्टिक्स वर्गों में उत्पन्न करता है।

1. विक्रम1601 सॉफ्टवेयर टूल्स का उपयोग कर अनुप्रयोग विकास



उपरोक्त चित्र में समस्त विक्रम1601 टूलसेट का उपयोग करके उच्च स्तरीय भाषा को मशीन भाषा में परिवर्तित करके परिणाम प्राप्त किया जाता है ।

2. विक्रम1601 अल्फा कम्पाइलर

संकलक उन्नत मिशन कंप्यूटर (एएमसी) आधारित ऑन बोर्ड कंप्यूटर के लिए सामान्य उड़ान सॉफ्टवेयर विकसित करने के लिए वीएसएससी में तैयार किए गए, एडा लैंग्वेज फॉर फ्लाइट सॉफ्टवेयर एप्लीकेशन (अल्फा) [2] एडा का सबसेट है। कंपाइलर एडा (एडीए) में लिखे सोर्स प्रोग्राम को प्रोसेसर के समकक्ष असेंबली कोड में अनुवाद करता है। ऑनबोर्ड अनुप्रयोगों के लिए उत्पन्न कोड के आसान सत्यापन के लिए, कंपाइलर असेंबली कोड उत्पन्न करता है जो संबंधित उच्च स्तरीय भाषा कथनों के साथ टिप्पणियों के रूप में एनोटेट किया जाता है। हम नीचे दिए हुए कमांड को चला करके इनपुट फ़ाइल .एडीबी के लिए .एसएम फाइल प्राप्त करते हैं।
कमांड: वीएसी <फ़ाइल नाम>[/ओ]

3. सिस्टम इंटीग्रेटर

यह टूल सभी फ़्लाइट एप्लिकेशन सॉफ्टवेयर मॉड्यूल को रीयलटाइम एक्जीक्यूटिव (रेक्स) के साथ एकीकृत करता है ताकि किसी विशेष मिशन के लिए एकल फ़ाइल तैयार की जा सके। एक रिपोर्ट फ़ाइल भी तैयार की जाती है जिसमें एकीकृत की गई व्यक्तिगत फ़ाइलों के बारे में जानकारी होती है। नेविगेशन मार्गदर्शन और नियंत्रण कार्यक्रम (एनजीसीपी) के लिए, नेविगेशन के विभिन्न उड़ान अनुप्रयोग सॉफ्टवेयर मॉड्यूल, अनुक्रम, मार्गदर्शन, डिजिटल ऑटोपायलट (और क्रायो न्यूमो हाइड्रोलिक एल्गोरिदम के लिए जीएसएलवी) को अल्फा में रेक्स इंटरफ़ेस कार्यों के साथ विक्रम1601 का उपयोग करके संकलित किया गया है। एडा कंपाइलर और जेनरेट किए गए असेंबली कोड इंटीग्रेटर के इनपुट हैं। परिणामी एकीकृत एकल असेंबली फ़ाइल को तब असेंबल किया जा सकता है, लिंक किया जा सकता है और एसआईपी, आईपीटी और ओआईएलएस परीक्षण बेड को पोर्ट करने के लिए विक्रम1601 ऑन बोर्ड कंप्यूटर में प्रोग्राम किया जाता है और अंत में उड़ान के लिए भी किया जाता है ।

इसी तरह, डाटा अधिग्रहण सॉफ्टवेयर मॉड्यूल के लिए एकीकृत कर रहे एनआइएम और नाविक सहायता प्राप्त नेविगेशन सॉफ्टवेयर नैनस(एनए आइएनएस) के लिए एकीकृत हो जाता है। सभी पैकेजों के लिए वैश्विक कॉन्फिगरेशन कॉन्फिगरेशन फ़ाइल के हेडर में पैकेज पर लागू निम्नलिखित पैरामीटर शामिल हैं, जिसके लिए फ़्लाइट सॉफ्टवेयर एकीकृत हो रहा है। मिलीसेकंड में लघु चक्र कार्य आवधिकता मिलीसेकंड में प्रमुख चक्र कार्य आवधिकता लघु चक्र कार्य गणना प्रमुख चक्र कार्य गणना 1553बी संदेश गणना एसीई /पीसीए (यह ध्यान दिया जा

सकता है कि 0 का मान एसीई को आइ /ओ इंटरफ़ेस के रूप में दर्शाता है, 1 का पूरक(काम्प्लेमेंट) 1553बी संदेश गणना मान उत्पन्न करता है सिस्टम क्षेत्र में इनिट मान के रूप में। 1 का मान पीसीए को इनपुट/आउटपुट इंटरफ़ेस के रूप में इंगित करता है और 1553बी संदेश गणना मान को प्रत्यक्ष हेक्साडेसिमल प्रारूप में इनिट मान के रूप में उत्पन्न करता है) अतिरिक्त पैरामीटर एनजीसीपी और एनआईएम

(*मिनोरटाइम, मेजरटाइम, माइनरकाउंट, मेजरकाउंट, मेसेजकाउंट, एसीई / पीसीए *)

20 500 10 8 2 0

कार्य विन्यास प्रत्येक कार्य को क्रम में निम्नलिखित जानकारी प्रदान करके कॉन्फ़िगर किया गया है और प्रत्येक कार्य एक नई लाइन पर शुरू होता है। प्रक्रिया के नाम के लिए अनुमत अधिकतम पहचानकर्ता की लंबाई 20 है। फ़ाइल के नाम के लिए अनुमत अधिकतम पहचानकर्ता की लंबाई 20 है। प्रत्येक कार्य का विन्यास विवरण 5 मापदंडों के साथ, एक दूसरे से सफेद स्थान द्वारा अलग किया गया है। पृष्ठ की जानकारी जहां कार्य रहता है - 8 प्रॉम पृष्ठों में से कोई एक जिसका मान 0 .. 7 या रैम से लेकर 8 के मान के साथ है। कार्य आमंत्रण आवधिकता - लघु चक्र कार्य के लिए 'आइ' और प्रमुख चक्र कार्य के लिए 'ज'। कार्य को शेड्यूल करने का क्रम / क्रम - लघु चक्र कार्य के लिए, 1 से कोई भी मान .. माइनरकाउंट और प्रमुख चक्र कार्य के लिए, 1 से मेजरकाउंट तक ले सकते हैं। कार्य को सक्षम/अक्षम करने की जानकारी 'ई' कार्य को सक्षम करने के लिए और कार्य को अक्षम करने के लिए 'डी' लिखते हैं। फ्लाइट रीसेट इनिट रूटीन वर्तमान/अनुपस्थित - 'वाई' यदि इनिट रूटीन मौजूद है और 'एन' अगर यह अनुपस्थित है) टास्क को विन्यास फाइल में मेमोरी पेजों के आरोही क्रम में निर्दिष्ट किया जाएगा। इनिट रूटीन जिसे कार्य शुरू होने से पहले एक बार फ्लाइट रीसेट पर बुलाया जाना चाहिए। यदि इनिट रूटीन की आवश्यकता नहीं है, तो इसके स्थान पर एक खाली लाइन की अपेक्षा की जाती है। टास्क टेबल एएसएम फाइल में होता है जिसमें हर टास्क को किस प्राथमिकता के साथ कब चलाना है लिखा होता है विन्यास फाइल के आधार पर होता है। विक्रम1601 इसी टास्क टेबल के अनुसार टास्क को सम्पन्न करता है। हम नीचे दिए हुए कमांड को चला करके इनपुट फाइल .एएसएम के लिए .एएसएम फाइल प्राप्त करते हैं।

कमांड: वी सिस <आउटपुट एएसएम फाइल नाम> <कन्फिगरेशन फाइलनाम .सीएफजी >
एनजीसीपी

4. असेंबलर

असेंबलर विक्रम1601 असेंबली भाषा में लिखे गए सोर्स कोड स्टेटमेंट को मशीन कोड में ट्रांसलेट करता है। यदि इनपुट फ़ाइल में कोई असेंबली त्रुटियाँ नहीं हैं, तो इनपुट फ़ाइल .एएसएम के लिए ऑब्जेक्ट फ़ाइल .ओबीजे उत्पन्न करता है। अन्यथा, सामने आई त्रुटियों की संख्या कंसोल पर लिखी जाती है। असेंबलर प्रोग्राम लिस्ट फाइल को भी उत्पन्न करता है जिसमें त्रुटि संदेश का विवरण होता है। हम नीचे दिए हुए कमांड को चला करके इनपुट फ़ाइल .एएसएम के लिए .ओबीजे फाइल प्राप्त करते हैं।

कमांड: वीएएसएम<फ़ाइल नाम.एएसएम>

5. लिंकर

लिंकर असेंबलर आउटपुट से निष्पादन योग्य कोड उत्पन्न करता है। लिंकर ऑब्जेक्ट कोड में एकल/कई मॉड्यूल वाली एकल फ़ाइल स्वीकार करता है। विक्रम1601 असेंबलर द्वारा उत्पन्न स्थानापन्न वस्तु कोड ऑन बोर्ड कंप्यूटर के साथ जुड़ा हुआ है। सिस्टम लाइब्रेरी एक विशेष पते पर एक निष्पादन योग्य कोड उत्पन्न करने के लिए, जिसे ऑन बोर्ड कंप्यूटर सिमुलेटर के साथ-साथ लक्ष्य हार्डवेयर में भी निष्पादित किया जा सकता है। लिंकर सिस्टम लाइब्रेरी फ़ाइल 'वीलिब.ओबीजे' के अतिरिक्त उपयोगकर्ता लाइब्रेरी फ़ाइल का समर्थन करता है। यदि उपयोगकर्ता कमांड लाइन पर 'वीलिब.ओबीजे' के अलावा कोई फ़ाइल प्रदान करता है, तो उपयोगकर्ता लाइब्रेरी फ़ाइल का ऑब्जेक्ट कोड 'वीलिब.ओबीजे' के अंत में एक नई लाइब्रेरी फ़ाइल 'वर्कलिब.ओबीजे' बनाने के लिए जोड़ा जाता है, जो स्रोत फ़ाइल के बाहरी प्रतीक को हल करने के लिए लिंकर द्वारा उपयोग किया जाएगा। हम नीचे दिए हुए कमांड को चला करके इनपुट फ़ाइल .ओबीजे के लिए .ईएक्सई फाइल प्राप्त करते हैं।

कमांड: वीलिंक<फ़ाइलनाम.ओबीजे> वी लिब 9000/ए

6. सिम्युलेटर

विक्रम1601 सिम्युलेटर ऑन बोर्ड कंप्यूटर का एक कार्यात्मक सिम्युलेटर है जिसे हार्डवेयर के बिना एप्लिकेशन सॉफ़्टवेयर को निष्पादित करने के लिए डिज़ाइन और कार्यान्वित किया गया है। सभी प्रोम पृष्ठों और रैम में सभी आंतरिक रजिस्ट्रों और मेमोरी स्थानों को ग्राफिकल यूजर इंटरफेस वाले सिम्युलेटर के संस्करण में संशोधित और प्रदर्शित किया जा सकता है। गैर-ग्राफिकल संस्करण सिम्युलेटर कमांड लाइन में एक एप्लिकेशन प्रोग्राम के नाम को स्वीकार करता है, प्रोग्राम को सिम्युलेटेड मेमोरी में लोड करता है और कंसोल पर आउटपुट उत्पन्न करने के लिए पृष्ठभूमि में प्रोसेसर निर्देशों को निष्पादित करता है। हम नीचे दिए हुए कमांड को चला करके आउटपुट प्राप्त करते हैं।

कमांड: वी सिम रन<फाइलनाम.एक्स>

निष्कर्ष :

इस पेपर में हमने विक्रम1601 प्रोसेसर और विक्रम टूलसेट के अवलोकन पर चर्चा की है और इसका उपयोग करके उड़ान सॉफ्टवेयर का निर्माण प्रक्रिया के बारे में जाना है ।

संदर्भ:

1. User Reference Manual of Vikram1601 System Software Toolset (VIT_3.1)
Doc ID VSSC/FCG/FSD/59/16
2. Vikram1601 Programmer Reference Manual
No: VSSC/FCG/FSD/80/14

लेखक परिचय -



रविकांत पांडेय, वर्तमान में त्रिवेंद्रम में वीएसएससी के ग्राउंड सॉफ्टवेयर गुणवत्ता विभाग में कार्यरत हैं। उन्होंने एनआईटी अगरतला से कंप्यूटर विज्ञान और इंजीनियरिंग में स्नातक की उपाधि प्राप्त किया है। उन्होंने वीएसएससी में शामिल होने से पहले ऑटोमेटिक डेटा प्रोसेसिंग और ओरेकल के साथ एप्लिकेशन डेवलपर के रूप में काम किया है।

भारतीय ग्रीष्म मानसून के दौरान ऊपरी क्षोभमंडलीय आर्द्रता: भारतीय उपग्रह प्रेक्षणों द्वारा एक नवीन परिप्रेक्ष्य

के एन उमा

अंतरिक्ष भौतिकी प्रयोगशाला, विक्रम साराभाई अंतरिक्ष केंद्र, तिरुवनंतपुरम

1. सारांश

भारतीय ग्रीष्म मानसून (ISM) के सक्रिय एवं विराम चरणों के दौरान जलयोजन एवं निर्जलीकरण के अध्ययन के लिए भारतीय भू-स्थिर उपग्रह, कल्पना-1 द्वारा सात वर्षों के ऊपरी क्षोभमंडलीय आर्द्रता (UTH) के उच्च-विभेदन मापों का उपयोग किया गया। मध्य भारतीय भूभाग के ऊपर TRMM-3B42 दैनिक वृष्टि को उपयोग में लाते हुए सक्रिय एवं विराम चरणों को चिन्हित किया गया। इसमें सबसे विशिष्ट एवं नूतन प्रेक्षण यह रहा कि भारतीय ग्रीष्म मानसून के सक्रिय चरण के दौरान ऊपरी क्षोभमंडल शुष्क एवं विराम चरण के दौरान नम रहता है। मेघा-ट्रोपिक्स SAPHIR उपग्रह से मापी गई आर्द्रता एवं औरा-MLS से प्राप्त जल मिश्रण अनुपात भी भारतीय ग्रीष्म मानसून के सक्रिय चरण के दौरान ऊपरी क्षोभमंडल शुष्कता एवं विराम चरण के दौरान नमी को दर्शाते हैं। विश्लेषण यह स्पष्ट करता है कि सक्रिय चरण के दौरान निर्जलीकरण एवं विराम चरण के दौरान जलयोजन प्रधान होते हैं। CALIOP आंकड़े दिखाते हैं कि विराम चरण की तुलना में सक्रिय चरण के दौरान सिरस (उप-दृश्य, तनु एवं स्थूल रूप में उप-वर्गीकृत) की अधिक उपस्थिति है। भारतीय ग्रीष्म मानसून के सक्रिय चरण के दौरान निर्जलीकरण प्रक्रिया के लिए सिरस की उपस्थिति को श्रेय दिया जाता है। इस अध्ययन ने यह प्रमाण दिए हैं कि ऊपरी क्षोभमंडल का भारतीय ग्रीष्म मानसून के दौरान यह व्यवहार ऊपरी क्षोभमंडलीय आर्द्रता में आंतर-ऋतुगत परिवर्तनशीलता को प्रदर्शित करता है।

2. भूमिका

जल-वाष्प जलवायु परिवर्तन का एक मुख्य घटक है क्योंकि यह वायुमंडल में विकिरण, गतिकी, मेघ सूक्ष्मभौतिकी एवं अन्य जटिल प्रक्रियाओं को प्रभावित करने में अनेक भूमिकाएँ निभाता है। ऊष्ण-कटिबंधीय जलवायु को समझने के लिए क्षोभमंडल में जल-वाष्प का वितरण एक महत्वपूर्ण कारक है। ऊपरी क्षोभमंडलीय जल-वाष्प एक विशालकाय पुनर्निवेश यंत्रावली प्रदान करता है। ऊष्ण-कटिबंधीय संवहन ऊपरी क्षोभमंडल में स्थानिक एवं कालगत पैमानों की एक विस्तृत सीमा में आर्द्रता को बढ़ाता है। ऊपरी क्षोभमंडल में मुख्यतः संवहन द्वारा परिवहन होता है तथा समतापमंडल में परिवहन, जो जलयोजन/निर्जलीकरण का कारण बनता है, गतिकी एवं सूक्ष्मभौतिकी प्रक्रियाओं जैसे क्षोभमंडल तापमान, अभिवहन, संवहन, तथा सिरस मेघ के कारण होता है (Uma et al., 2014)। अपनी इसी महत्वता के कारण वर्तमान अध्ययन कल्पना उपग्रह द्वारा ऊपरी क्षोभमंडलीय आर्द्रता से संबद्ध है जिससे भारतीय ग्रीष्म मानसून के दौरान UTH में परिवर्तनशीलता को समझने में मदद मिलती है।

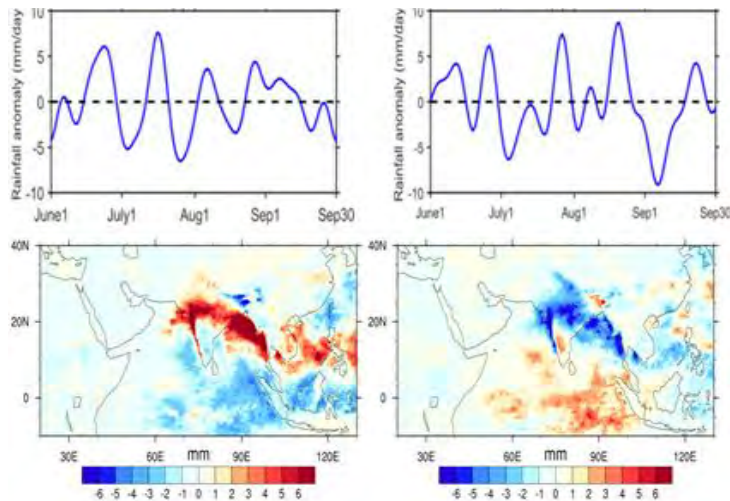
3. आँकड़ों का वर्णन

प्रस्तुत अध्ययन में प्रथम भारतीय मौसम-विज्ञान उपग्रह 'कल्पना' द्वारा 2010 से 2016 के दौरान एकत्र UTH आँकड़ों का उपयोग किया गया है। UTH उत्पादों को 40 किमी के विभेदन पर जनित किया गया है। साथ ही हमने मेघा-ट्रोपिक्स SAPHIR उपग्रह से मापी गई सापेक्ष आर्द्रता, ऊष्ण-कटिबंधीय वृष्टि मापी अभियान (TRMM) से वृष्टि CALIOP से सिरस मेघ, ERA-अन्तरिम पुनर्विश्लेषण से पवन का भी उपयोग किया है। TRMM वृष्टि आँकड़े 0.25° अक्षांश \times 0.25° देशांतर स्थानिक विभेदन के साथ तथा $\pm 50^\circ$ में 3 घंटे के कालगत विभेदन के साथ उपलब्ध हैं। इस अध्ययन में 2010-2015 कालखंड के दौरान जून से सितंबर के

CALIOP प्रेक्षणों को सम्मिलित किया गया है। एक 5° अक्षांश \times 5° देशांतर प्रक्षेत्र को उपयोग में लाते हुए सिरस मेघ की उपस्थिति आवृत्ति का आकलन किया गया है। 2012 से 2016 के दौरान प्राप्त SAPHIR आंकड़ों का उपयोग किया गया है। अधोबिंदु पर इसका विभेदन लगभग 10×10 किमी² है तथा क्रमवीक्षण कोण के साथ यह बढ़ता है। 50° आपतन कोण के लिए यह लगभग 14.5×22.7 किमी² है। 2010 से 2016 के जून-जुलाई-अगस्त-सितंबर (JJAS) के दौरान प्राप्त MLS आंकड़ों का भी प्रस्तुत अध्ययन में उपयोग में लाया गया है। ERA-अन्तरिम आंकड़ा-समूह 1.5° अक्षांश \times 1.5° देशांतर के स्थानिक विभेदन के साथ 37 (जिनमें से 27 100 hPa से कम) दाब स्तरों पर मौसम-विज्ञानीय चर उपलब्ध कराता है।

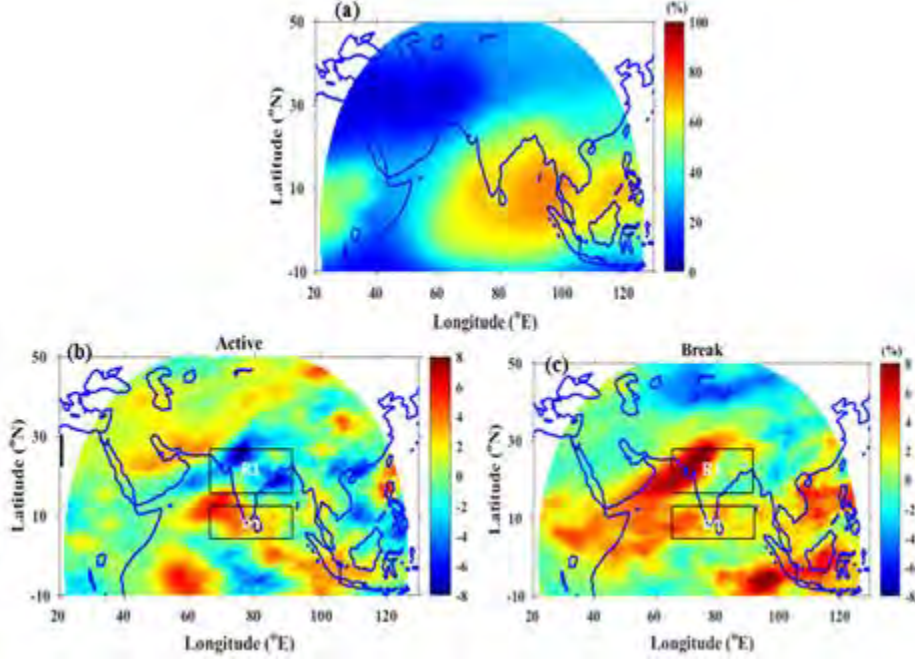
4. परिणाम एवं परिचर्चा

इस कार्य में TRMM-3B42 से प्राप्त दैनिक वृष्टि आंकड़ों का उपयोग मध्य भारत क्षेत्र ($21-27^\circ\text{N}$, $72-85^\circ\text{E}$) के ऊपर भारतीय ग्रीष्म मानसून के सक्रिय एवं विराम चरणों को चिन्हित करने के लिए किया गया है। 1998 से 2016 तक के दैनिक वृष्टि आंकड़ों का उपयोग जलवायु-विज्ञान के आकलन तथा भारतीय रेखांश ($70-90^\circ\text{E}$) के ऊपर होच्मूल्लार आरेख को तैयार करने में किया गया है। सक्रिय एवं विराम दिनों को चुनने के लिए औसत मध्य भारत क्षेत्र के ऊपर 2010-2016 (सात ग्रीष्म मानसून ऋतु) के लिए 1 जून से 30 सितंबर तक की मानक वृष्टि असंगतियों का उपयोग किया गया है। यदि मध्य भारत क्षेत्र के ऊपर मानक वृष्टि असंगतियाँ $1 (-1) \sigma$ (मानक विचलन स्तर) को पार कर जाती हैं तो सक्रिय दिनों को पहचाना गया है। इस अध्ययन के दौरान 124 सक्रिय एवं 151 विराम दिवस हैं। जलवायु विज्ञान (1998-2016) में से 2011 एवं 2013 मानसून ऋतु के लिए वृष्टि असंगतियों के संचरण का एक प्रतिरूप चित्र 1a एवं 1b में दर्शाया गया है। यह प्रेक्षण किया गया है कि बोरियल ग्रीष्म आंतर-ऋतु वृष्टि असंगतियों का उत्तर की ओर पुनरावर्ती स्वाभाविक संचरण भारतीय उपमहाद्वीप के भूमध्यरेखीय क्षेत्रों से लगभग 1 डिग्री अक्षांस प्रति दिन के भिन्न संचरण से है। वृष्टि असंगतियों



चित्र 1: (a) मध्य भारतीय क्षेत्र पर औसत समय श्रृंखला पर मानक वृष्टि असंगति ($21-27^\circ\text{N}$, $72-85^\circ\text{E}$) वृष्टि के स्थानिक सम्मिश्र (मिमी में) असंगतियाँ (a) ISM का सक्रिय तथा (b) ISM का विराम चरण।

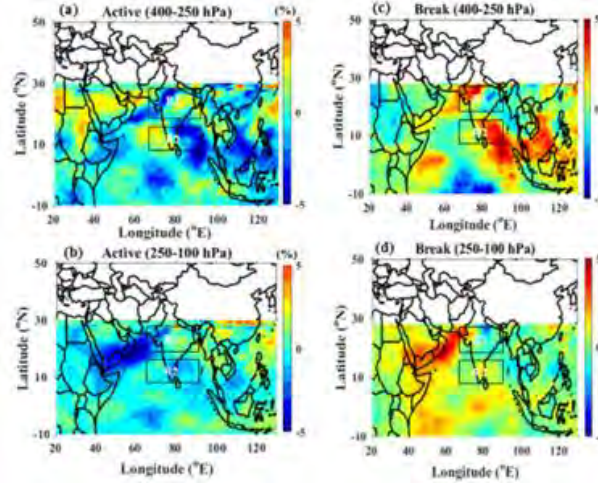
की समय श्रृंखला चित्र 1c व 1d में प्रदर्शित है जिसमें से सक्रिय एवं विराम दिनों को पहचाना जा सकता है। उपरोक्त ISV अभिलक्षण पूर्व अध्ययनों के अनुकूल हैं (उदाहरणतः गोस्वामी, 2005; वालिसर, 2006)।



चित्र 2: (a) 'कल्पना' से प्राप्त जून से सितंबर (ISM) के दौरान UTH का ऋतुगत औसत। (b) ISM के सक्रिय चरण के दौरान UTH असंगति (c) विराम चरण के दौरान UTH असंगति।

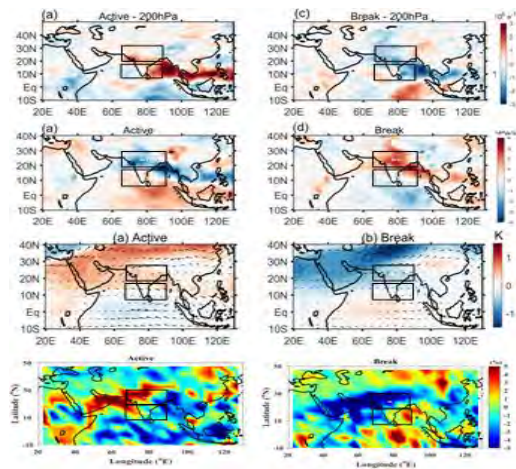
चित्र 2a, 2010 से 2016 के दौरान ऋतुगत (JJAS) औसत UTH दर्शाता है। UTH बंगाल की खाड़ी (BoB), हिन्द महासागर एवं भारतीय क्षेत्र के पश्चिमी तट पर उच्च (80-90%) है। तथापि, भारतीय भूभाग पर UTH आमतौर पर 70% से कम रहता है। सामान्यतः, ऊपरी क्षोभमंडल में नमी में वृद्धि ऊष्ण-कटिबंधीय संवहन के कारण होती है जो स्थानिक एवं कालगत के एक विस्तृत पैमाने पर होता है। मानसून के दौरान आसपास के समुद्री क्षेत्रों से नमी की एक नियत आपूर्ति होती है जिससे भारतीय क्षेत्र के ऊपर गतिविधि बढ़ जाती है। इससे ऊपरी क्षोभमंडल तक नमी का परिवहन होता है। चित्र 2b एवं 2c ISM के क्रमशः सक्रिय एवं विराम चरणों के दौरान UTH असंगति को दर्शाते हैं। चित्र 2b सक्रिय चरण के दौरान उत्तरी भाग एवं पूर्वी BoB के ऊपर शुष्कता तथा दक्षिणी भागों एवं भारतीय क्षेत्र के पश्चिमी घाटों के ऊपर नमी को दर्शाता है। विराम चरण के दौरान, आमतौर पर सम्पूर्ण भारतीय भूभाग पर नमी देखी जाती है। ISM के दोनों चरणों के दौरान दक्षिण चीन सागर एवं उत्तर-पश्चिमी प्रशांत तथा दक्षिणी BoB पर भी UTH को उच्च पाया गया है। UTH प्रतिरूप को भली-भांति समझने के लिए हमने, UTH के आधार पर, भारतीय क्षेत्र को दो खंडों में विभाजित किया है- (R1 (18°-28°N, 65°E-88°E) एवं R2 (8°-15°N, 65°E-88°E))। R1 को वह कोर मानसून क्षेत्र माना जाता है जो ISM के सक्रिय एवं विराम चरणों का प्रतिनिधित्व करता है (Rajeevan et al., 2010)। सक्रिय चरण के दौरान R1 शुष्क है एवं R2 नम। विराम चरण के दौरान भारतीय क्षेत्र एवं आसपास के समुद्री क्षेत्रों के ऊपर विशाल धनात्मक UTH असंगतियाँ दिखाई देती हैं (चित्र 2c)। क्षेत्र R1 एवं R2 विराम चरण के दौरान नम क्षोभमंडल को दर्शाते हैं। चित्र 2b एवं 2c दिखाता है कि सक्रिय चरण के दौरान ISM शुष्कता प्रदान करता है जबकि विराम

चरण के दौरान नमी, जोकि अनपेक्षित है क्योंकि गहन संवहन सक्रिय चरण के दौरान उच्च एवं प्रतिष्ठत होता है।



चित्र 3: MT-SAPHIR द्वारा प्राप्त सापेक्ष आर्द्रता (a) 400-250 hPa पर एवं (b) 250-100 hPa पर सक्रिय चरण के लिए, (c) एवं

परिणामों को आगे स्पष्ट करने के लिए हमने कालखंड 2012-2016 के JJAS के दौरान MT-SAPHIR से प्राप्त आर्द्रता का विश्लेषण किया है। चूँकि SAPHIR एक सूक्ष्मतरंग परिज्ञापक है अतः मेघों की उपस्थिति में भी आर्द्रता की पुनःप्राप्ति सटीकता से की गई है। हालांकि SAPHIR छः विभिन्न परतों पर औसत सापेक्ष आर्द्रता प्रदान करता है, इस अध्ययन के लिए हमने वर्तमान प्रेक्षणों के समर्थन हेतु केवल 400-250 एवं 250-100 hPa परतों का ही उपयोग किया है। सापेक्ष आर्द्रता असंगति का आकलन किया गया है एवं उसे चित्र 3a-3d में दर्शाया गया है। चूँकि SAPHIR को एक 20° के नत कक्ष में स्थापित किया गया है अतः प्रेक्षण मात्र $\pm 23^\circ$ अक्षांश तक सीमित हैं। चित्र 3a-3b स्पष्टता से दर्शाते हैं कि कोर मानसून क्षेत्र R1 के ऊपर सक्रिय चरण के दौरान सभी स्तरों पर UTH शुष्क है; चित्र 3c-3d दर्शाते हैं कि विराम चरण के दौरान UTH नम है जो कि कल्पना प्रेक्षणों से सहमत हैं। इस शुष्कता एवं नमी के कारणों का पता लगाने के लिए पार्श्व गतिकी, तापीय एवं मेघ अभिलक्षणों का विश्लेषण किया गया तथा उस पर चर्चा की गई है।



चित्र 4: 200 hPa पर अपसरण के स्थानिक सम्मिश्र (प्रति सेकंड में) (a) सक्रिय एवं (b) विराम, (c) एवं (d) ओमेगा के लिए

200 hPa स्तर पर तीव्र अपसरण चित्राम एक प्रबल निम्न-स्तर अभिसरण इंगित करते हैं जिससे प्रबल आरोहण होता है परिणामस्वरूप नम अवधि में अत्यधिक वृष्टि होती है। इसके विपरीत, दोनों R1 एवं R2 क्षेत्रों में 200 hPa स्तर पर तीव्र अभिसरण, निम्न-स्तर अपसरण उत्पन्न करता है जो प्रबल अवतरण का कारण बनता है। यह भारतीय महाद्वीप तथा बंगाल की खाड़ी के ऊपर शुष्क अवधि के दौरान मंद वृष्टि को जन्म देता है। ISM के सक्रिय चरण के दौरान R1 क्षेत्र एवं बंगाल की खाड़ी के ऊपर प्रबल संवहन होता है तथा विराम चरण के दौरान भारतीय उपमहाद्वीप पर दुर्बल होता है। सक्रिय चरण में R1 क्षेत्र तथा बंगाल की खाड़ी के सिरे पर क्षोभमण्डल में प्रबल अपड्राफ्ट का प्रभुत्व है एवं R2 क्षेत्र के ऊपर डाउनड्राफ्ट का प्रभुत्व है। विराम चरण में, दोनों R1 एवं R2 क्षेत्रों में डाउनड्राफ्ट का प्रभुत्व है। सामान्यतः निम्न-स्तर पर अभिसरण को 200 hPa स्तर पर उच्च-स्तर अपसरण की तरह स्थापित किया जाता है जिससे यह अभिसरित क्षेत्र प्रबलता से विशाल पैमाने पर मानसूनी उथलने वाले परिसंचरण की ओर इंगित करते हैं। यह ISM के सक्रिय चरण सक्रिय संवहन के प्रभुत्व को दर्शाता है। R1 क्षेत्र में 300 hPa स्तर पर ऊष्म असंगतियों की उपस्थिति वहाँ प्रच्छन्न ऊष्मा के मुक्त होने के कारण गहन संवहन की प्रचिन्ह है। इसके अतिरिक्त, लगभग 250-200 hPa स्तर पर शीतलन मेघ शीर्ष से विकिरणी शीतलन के कारण है। यह R1 क्षेत्र में ऊपरी क्षोभमंडल में शुष्कता पाए जाने की भी संपुष्टि करता है जिसे सक्रिय चरण में प्रेक्षित किया गया है। सिरस मेघ की पुनःप्राप्ति तब की गई जब मेघ आधार 8 किमी के बराबर अथवा उससे अधिक है एवं मेघ शीर्ष 12 के बराबर अथवा उससे कम है जो UTH प्रेक्षणों के संपात है। यह चित्र दर्शाता है कि भारत के सक्रिय मानसून क्षेत्र पर विराम चरण की तुलना में सक्रिय चरण में सिरस मेघ R1 क्षेत्र के ऊपर अधिक होता है। यह उपस्थिति सक्रिय चरण में R2 क्षेत्र के ऊपर बहुत अधिक है एवं विराम चरण में अधिक है। यह स्पष्ट रूप से दर्शाता है कि विराम चरण की तुलना में सक्रिय चरण में सिरस मेघ कोर मानसून क्षेत्र के ऊपर अधिक होता है। सक्रिय चरण के दौरान यह सिरस मेघ क्षोभमंडल के निर्जलीकरण में एक महत्वपूर्ण भूमिका निभा सकता है।

5. उपसंहार

ISM के सक्रिय एवं विराम चरणों के दौरान 'कल्पना' उपग्रह प्रेक्षणों द्वारा 2010 से 2016 के दौरान उच्च स्थानिक एवं कालगत विभेदन से जलयोजन तथा निर्जलीकरण क्रियाविधि को समझने के लिए UTH को मापा गया। ISM के सक्रिय एवं विराम चरणों को चिन्हित करने के लिए मानक वृष्टि असंगतियों में TRMM-3B42 से प्राप्त वृष्टि आंकड़ों का उपयोग किया गया है। साथ ही हमने CALIOP-CALIPSO आंकड़ों का उपयोग सिरस मेघों को पहचानने एवं ERA-अन्तरिम पुनर्विश्लेषण का उपयोग उपरि-स्तर पवनों के आकलन तथा ओमेगा (200 hPa) का उपयोग क्रियाविधियों के समर्थन में किया है। वृष्टि असंगतियों पर आधारित 7 ग्रीष्म मानसून ऋतु के दौरान हमने 124 सक्रिय एवं 151 विराम दिवसों को पहचाना। इन सभी दिनों के लिए UTH असंगतियों का आकलन किया गया तथा यह पाया कि ये ISM के सक्रिय चरण में शुष्क एवं विराम चरण में नम होता है। तथापि मध्य बंगाल की खाड़ी (BoB) एवं हिन्द महासागर के ऊपर यह दोनों चरणों में नम ही होता है। MT-SAPHIR से प्राप्त UTH भी 'कल्पना' उपग्रह से प्राप्त UTH के समरूप परिवर्तनशीलता दर्शाता है। सक्रिय तथा विराम चरणों के दौरान जल-वाष्प मिश्रण अनुपात न्यूनतम होता है। 200 hPa दाब पर उपरि-स्तर पवन सक्रिय चरण के दौरान अपसरण तथा विराम चरण के दौरान अभिसरण दर्शाते हैं जो यह दिखाता है कि सक्रिय चरण के दौरान निम्न स्तरों पर संवहन अत्यंत प्रबल है। इसके साथ ही 200 hPa दाब पर ओमेगा (ω) सक्रिय चरण के दौरान अपड्राफ्ट तथा विराम चरण के दौरान डाउनड्राफ्ट दर्शाता है। अध्ययन काल के दौरान CALIOP-CALIPSO आंकड़ों से प्राप्त

उप-दृश्य, पतले एवं मोटे सिरस मेघ ISM के सक्रिय तथा विराम चरणों के दौरान अधिकतम घटित होते हैं। यह देखा गया है कि अपसरण एवं अपड्राफ्ट सिरस मेघ का निर्माण करते हैं जिसके कारण सक्रिय चरण के दौरान UTH का निर्जलीकरण होता है। हालांकि, विराम चरण के दौरान प्रबल अभिसरण एवं डाउनड्राफ्ट सिरस मेघ के निर्माण में सहयोग नहीं देते जिसके कारण UTH का निर्जलीकरण होता है। अतः यह अध्ययन पहली बार यह उद्घाटित करता है कि सक्रिय चरण के दौरान जलयोजन एवं विराम चरण के दौरान निर्जलीकरण रहता है जिसके कारण UTH प्रक्रियाओं में आंतर-ऋतुगत परिवर्तनशीलता होती है।

6. संदर्भ

1. Goswami BN. 2005. South Asian summer monsoon. Intraseasonal Variability of the Atmosphere-Ocean Climate System, K. Lau and D. Waliser, Eds., Praxis Publishing, 19-61.
2. Rajeevan M, Gadgil S, Bhate J. 2010. Active and break spells of the Indian summer monsoon. Journal of Earth System Sciences **119(3)**: 229-247
3. Uma KN, Das SK, Das SS. 2014. A climatological perspective of water vapor at the UTLS region over different global monsoon regions: observations inferred from the Aura-MLS and reanalysis data. Climate Dynamics **43**: 407:420. <http://dx.doi.org/10.1007/s00382-014-2085-9>.

लेखक परिचय -



डॉ. के. एन. उमा, वैज्ञानिक-एसएफ़, जून 2011 से एसपीएल-वीएसएससी में कार्यरत है और वर्तमान में वायुमंडलीय संवहन (atmospheric convection) के क्षेत्र में काम कर रहे है। उन्होंने भौतिकी में पीएचडी की डिग्री प्राप्ति की है और IETE, AP-RASC/URSI, KSCSTE युवा वैज्ञानिक पुरस्कार (YSA), भारतीय विज्ञान अकादमिक (IAS) के यंग एसोशिएट, विज्ञान और इंजीनियरिंग अनुसंधान बोर्ड "महिला उत्कृष्टता पुरस्कार", आईएसआरओ युवा वैज्ञानिक पुरस्कार और अनेक राष्ट्रीय एवं अंतरराष्ट्रीय सम्मेलन में सर्वश्रेष्ठ पत्रिका पुरस्कार प्राप्त किए है। उन्होंने अंतरराष्ट्रीय पत्रिकाओं में अनेक वैज्ञानिक लेख प्रकाशित किए हैं।

बृहत भंवर सतत अनुकरण के माध्यम से तिरुवनन्तपुरम के वायुमंडलीय सीमा परत की ऊंचाई में होने वाले दैनिक परिवर्तनों का अन्वेषण

डी. बाला सुब्रहमण्यम

अंतरिक्ष भौतिकी प्रयोगशाला, विक्रम साराभाई अंतरिक्ष केंद्र

तिरुवनन्तपुरम - 695022, केरल, भारत

E-mail: db_subrahmanyam@vssc.gov.in

सार (Abstract)

पृथ्वी के वातावरण के सबसे निचले वाले परत को वायुमंडलीय सीमा परत के नाम से जाना जाता है और मौसम विज्ञान के क्षेत्र में इस परत को ऊर्जा के विनिमय की दृष्टिकोण में अत्यंत विशेष दर्जा प्राप्त है। किसी भी क्षेत्र-विशेष में वायुमंडलीय सीमा परत की ऊंचाई 24 घंटों के अंतराल में लगातार परिवर्तित होती रहती है। दिन की अवधि में सौर विकिरण की प्रचुर मात्रा के प्रभाव में इस परत की ऊंचाई सर्वाधिक होती है जबकि रात्रि काल में सौर विकिरण के अभाव में इस परत का संकुचन होता है। प्रस्तुत लेख में बृहत भंवर सतत अनुकरण [लार्ज एड्डी सिमुलेशन (एलईएस)] के माध्यम से तिरुवनन्तपुरम के वायुमंडलीय सीमा परत की ऊंचाई की गणना की गई है और इसमें होने वाले दैनिक परिवर्तनों को बादलों की उपस्थिति के परिवेश में समझने का प्रयास किया गया है। इस लेख में बादलों के आच्छादन के विषम परिस्थितियों को निरूपित करने के लिए 1 दिसंबर 2017 और 5 दिसंबर 2017 का चयन किया गया है। इन दो दिवसों के लिए वायुमंडलीय सीमा परत की ऊंचाई में होने वाले दैनिक परिवर्तनों का गहन अध्ययन किया गया है और प्राप्त आंकड़ों की तुलना कॉस्मो वायुमंडलीय मॉडल से प्राप्त परिणामों से की गई है। प्रथम दृष्टिकोण में ऐसा प्रतीत होता है कि आम तौर पर एलईएस सिमुलेशन द्वारा प्राप्त वायुमंडलीय सीमा परत की ऊंचाई के आंकड़े कॉस्मो मॉडल द्वारा प्राप्त आंकड़ों की तुलना में अधिक होते हैं।

प्रस्तावना

पृथ्वी के वातावरण में मौसम के विभिन्न क्रियाकलापों का सीधा सम्बन्ध वायुमंडल के क्षोभ मंडल से होता है जिसे धरती से ऊर्जा के लेनदेन के कारण महत्वपूर्ण माना जाता है। क्षोभ मंडल के सबसे निचले परत को वायुमंडलीय सीमा परत के रूप में जाना जाता है और मौसम विज्ञान और मौसम के पूर्वानुमान के क्षेत्र में इस परत का अहम योगदान होता है। आम तौर पर वायुमंडलीय सीमा परत के भीतर होने वाली अन्तःक्रियाओं का अध्ययन सौर विकिरण के प्रभाव में किया जाता है क्योंकि सौर विकिरण के प्रचुर मात्रा की उपस्थिति में इस परत में संवहन जैसी प्रक्रियाओं की तीव्रता बढ़ जाती है जिसके फलस्वरूप वायुमंडलीय सीमा परत की ऊंचाई के बढ़ने की संभावना बन जाती है। इसके विपरीत सौर विकिरण के अभाव में इस परत

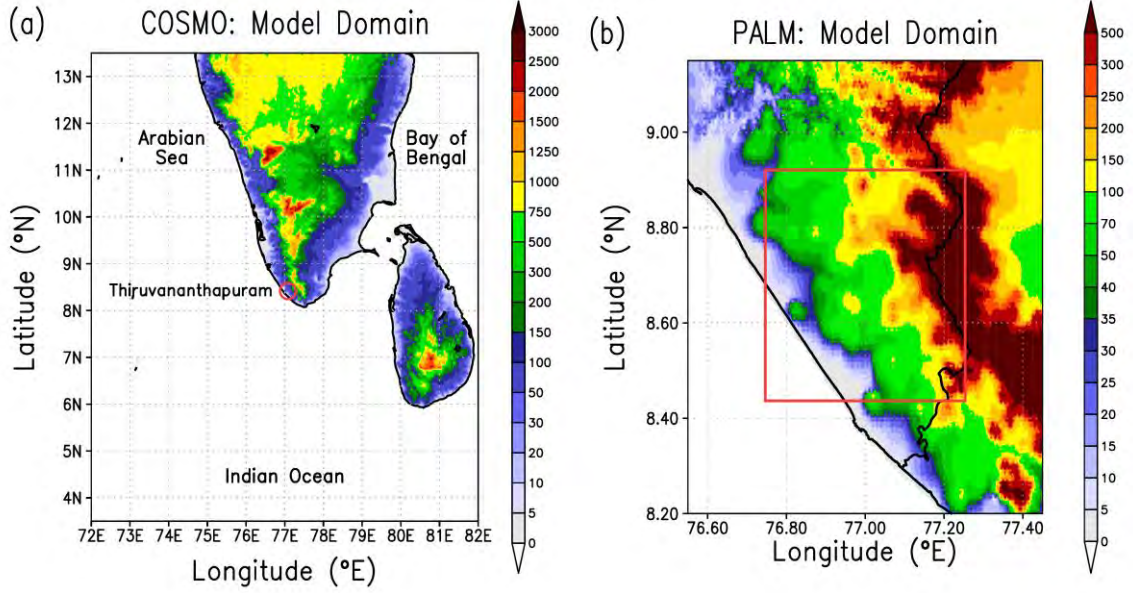
का संकुचन होता है और रात्रिकाल में इस परत की ऊंचाई अपने दिन भर के सबसे निम्नतम स्तर पर आ जाती है। किसी भू-भाग विशेष में वायुमंडलीय सीमा परत की ऊंचाई में होने वाले दैनिक परिवर्तनों पर उस क्षेत्र के मौसम और बादलों की मात्रा प्रत्यक्ष रूप से प्रभाव डालती है। बादलों से आच्छादित आकाश की परिस्थितियों में धरातल पर आने वाले सौर विकिरण की मात्रा में कमी होती है जिसके कारण वायुमंडलीय सीमा परत में उपस्थित ऊर्जा की मात्रा निचले स्तरों में चली जाती है और इस परत की ऊंचाई में विचारणीय संकुचन होता है।

अध्ययन का उद्देश्य और दायरा

सामान्यतः वायुमंडलीय सीमा परत की ऊंचाई के सटीक आकलन के लिए मौसम के बृहत गुब्बारों से छोड़े गए रेडियोसॉंडे के आंकड़ों की आवश्यकता होती है। वास्तविकता में प्रतिदिन मौसम के विशालकाय गुब्बारों का अल्पकालीन अंतराल में प्रक्षेपण करना तार्किक कारणों से संभव नहीं है और आर्थिक दृष्टि से भी ऐसे प्रयास बहुत महंगे साबित होते हैं इसलिए ऐसे प्रयोगों को सैद्धांतिक तौर पर वायुमंडल के मॉडलों द्वारा सुलझाया जाता है। गत कुछ वर्षों में संख्यात्मक मौसम पूर्वानुमान के क्षेत्र में वैज्ञानिकों ने कॉस्मो (कंसोर्टियम फॉर स्माल-स्केल मॉडलिंग) मॉडल का भरसक उपयोग किया है और इस मॉडल से प्राप्त आंकड़ों का लगातार वास्तविक अवलोकित आंकड़ों से मिलान किया जाता है। वीएसएससी के एसपीएल निकाय में करीबन पिछले एक दशक से कॉस्मो मॉडल का उपयोग लघु-कालीन मौसम के पूर्वानुमान में किया जा रहा है। इस लेख का मुख्य उद्देश्य बादलों के प्रभाव में वायुमंडलीय सीमा परत की ऊंचाई में होने वाले परिवर्तनों को समझने के लिए वृहत भंवर सतत अनुकरण की प्रक्रियाओं पर आधारित मॉडलों की उपयोगिता का प्रदर्शन करना है। इस उद्देश्य को पूरा करने के लिए प्रस्तुत लेख में बृहत भंवर सतत अनुकरण पर आधारित वायुमंडल के मॉडल को उपयोग में लाया गया है और इस मॉडल से प्राप्त आंकड़ों की तुलना कॉस्मो मॉडल से की गई है। ऐतिहासिक तौर पर ऐसा देखा गया है की वायुमंडलीय सीमा परत की ऊंचाई किसी भी क्षेत्र में उपस्थित बादलों की मात्रा पर आधारित होती है इसलिए प्रस्तुत लेख में बादलों की विषम परिस्थितियों को परिवेश में रखते हुए 1 दिसंबर 2017 और 5 दिसंबर 2017 का चयन किया गया है जिन दिनों तिरुवनंतपुरम में बादलों की परिस्थितियां एक दूसरे के विपरीत थी। 5 दिसंबर 2017 को तिरुवनंतपुरम का मौसम काफी साफ था और बादलों की मात्रा लगभग नदारद थी और इस दिन सौर विकिरण की पर्याप्त मात्रा उपलब्ध थी। इसके विपरीत 1 दिसंबर 2017 को तिरुवनंतपुरम में भीषण वर्षापात का माहौल था और करीबन पूरे दिन आकाश में घने काले बादल छाए हुए थे। इस लेख में बादलों के दो अनुकूल परिस्थितियों में वायुमंडलीय सीमा परत की ऊंचाई में होने वाले परिवर्तनों को वायुमंडल के दो मॉडलों द्वारा समझने का प्रयास किया गया है।

कॉस्मो मॉडल और बृहद भंवर सतत अनुकरण पर आधारित मॉडल

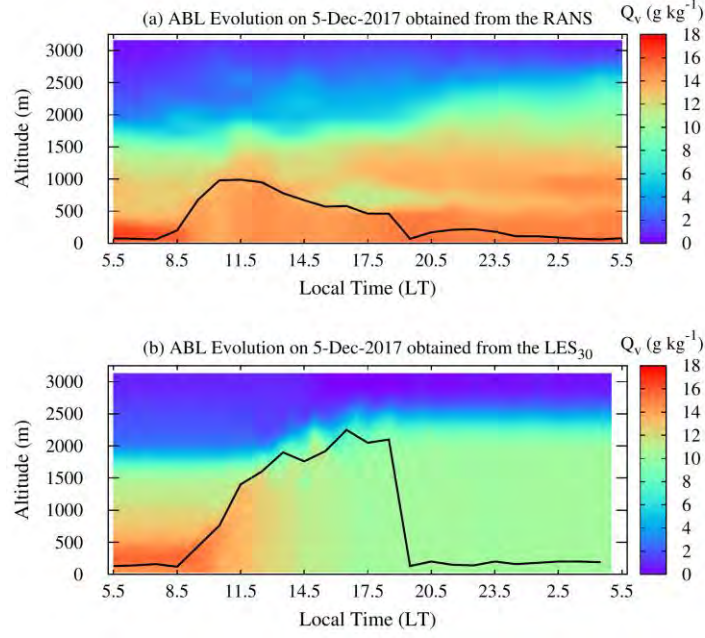
कॉस्मो मॉडल संख्यात्मक मौसम पूर्वानुमान के क्षेत्र में एक सर्वप्रचलित मॉडल है जिसकी कार्यविधि मुख्यतः रेनॉल्ट एवरेज नेवियर स्टोक्स समीकरणों पर आधारित है। कॉस्मो मॉडल का उपयोग सामान्यतः एक बड़े क्षेत्र के लिए किया जा सकता है जिसमें चक्रवाती तूफान जैसे गंभीर मौसम के उदाहरणों को वृहद तौर पर सुलझाया जा सकता है। कॉस्मो मॉडल की कार्यप्रणाली वैश्विक मॉडलों से प्राप्त आंकड़ों पर आधारित होती है एवम इस मॉडल की भौगोलिक क्षेत्र को छोटे छोटे ग्रिड अंतरालों में बांटा जाता है। इस मॉडल में ग्रिड अंतराल जितना छोटा हो उन्हें कंप्यूटर में स्थापित करने की लिए बहुत शक्तिशाली और परम गति से चलने वाले अत्याधुनिक कम्प्यूटरों की आवश्यकता पड़ती है। ऐसी परिस्थितियों में ग्रिड अंतराल से छोटे भौतिक और रासायनिक प्रक्रियाओं को परमितीकरण की सहयोग से सुलझाया जाता है। वायुमंडलीय प्रक्रियाओं को समझने की दिशा में ग्रिड अंतरालों का सूक्ष्म होना आवश्यक है इसलिए छोटे ग्रिड अंतराल वाले मॉडलों का भौगोलिक कार्यक्षेत्र भी छोटा रखा जाता है ताकि वायुमंडल की शासी समीकरणों को सुलझाने में उपलब्ध कंप्यूटर प्रणाली सक्षम हो। वायुमंडलीय सीमा परत और संवहन जैसे प्रक्रियाओं को गहन रूप से समझने के लिए पिछले कुछ वर्षों से वृहद भंवर सतत अनुकरण पर आधारित मॉडलों का उपयोग किया जा रहा है। इस लेख में वायुमंडलीय सीमा परत की ऊंचाई में होने वाले परिवर्तनों को अत्यंत सूक्ष्म ग्रिड अंतरालों में स्थापित कर अनुकरण करने हेतु पाम नामक एक मॉडल का उपयोग किया गया है जिसकी कार्यप्रणाली वृहद भंवर सतत अनुकरण की सिद्धांतों पर आधारित है। इस मॉडल से सम्बंधित तकनीकी विवरण पाम मॉडल की वेबसाइट में उपलब्ध हैं ([https://https://palm.muk.uni-hannover.de/trac](https://palm.muk.uni-hannover.de/trac))। चित्र क्रमांक 1 में कॉस्मो मॉडल और पाम मॉडल के अनुकरण करने की लिए चयनित भौगोलिक क्षेत्रों को दर्शाया गया है। कॉस्मो मॉडल का कार्यक्षेत्र भारतीय उपमहाद्वीप की दक्षिणी क्षेत्र को आच्छादित करती है और इसमें अरब महासागर और बंगाल की खाड़ी का हिस्सा भी सम्मिलित है। कॉस्मो मॉडल के क्रियान्वयन के लिए ग्रिड अंतराल को करीबन 2.5 किलोमीटर पर स्थित किया गया है। उर्ध्वावर दिशा में कॉस्मो मॉडल की सीमा करीबन 30 किलोमीटर तक व्यापित है और वायुमंडल की प्रारंभिक परिस्थितियों को आइकॉन वैश्विक मॉडल से प्राप्त किया गया है। चित्र क्रमांक १ से देखा जा सकता है कि पाम मॉडल का कार्यक्षेत्र कॉस्मो की तुलना में अत्यंत छोटा है परन्तु पाम मॉडल में ग्रिड अंतराल को महज़ 30 मीटर रखा गया है ताकि वायुमंडलीय सीमा परत और संवहन जैसे भौतिक प्रक्रियाओं को भली-भांति प्रदर्शित किया जा सके। छोटे ग्रिड अंतरालों की वजह से पाम मॉडल के कार्यक्षेत्र को ऊर्ध्वावर दिशा में 3.5 किलोमीटर तक रखा गया है।



चित्र क्रमांक 1: (ए) कॉस्मो मॉडल का भौगोलिक क्षेत्र; (बी) पाम मॉडल का भौगोलिक क्षेत्र। कॉस्मो मॉडल में ग्रिड अंतराल को 2.5 किलोमीटर रखा गया है जबकि पाम मॉडल में ग्रिड अंतराल की दूरी 30 मीटर है। उर्ध्वाव दिशा में कॉस्मो मॉडल का क्षेत्र करीबन 30 किलोमीटर तक है जबकि पाम मॉडल में ऊर्ध्वाव दिशा की उच्च सीमा 3 किलोमीटर है। इस चित्र में धरातल की समुद्री सतह से औसत ऊंचाई को प्रदर्शित किया गया है।

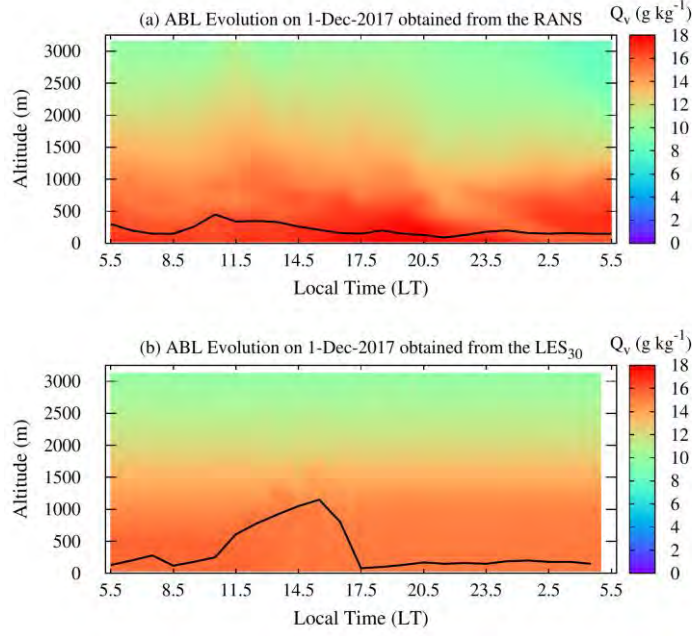
परिणाम और चर्चा

चित्र क्रमांक 2 और 3 में कॉस्मो मॉडल और पाम मॉडल के सिमुलेशनों से प्राप्त आद्रता के समय और ऊंचाई में होने वाले परिवर्तनों को दर्शाया गया है। जैसा कि इंगित किया गया था 1 दिसंबर 2017 का मौसम वर्षापात से भरपूर था और तिरुवनंतपुरम एवम इसके नज़दीकी हिस्सों में काले बादलों का जमावड़ा था और इस दिन सौर विकिरण की मात्रा भी अति अल्प थी (चित्र क्रमांक 3)। इन कारणों से 1 दिसंबर 2017 को तिरुवनंतपुरम की वायुमंडलीय सीमा परत में क्षोभ की मात्रा भी कम थी और संवहन की प्रक्रियाएं भी बहुत सीमित थी। इसके विपरीत 5 दिसंबर 2017 को तिरुवनन्तपुरम का मौसम बहुत खुला हुआ था और आकाश भी पूर्णतया स्वच्छ था और बादलों की मात्रा भी लगभग नदारद थी (चित्र क्रमांक 2)।



चित्र क्रमांक 2: मेघ-रहित आकाश और खुले मौसम का प्रतिनिधित्व करने वाले 5 दिसंबर 2017 को तिरुवनंतपुरम की वायुमंडलीय सीमा परत की ऊंचाई में होने वाले दैनिक परिवर्तन का चित्रण: (ए) कॉस्मो मॉडल के सिमुलेशन से प्राप्त आद्रता का समय-ऊंचाई रेखांकन; (बी) पाम मॉडल के सिमुलेशन से प्राप्त आद्रता का समय-ऊंचाई रेखांकन। वायुमंडलीय सीमा परत की ऊंचाई को दोनों चित्रों में रेखांकित किया गया है।

चित्र क्रमांक 2 में देखा जा सकता है कि धरातल से जुड़े वायुमंडलीय सीमा परत के निचले हिस्से में आद्रता की मात्रा पर्याप्त थी और ऊर्ध्वावर दिशा में जैसे जैसे हम धरातल से दूर जाते हैं, तो आद्रता का मान कम होने लगता है। इससे यह भी पता चलता है कि संवहन की प्रक्रियाएं वायुमंडलीय सीमा परत के निचले हिस्सों में ही सीमित थी और 5 दिसंबर 2017 को इस परत की ऊंचाई करीबन 1 किलोमीटर तक थी। हालाँकि पाम मॉडल द्वारा प्राप्त वायुमंडलीय सीमा परत की अधिकतम ऊंचाई 2 किलोमीटर तक देखी गई थी। रात्रिकाल में वायुमंडलीय सीमा परत दोनों मॉडलों में बहुत सिकुड़ा हुआ था और महज़ 50 से 100 मीटर तक संकुचित था। खुले आसमान वाले 5 दिसंबर 2017 को करीबन 2 से 3 किलोमीटर के ऊपर का वायुमंडल अधिकतम सूखा हुआ था और आद्रता की मात्रा 2 ग्राम/किलोग्राम से भी कम थी।



चित्र क्रमांक 3: मेघ-सहित वर्षापात से युक्त मौसम का प्रतिनिधित्व करने वाले 1 दिसंबर 2017 को तिरुवनंतपुरम की वायुमंडलीय सीमा परत की ऊंचाई में होने वाले दैनिक परिवर्तन का चित्रण: (ए) कॉस्मो मॉडल के सिमुलेशन से प्राप्त आद्रता का समय-ऊंचाई रेखांकन; (बी) पाम मॉडल के सिमुलेशन से प्राप्त आद्रता का समय-ऊंचाई रेखांकन। वायुमंडलीय सीमा परत की ऊंचाई को दोनों चित्रों में रेखांकित किया गया है।

चित्र क्रमांक 3 में वर्षापात और मेघों से आच्छादित वायुमंडलीय सीमा परत को प्रदर्शित किया गया है। 1 दिसंबर 2017 को लगभग पुरे दिन आद्रता की मात्रा बहुत ज्यादा थी और ऊर्ध्वावर दिशा में भी धरातल से करीबन 5 किलोमीटर तक का हिस्सा पर्याप्त रूप से आद्र था। सौर विकिरण की अभाव में वायुमंडलीय सीमा परत में संवहन की प्रक्रियाएं भी सीमित थी और इस परत की ऊंचाई 1 किलोमीटर से भी कम था। कॉस्मो मॉडल की अनुसार 1 दिसंबर 2017 को वायुमंडलीय सीमा परत 500 मीटर से कम में सिकुड़ा हुआ था जबकि पाम मॉडल से प्राप्त आंकड़ों से ऐसा प्रतीत होता है कि इस परत की अधिकतम ऊंचाई करीबन 1 किलोमीटर थी। भारी वर्षापात के कारण 1 दिसंबर 2017 को वायुमंडलीय सीमा परत का अधिकतम हिस्सा बहुत आद्र था और इस परत की ऊंचाई भी संकुचित थी। दोनों विषम दिवसों में अवलोकित आंकड़ों से यह निष्कर्ष निकलता है कि बृहत भंवर सतत अनुकरण पर आधारित पाम मॉडल द्वारा प्राप्त वायुमंडलीय सीमा परत की ऊंचाई कॉस्मो मॉडल से ज्यादा है।

निष्कर्ष और उपसंहार

वायुमंडलीय सीमा परत की ऊंचाई मौसम की अनेक अवयवों पर आधारित होती है, प्रस्तुत लेख में इस परत की ऊंचाई में होने वाले दैनिक परिवर्तनों को एक क्षेत्र विशेष में उपस्थित बादलों और वर्षापात की परिवेश में समझने का प्रयास किया गया है। इस अन्वेषण में वायुमंडल के

दो मॉडलों को प्रयोग में लाया गया है। खुले आसमान वाले दिन वायुमंडलीय सीमा परत की ऊंचाई मेघाच्छादित दिन की तुलना में अधिक आंकी गई है और इसका प्रमुख कारण क्षोभ और संवहन जैसी प्रक्रियाएँ हैं जो इस परत को गहरा करने में योगदान करती हैं। इसके विपरीत बादलों से भर आकाश में सौर विकिरण की मात्रा धरातल तक नहीं पहुँच पाती और फलस्वरूप वायुमंडलीय सीमा परत की ऊंचाई संकुचित हो जाती है। इस लेख में प्रस्तुत परिणाम मौसम विज्ञान में धरती और वातावरण की मध्य होने वाले ऊर्जा के परस्पर अन्तःक्रियाओं पर प्रकाश डालता है और सौर ऊर्जा से जुड़े संवहन प्रक्रियाओं के कारण वायुमंडलीय सीमा परत की ऊंचाई में होने वाले परिवर्तनों को समझने में मदद करता है।

References:

1. Anurose, T.J., Subrahmanyam, D.B., Sunilkumar, S.V., 2018. Two years observations on the diurnal evolution of coastal atmospheric boundary layer features over Thiruvananthapuram (8.5°N, 76.9°E), India. *Theor. Appl. Climatol.* 131, 77 – 90. doi:10.1007/s00704-016-1955-y.
2. Baldauf, M., Seifert, A., Förstner, J., Majewski, D., Raschendorfer, M., Reinhardt, T., 2011. Operational Convective-Scale Numerical Weather Prediction with the COSMO Model: Description and Sensitivities. *Mon. Weather Rev.* 139, 3887 – 3905. doi:10.1175/MWR-D-10-05013.1.
3. Kadasch, E., Sühring, M., Gronemeier, T., Raasch, S., 2021. Mesoscale nesting interface of the PALM model system 6.0. *Geosci. Model Dev.* 14, 5435–5465. doi:10.5194/gmd-14-5435-2021.
4. Maronga, B., Banzhaf, S., Burmeister, C., Esch, T., Forkel, R., Fröhlich, D., Fuka, V., Gehrke, K.F., Geletič, J., Giersch, S., Gronemeier, T., Groß, G., Heldens, W., Hellsten, A., Hoffmann, F., Inagaki, A., Kadasch, E., Kanani-Sühring, F., Ketelsen, K., Khan, B.A., Knigge, C., Knoop, H., Krč, P., Kurppa, M., Maamari, H., Matzarakis, A., Mauder, M., Pallasch, M., Pavlik, D., Pfafferoth, J., Resler, J., Rissmann, S., Russo, E., Salim, M., Schrempf, M., Schwenkel, J., Seckmeyer, G., Schubert, S., Sühring, M., von Tils, R., Vollmer, L., Ward, S., Witha, B., Wurps, H., Zeidler, J., Raasch, S., 2020. Overview of the PALM model system 6.0. *Geosci. Model Dev.* 13, 1335–1372. doi:10.5194/gmd-13-1335-2020.
5. Subrahmanyam, D.B., Roshny, S., Paul, F.P., Anurose, T.J., Ramachandran, R., 2020. Impact of a Very Severe Cyclonic Storm “OCKHI” on the Vertical Structure of Marine Atmospheric Boundary Layer over the Arabian Sea. *Bulletin of Atmospheric Science and Technology* doi:10.1007/s42865-020-00020-7.

लेखक परिचय -



डॉ. डी. बाला सुब्रहमण्यम वीएसएससी के अंतरिक्ष भौतिकी प्रयोगशाला में पिछले 24 वर्षों से कार्यरत हैं। अपने कार्यकाल के दौरान उन्होंने ने 50 से ज्यादा पीएसएलवी और जीएसएलवी के प्रक्षेपणों में मौसम का पूर्वानुमान कर विशिष्ट योगदान दिया है। उनकी विशेष रुचि संख्यात्मक मौसम पूर्वानुमान, वायुमंडलीय मॉडल, और सीमा परत भौतिकी के क्षेत्र में हैं और उन्होंने अपने कार्यकाल में 50 से ज्यादा शोध-पत्र प्रकाशित किये हैं।

अंतरिक्ष अनुप्रयोगों में ईईई पार्ट्स: वर्तमान और भविष्य EEE Parts in Space Applications: Present and Future

सतलज कुमार¹, अविराग शर्मा², प्रिया ए कुरुप³

1) सार (Abstract)

यह लेख प्रस्तुत करता है कि प्रक्षेपण यान और अन्य अंतरिक्ष अनुप्रयोगों में उपयोग किए जाने वाले घटक मजबूत और उच्च विश्वसनीयता वाले क्यों हैं।

पहला विवरण प्रक्षेपण यान के कठोर वातावरण और अंतरिक्ष में इलेक्ट्रॉनिक्स घटकों के सामने आने वाली चुनौतियों के बारे में है। यह भी समझाया गया है कि वाणिज्यिक घटक अंतरिक्ष में विश्वसनीयता का प्रदर्शन क्यों नहीं करते हैं।

तत्पश्चात यह समझाया गया है कि विभिन्न परीक्षणों को करके घटकों की जांच क्यों की जाती है और उन घटकों को चुनते समय किन विनिर्देशों पर ध्यान दिया जाता है, दर्शन क्या हैं, और विश्वसनीयता बढ़ाने के लिए घटकों की स्क्रीनिंग प्रक्रिया की व्याख्या की गयी है। विभिन्न अंतरिक्ष एजेंसियों द्वारा अनुसरण और मान्यता प्राप्त विभिन्न मानकों का भी उल्लेख इस लेख में किया गया है। ये मानक दस्तावेज उच्च विश्वसनीयता घटकों के डिजाइन, निर्माण, संयोजन और परीक्षण के लिए मानक तरीके प्रदान करते हैं। निर्माता उत्पादन के दौरान इन मानकों का पालन करते हैं और इन निर्माताओं को क्यूएमएल (QML) निर्माताओं के रूप में प्रमाणित किया जाता है।

यह लेख इसरो और विदेशों में अंतरिक्ष एजेंसियों का ईईई पार्ट्स के लिए रुझान प्रस्तुत करता है। यह विभिन्न श्रेणी के घटकों और प्रक्षेपण यान के लिए सैन्य श्रेणी घटकों के उपयोग और उपग्रहों के लिए अंतरिक्ष श्रेणी घटकों के बारे में बताता है, गगनयान मिशन के घटकों के चयन और स्क्रीनिंग दर्शन (components selection and screening philosophy) के बारे में भी समझाता है क्योंकि यह अत्यंत महत्वपूर्ण मिशन है जिसमें मानव जीवन शामिल है।

अंत में यह भारत और विदेशों में निजी खिलाड़ियों की भागीदारी और प्रतिस्पर्धा के कारण अंतरिक्ष उद्योग में नई चुनौतियों का वर्णन करता है। फिर कैसे यह प्रतिस्पर्धा हमें सिस्टम की विश्वसनीयता से समझौता किए बिना लागत कम करने के लिए मजबूर कर रही है। सरकार के मेक इन इंडिया कार्यक्रम को बढ़ावा देने के लिए इसरो में स्वदेशीकरण के प्रभावों को भी समझाया गया है।

2) परिचय (Introduction)

प्रक्षेपण यान और उपग्रहों सहित अंतरिक्ष अनुप्रयोगों में इलेक्ट्रॉनिक्स एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। इलेक्ट्रॉनिक्स पुर्जे वाहनों को लॉन्च करने के लिए ऑटोपायलट क्षमता (नेविगेशन, मार्गदर्शन और नियंत्रण) प्रदान करते हैं; इसका उपयोग टेलीमेट्री, ट्रैकिंग और दूरसंचार सिस्टम के लिए भी किया जाता है। उपग्रह ज्यादातर अन्य सहायक प्रणालियों के साथ एक इलेक्ट्रॉनिक्स उपकरण है। ईईई के पुर्जे लॉन्च वाहनों में उच्च कंपन और झटके झेलने में सक्षम होते हैं। उपग्रह घटक बिना किसी असफलता के कई वर्षों तक कठोर अंतरिक्ष वातावरण में बने रहने में सक्षम होते हैं। एक एकल घटक विफलता (SEU) कुल मिशन विफलता का कारण बन सकती है। चूंकि ईईई भागों के लिए अंतरिक्ष एक चुनौतीपूर्ण वातावरण है, वाणिज्यिक अनुप्रयोगों की तुलना में अंतरिक्ष अनुप्रयोगों के लिए घटक चयन दर्शन अलग है। यह लेख विभिन्न अंतरिक्ष कार्यक्रमों के लिए घटकों के चयन के उभरते परिदृश्यों को संबोधित करता है।

3) खास शब्द (Keywords)

- क्यूएमएल) योग्य निर्माता सूची :Qualified Manufacturer List
- पीपीएल) पसंदीदा भागों की सूची :Preffered parts list
- टीआईडी)कुल आयनीकरण जमा :Total Ionisation deposit
- SEE: एकल घटना प्रभाव (Single Event Effect)
- एसईयू :सिंगल इवेंट अपसेट
- ईईई: इलेक्ट्रॉनिक्स और इलेक्ट्रोमैकेनिकल ,इलेक्ट्रिकल
- LEO: पृथ्वी की निचली कक्षा
- GEO: पृथ्वी की भू स्थिर कक्षा
- COTS: कॉमर्शियल ऑफ द सेल्फ
- एमआईएलसैन्य :एसटीडी--मानक
- ईआर: स्थापित विश्वसनीयता
- एसएसएलवी: लघु उपग्रह प्रक्षेपण यान
- एनजीसी: मार्गदर्शन और नियंत्रण ,नेविगेशन
- :TTCटेलीमेट्री, ट्रैकिंग और दूरसंचार सिस्टम

4) अंतरिक्ष अनुप्रयोगों में इलेक्ट्रॉनिक्स के लिए कठोर पर्यावरणीय स्थितियां

4.1) कंपनी: अंतरिक्ष इलेक्ट्रॉनिक्स में दूर करने के लिए पहली बाधा प्रक्षेपण वाहन द्वारा लगाया गया कंपनी है। प्रक्षेपण के दौरान एक रॉकेट और उसके पेलोड पर रखी गई मांगें गंभीर होती हैं। रॉकेट लांचर अत्यधिक शोर और कंपनी उत्पन्न करते हैं, वस्तुतः हजारों चीजें हैं जो गलत हो

सकती हैं और परिणामस्वरूप प्रक्षेपण यान लौ का एक गोला बन सकता है। जब कोई उपग्रह अंतरिक्ष में रॉकेट से अलग होता है, तो उपग्रह की शारीरिक संरचना में बड़े झटके लगते हैं।

4.2) पायरोटेक्निक झटका: यह एक गतिशील संरचनात्मक झटका है जो तब होता है जब किसी संरचना पर विस्फोट होता है। पाइरोशॉक उच्च आवृत्ति, उच्च परिमाण तनाव तरंगों के लिए संरचना की प्रतिक्रिया है जो एक विस्फोटक चार्ज के परिणामस्वरूप पूरे ढांचे में फैलती है, जैसे कि उपग्रह इंजेक्शन या मल्टीस्टेज रॉकेट के दो चरणों को अलग करने में उपयोग किया जाता है। पायरोशॉक एकसपोजर सर्किट बोर्ड, छोटे विद्युत घटकों को नुकसान पहुंचा सकता है, या अन्य सभी प्रकार के मृद्दों का कारण बन सकता है। अंतरिक्ष स्तर के अनुप्रयोगों में उपयोग के लिए डिज़ाइन किए गए इलेक्ट्रॉनिक घटकों पर लगाए गए विशेष निरीक्षणों से अधिक विश्वसनीयता प्रदान की जाती है।

4.3) आउटगैसिंग: यह एक अन्य प्रमुख चिंता का विषय है। प्लास्टिक, ग्लू और एडहेसिव गैस निकाल सकते हैं। प्लास्टिक उपकरणों से निकलने वाली वाष्प, ऑप्टिकल उपकरणों पर फिल्म जमा कर सकती है, जिससे उनका प्रदर्शन खराब हो सकता है। उदाहरण के लिए, एक ऑटोमोबाइल प्लास्टिक डैशबोर्ड वाष्प का उत्सर्जन कर सकता है जो विंडशील्ड पर एक फिल्म जमा करता है। यह एक व्यावहारिक उदाहरण है, प्लास्टिक के घटकों के बजाय सिरेमिक का उपयोग करने से इलेक्ट्रॉनिक्स में यह समस्या समाप्त हो जाती है। पृथ्वी की निचली कक्षा (LEO) में वाष्पशील सिलिकोन के बाहर निकलने से अंतरिक्ष यान के चारों ओर दूषित पदार्थों का बादल छा जाता है। आउटगैसिंग, वेंटिंग, लीक और थ्रस्टर फायरिंग से संदूषण अंतरिक्ष यान की बाहरी सतहों को क्षति और संशोधित कर सकता है।

4.4) संदूषण (Contamination): सतहों पर उच्च स्तर का संदूषण इलेक्ट्रोस्टैटिक डिस्चार्ज कर सकता है। उपग्रह चार्जिंग और डिस्चार्जिंग के प्रति संवेदनशील होते हैं। इस कारण से अंतरिक्ष अनुप्रयोगों के लिए ऐसे घटकों की आवश्यकता होती है जिनमें कोई तैरती हुई धातु न हो।

4.5) परमाणु ऑक्सीजन (Atomic oxygen): LEO के वातावरण में लगभग 96% परमाणु ऑक्सीजन है। ऑक्सीजन विभिन्न रूपों में मौजूद है। परमाणु ऑक्सीजन अंतरिक्ष यान के बाहरी हिस्सों पर कार्बनिक पदार्थों के साथ प्रतिक्रिया कर सकती है और धीरे-धीरे उन्हें नुकसान पहुंचा सकती है। इस समस्या का समाधान एक पतली फिल्म कोटिंग विकसित करके किया जाता है जो परमाणु ऑक्सीजन के साथ प्रतिक्रिया के लिए प्रतिरक्षित होती है। प्लास्टिक परमाणु

ऑक्सीजन और आयनकारी विकिरण के प्रति काफी संवेदनशील होते हैं। परमाणु ऑक्सीजन के लिए प्रतिरोधी कोटिंग्स, प्लास्टिक के लिए एक सामान्य सुरक्षा विधि है।

4.6) तापमान प्रभाव: एक अन्य बाधा एक अंतरिक्ष यान द्वारा सामना किए जाने वाले तापमान में उतार-चढ़ाव है। पृथ्वी के चारों ओर परिक्रमा करने वाले उपग्रह को दो चरणों में विभाजित किया जा सकता है; एक सूर्यप्रकाश चरण और एक ग्रहण चरण। सूर्यप्रकाश चरण में, उपग्रह को सूर्य द्वारा गर्म किया जाता है और जैसे ही उपग्रह पृथ्वी के पीछे या छाया की ओर घूमता है, तापमान 300 डिग्री सेल्सियस तक बदल सकता है। GEO स्थिर कक्षा में एक उपग्रह पर तापमान में उतार-चढ़ाव, LEO में एक उपग्रह पर तापमान भिन्नता से बहुत अधिक होगा क्योंकि GEO उपग्रह सूर्य के करीब है, यहाँ फिर से, सिरेमिक पैकेज बार-बार तापमान में उतार-चढ़ाव का सामना कर सकते हैं, उच्च स्तर की हेमेटिसिटी (Hermeticity) प्रदान करते हैं, और उच्च तापमान पर कार्यात्मक रहते हैं। सिरेमिक पैकेज कठोर वातावरण में उच्च विश्वसनीयता प्रदान करते हैं।

4.7) टिन व्हिस्कर्स (Tin whiskers): टिन व्हिस्कर्स के लिए जगह का खालीपन (Vacuum) एक अनुकूल वातावरण है, इसलिए निषिद्ध सामग्री एक चिंता का विषय है। शुद्ध टिन, जस्ता (ZINC) और कैडमियम चढ़ाना ईईई (EEE) भागों और अंतरिक्ष में संबंधित हार्डवेयर पर निषिद्ध है। ये सामग्री व्हिस्कर्स की सहज वृद्धि कर सकती हैं, जो विद्युत शॉर्ट्स का कारण बन सकती हैं। टिन व्हिस्कर्स विद्युत प्रवाहकीय, टिन की क्रिस्टलीय संरचनाएं होती हैं जो कभी-कभी उन सतहों से बढ़ती हैं जहां टिन का उपयोग अंतिम (Final finish) के रूप में किया जाता है। शुद्ध टिन लीड वाले उपकरण, टिन व्हिस्कर्स घटना से पीड़ित हो सकते हैं, जो बिजली के शॉर्ट्स का कारण बन सकते हैं। लेड-आधारित सोल्डर का उपयोग करने से उच्च तनाव वाले अनुप्रयोगों में उपकरणों पर होने वाले शॉर्ट्स का जोखिम समाप्त हो जाता है।

4.8) विकिरण पर्यावरण (Radiation environment): अंतरिक्ष विकिरण पर्यावरण अंतरिक्ष यान इलेक्ट्रॉनिक्स पर हानिकारक प्रभाव डाल सकता है। अंतरिक्ष यान का सामना करने वाले विकिरण के स्तर और प्रकार में बड़े बदलाव हो सकते हैं। पृथ्वी की निचली कक्षाओं में उड़ने वाले मिशन, अत्यधिक अण्डाकार कक्षाएँ, भूस्थिर कक्षाएँ और विकिरण स्रोत, सूर्य की गतिविधि से प्रभावित होते हैं।

दो प्राथमिक तरीके हैं जो विकिरण उपग्रह इलेक्ट्रॉनिक्स को प्रभावित कर सकते हैं: कुल आयनीकरण खुराक (TID) और एकल घटना प्रभाव (SEE)। TID एक दीर्घकालिक विफलता तंत्र बनाम SEE, जो एक तात्कालिक विफलता तंत्र है। एसईई को एक अचानक विफलता दर के

रूप में व्यक्त किया जाता है, जबकि टीआईडी एक विफलता दर है जिसे विफलता के औसत समय के रूप में वर्णित किया जा सकता है।

- **TID** एक उपकरण में मिशन के जीवनकाल में समय पर निर्भर संचित चार्ज है। संचित चार्ज रिसाव धाराएं बना सकते हैं, एक उपकरण के उपयोग को कम कर सकते हैं, समय की विशेषताओं को प्रभावित कर सकते हैं, और कुछ मामलों में कार्यात्मकता पूर्ण विफल कर सकते हैं।
- **एसईई (SEE)** एक एकल, उच्च ऊर्जा कण के एक उपकरण से गुजरने और सर्किट में चार्ज लगने के कारण होता है। SEE त्रुटियां डिवाइस को नष्ट कर सकती हैं, बस (Bus) वोल्टेज को नीचे खींच सकती हैं, या सिस्टम बिजली की आपूर्ति को भी नुकसान पहुंचा सकती हैं। आमतौर पर, एसईई को नरम त्रुटि और कठिन त्रुटि में विभाजित किया जाता है।
 - नरम त्रुटियां गैर-विनाशकारी, कार्यात्मक त्रुटियां हैं जो ऊर्जावान आयन हमलों से प्रेरित हैं। नरम त्रुटियों में सिंगल इवेंट अपसेट (एसईयू), मल्टीपल-बिट अपसेट (एमबीयू), सिंगल इवेंट फंक्शनल इंटरप्ट (एसईएफआई), सिंगल इवेंट ट्रान्सिएंट (एसईटी), और सिंगल इवेंट लैच-अप (एसईएल) शामिल हैं।
 - कठिन त्रुटि ऑपरेशन में अपरिवर्तनीय परिवर्तन है जो आमतौर पर किसी डिवाइस या सर्किट के एक या अधिक तत्वों को स्थायी क्षति से जुड़ा होता है, यह त्रुटि कठिन होती है क्योंकि डेटा खो जाता है और घटक या डिवाइस ठीक से काम नहीं करता है, यहां तक कि पावर रीसेट के साथ भी।

5) घटक चयन नीति (Component selection policy)

घटक चयन में विश्वसनीयता प्रमुख कारक है। लॉन्च में इस्तेमाल होने वाले हिस्से की विश्वसनीयता स्थापित करना बहुत महत्वपूर्ण है। विश्वसनीय भागों को प्राप्त करने के लिए अपनाई गई विभिन्न प्रक्रियाएं सूचीबद्ध हैं।

- निर्माण और परीक्षण में प्रभावी उत्पाद कार्यक्रमों को नियोजित करने वाले प्रतिष्ठित निर्माताओं के घटक।
- प्रमाणित योग्यता, उड़ान अनुभव और विनिर्देशों की पर्याप्तता के आधार पर चुने गए गैर-सैन्य भाग।
- मानकीकरण और प्रभावी गुणवत्ता आश्वासन के लिए घटक प्रकारों की संख्या को सीमित करें।
- पैकेज सीसीडी में सटीक मिलान वाले केवल पीपीएल सूचीबद्ध भाग होने चाहिए।
- एवियोनिक्स पैकेज में वायरिंग के समय, घटकों की तिथि कोड वैधता 20 वर्ष है। दिनांक कोड उदाहरण: 0915

5.1) सक्रिय भाग (Active part)

मिशन क्रिटिकल अनुप्रयोग - केवल मिल श्रेणीका उपयोग किया जाता है।

- माइक्रो सर्किट- मिल-883 क्लास बी या क्यूएमएल क्लास क्यू या समकक्ष
- डिस्क्रीट डिवाइस- ट्रांजिस्टर और डायोड: मिल- 19500 JANTX/JANTXV या समकक्ष।

गैर मिशन क्रिटिकल अनुप्रयोग (टेलीमेट्री) - योग्यता के बाद मिल श्रेणीया औद्योगिक श्रेणीभागों का उपयोग किया जा सकता है।

5.2) निष्क्रिय भाग (Passive part)

स्थापित विश्वसनीयता (ईआर स्तर आर या एस) का ही उपयोग किया जाता है। विशेष मामलों में सैन्य-कल्पना के अनुपालन में निर्मित और परीक्षण किए गए निष्क्रिय भाग का भी उपयोग किया जा सकता है, बशर्ते परीक्षण डेटा में कोई विचलन न हो।

6) पसंदीदा भागों की सूची (Preferred Parts List)

पीपीएल में विभिन्न लॉन्च वाहनों में उपयोग के लिए सभी स्वीकृत भागों की सूची शामिल है। केवल पीपीएल में शामिल घटकों का उपयोग प्रक्षेपण यान अनुप्रयोगों के लिए किया जाएगा। पीपीएल में 3 भाग हैं।

1. भाग ए उड़ान उपयोग के लिए मिल श्रेणीघटकों के साथ है,
2. भाग बी क्रिटिकल उपयोग के लिए गैर- मिल घटकों के साथ है
3. भाग सी गैर-महत्वपूर्ण अनुप्रयोगों के लिए गैर- मिल घटकों का है।

6.1) पीपीएल में पूर्ण शामिल करने के लिए मानदंड

- प्रतिष्ठित निर्माता से निर्मित
- स्थापित मिल/अंतरिक्ष मानक के अनुसार निर्मित
- सैन्य-मानक -883B के लिए परीक्षण किया गया या अनुपालन किया गया
- निर्माता से विश्वसनीयता के आंकड़े स्थापित होना चाहिए
- मौजूदा मिशनों में भाग का अच्छा उपयोग इतिहास होना चाहिए
-

6.2) नए डिजाइनों में टाले जाने वाले पूर्ण

- MIL/ESA विशिष्टताओं के लिए पूर्ण योग्य नहीं हैं
- वे भाग जो अप्रचलित हैं और उपलब्ध नहीं हैं
- गुणवत्ता के मुद्दे के लिए मिल/ईएसए/नासा/इसरो अलर्ट सिस्टम में सूचीबद्ध पूर्ण

- निर्यात लाइसेंस निषिद्ध भाग
- पूर्व में इसरो अनुप्रयोगों में जिन भागों के लिए गुणवत्ता के मुद्दों का सामना करना पड़ा था (उदाहरण के लिए LT1086)|

7) योग्यता: योग्यता परीक्षा

योग्यता परीक्षा में यांत्रिक, विद्युत और पर्यावरण निरीक्षण शामिल हैं, और इसका उद्देश्य यह सत्यापित करना है कि सामग्री, डिजाइन, प्रदर्शन और भाग की दीर्घकालिक विश्वसनीयता विनिर्देश और इच्छित अनुप्रयोग के अनुरूप है, और यह सुनिश्चित करने के लिए कि निर्माता प्रक्रियाएं बहुत सुसंगत हैं।

8) स्क्रीनिंग

स्क्रीनिंग: स्क्रीनिंग परीक्षाओं का उद्देश्य गैर-अनुरूप भागों (अचानक दोषों वाले भाग जो प्रारंभिक विफलताओं के परिणामस्वरूप होने की संभावना है, जिन्हें शिशु मृत्यु दर के रूप में जाना जाता है) को अन्यथा स्वीकार्य लॉट से हटाने और इस प्रकार उपयोग के लिए चुने गए भागों की विश्वसनीयता बढ़ाने के लिए है। पर्यावरण, यांत्रिक और विद्युत तनाव के अधीन कमजोर घटक विफल हो जाते हैं या विचलन दिखाते हैं, इन्हें बैच से हटाया जा सकता है या पीडीए के आधार पर पूरे बैच को क्वारंटाइन किया जा सकता है। स्क्रीनिंग परीक्षाओं से शिशु मृत्यु दर विफलताओं और कमजोर अंगों को दूर किया जाता है। एक स्क्रीनिंग प्रमाणित बैच इस प्रकार उड़ान में उपयोग के लिए एक विश्वसनीय बैच फिट है।

8.1) स्क्रीनिंग अभ्यास (Screening practices)

सक्रिय भाग

- **Mil-883 microcircuit:** सैंपल स्क्रीनिंग की जाती है। नमूना जांच में किसी भी प्रकार की विफलता पूर्ण जांच या बैच अस्वीकृति की ओर ले जाती है।
- **औद्योगिक श्रेणी microcircuits:** पूर्ण स्क्रीनिंग

निष्क्रिय भाग

- ई और आर रेसिस्टर्स के लिए सैंपल स्क्रीनिंग का पालन किया जाता है
- इंडक्टर्स और कैपेसिटर्स के लिए फुल स्क्रीनिंग की जाती है।

9) एसएसएलवी (SSLV) के लिए भागों पर सामान्य दर्शन

चूंकि एसएसएलवी को कम लागत वाले मिशन के रूप में परिकल्पित किया गया है, इसलिए कई औद्योगिक और सीओटीएस(COTS) श्रेणीभागों को महत्वपूर्ण एनजीसी(NGC) और नियंत्रण पैकेज के लिए भी प्रस्तावित किया गया है। इसके अलावा, विभिन्न पैकेजों के लिए गैर सैन्य निष्क्रिय भागों का प्रस्ताव है। ये लॉन्च वाहनों में पुर्जों के उपयोग के लिए मौजूदा दिशानिर्देशों का उल्लंघन करते हैं। एसएसएलवी घटकों के चयन के लिए निम्नलिखित दिशानिर्देशों का पालन किया जा रहा है:

1. गैर सैन्य भागों का उपयोग महत्वपूर्ण पैकेजों में किया जा सकता है और गैर सैन्य निष्क्रिय भागों का उपयोग सभी पैकेजों में किया जा सकता है।
2. भागों के चयन और योग्यता आवश्यकताओं के संबंध में, निम्नलिखित निर्णय लिए गए हैं:
 - पुर्जे केवल प्रतिष्ठित निर्माताओं से खरीदे जाएंगे, अर्थात ऐसे निर्माता जिनके पास कुछ उपकरणों के लिए सैन्य योग्य लाइसेंस हों।
 - पुर्जे केवल थोक में खरीदे जाएंगे, यानी एक बार में न्यूनतम पांच उड़ानों के लिए। चूंकि औद्योगिक श्रेणीभागों की गुणवत्ता में बैच से बैच भिन्नता हो सकती है, प्रारंभिक बैच की योग्यता बाद में खरीदे गए बैचों की गुणवत्ता सुनिश्चित नहीं करेगी। इसलिए थोक खरीद जरूरी है।
 - महत्वपूर्ण पैकेज के लिए, गैर सैन्य भागों का उपयोग केवल योग्यता परीक्षण (qualification tests) के बाद किया जाएगा
 - गैर-महत्वपूर्ण पैकेज के लिए, जिन भागों की विफलता दर निर्माता द्वारा प्रदर्शित की गई है और स्वीकार्य सीमा के भीतर पाए जाते हैं, उन्हें योग्यता परीक्षण होने की आवश्यकता नहीं है। यदि विफलता दर डेटा उपलब्ध नहीं है, तो ऐसे हिस्से योग्यता परीक्षण के बाद उपयोग किया जाएगा।
 - एसएसएलवी के लिए विशेष रूप से स्वीकृत पुर्जों का उपयोग नियमित मिशनों में नहीं किया जाएगा, भले ही वे पीपीएल में शामिल हों, जब तक कि अन्यथा विशेष अनुमोदन न हो। एसएसएलवी के लिए अनुमत पीपीएल में अलग-अलग खंडों में रखा जाएगा: एसएसएलवी के लिए भाग डी-सभी पैकेज और भाग ई - गैर महत्वपूर्ण पैकेज के लिए ।

10) पुनः प्रयोज्य प्रक्षेपण वाहनों (RLV) के लिए भागों पर सामान्य दर्शन

इसरो के आगामी आरएलवी का उपयोग एक से अधिक उड़ानों के लिए किया जाएगा और माना जाता है कि वे अंतरिक्ष के वातावरण में अधिक समय बिताते हैं। यह प्रस्तावित है कि आरएलवी के लिए अंतरिक्ष श्रेणीघटकों का उपयोग किया जाएगा। वर्तमान में, प्रौद्योगिकी प्रदर्शन

आरएलवी किए जा रहे हैं और घटकों का चयन नियमित लॉन्च वाहन दर्शन के अनुसार किया जाता है।

11) गगनयान के लिए भागों पर सामान्य दर्शन

गगनयान मानव रेटेड मिशन है, जो अंतरिक्ष यात्रियों को कुछ दिनों के लिए पृथ्वी की LEO कक्षा में रखेगा और उन्हें सुरक्षित रूप से पृथ्वी पर वापस लाएगा। चूंकि मानव जीवन शामिल है, यह सर्वोच्च सुरक्षित और महत्वपूर्ण भारतीय प्रमोचन यान है। गगनयान मिशन के लिए अपनाए जा रहे घटकों के चयन और स्क्रीनिंग का उल्लेख करना महत्वपूर्ण है। घटकों का चयन करते समय, चालक दल की सुरक्षा सर्वोपरि है और लागत एक प्रमुख चिंता का विषय नहीं है, इसलिए लंबे समय से भारतीय लॉन्च वाहनों के लिए उपयोग में आने वाले घटकों का चयन किया जाना है। नियमित मिशन के लिए पीपीएल के आधार पर घटकों का चयन किया जा सकता है। गगनयान के लिए स्क्रीनिंग दर्शन अलग है और सभी घटकों की 100% जांच की जाती है, चाहे वह एमआईएल(MIL)श्रेणी हो या औद्योगिक(Industrial) ग्रेड। घटक जीवन (10 वर्ष) और स्क्रीनिंग वैधता (3 वर्ष) भी नियमित मिशन से अलग है।

12) घटकों की लागत में कटौती (Cost Reduction)

- पीएसएलवी में घटक: संख्या: 65000, पैकेज 279, लागत: 4 करोड़
- स्क्रीनिंग परीक्षणों को कम किया जा सकता है, क्योंकि स्क्रीनिंग लागत = 30% लॉन्च वाहन घटक लागत।
- घटकों के माप से जुड़े परीक्षण कम किए जा सकते हैं
- स्टेज स्तरीय स्क्रीनिंग टेस्ट/बर्न-इन टेस्ट प्रस्तावित किए जा सकते हैं
- जहां तक संभव हो नए डिजाइनों में घटकों का मानकीकरण।
- कम से कम TTCP पैकेजों में उपयोग किए जाने वाले स्थापित विश्वसनीयता घटकों के लिए स्क्रीनिंग से बचा जा सकता है
- कन्वर्टर्स का मानकीकरण - अधिकतम 3 प्रकार के कन्वर्टर्स के साथ नए डिजाइन प्रत्येक अपनी पूरी क्षमता का उपयोग करके।
- MIL श्रेणी घटक को इंडस्ट्रियल श्रेणी घटक से बदलें-यदि यह एक प्रतिष्ठित MFR से है और यदि दोनों के लिए एक ही प्रोसेस लाइन का उपयोग किया जाता है
- बिना विफलता इतिहास वाले घटकों को भी निम्न श्रेणी के घटकों से बदला जा सकता है यदि यह 1:1 फॉर्म फिटिंग को संतुष्ट करता है।
- नए डिजाइनों में पैकेजों की एकीकृत कार्यप्रणाली होनी चाहिए

13) वर्तमान रुझान (Present trends)

COTS घटक अंतरिक्ष अनुप्रयोगों में उपयोग

वाणिज्यिक अनुप्रयोग के लिए डिज़ाइन किया गया एक असेंबली या भाग, जिसके लिए आइटम निर्माता या विक्रेता पूरी तरह से उपयोगकर्ता और बाहरी संगठनों द्वारा लगाए गए अतिरिक्त आवश्यकताओं के बिना प्रदर्शन, कॉन्फिगरेशन और विश्वसनीयता (डिज़ाइन, सामग्री प्रक्रियाओं और परीक्षण सहित) के विनिर्देशों को स्थापित और नियंत्रित करता है।

अंतरिक्ष मिशन में COTS EEE भागों के उपयोग को अतीत में अक्सर टाला जाता था। मुख्य कारण यह है कि अंतरिक्ष प्रणालियों को अत्यंत विश्वसनीय होने की आवश्यकता थी और उच्च मिशन लागत के कारण विफलता एक विकल्प नहीं थी और क्योंकि बाद में मरम्मत लगभग असंभव है। हालांकि, पिछले दशक में, क्यूबसैट और छोटे उपग्रह अधिक से अधिक लोकप्रिय हो गए। उन उपग्रहों का विकास मुख्य रूप से विश्वविद्यालयों और शिक्षाविदों द्वारा सीमित बजट और व्यक्तिगत संसाधनों पर प्रतिबंधों के साथ संचालित किया गया था, फिर भी, क्लासिक अंतरिक्ष मिशनों के लिए समान प्रयास प्रदान करने के उद्देश्य से। वास्तव में इसके लिए न केवल एक अलग इंजीनियरिंग दृष्टिकोण की आवश्यकता होती है, बल्कि सीओटीएस इलेक्ट्रॉनिक्स के उपयोग की भी आवश्यकता होती है जो कि सस्ती हैं और लंबे समय तक नहीं हैं। चूंकि सीओटीएस उपकरणों के बारे में कई चिंताएं हैं, विशेष रूप से अंतरिक्ष के कठोर वातावरण में उपयोग के लिए, सिस्टम डिजाइनरों को करना होगा ध्यान से ईईई घटकों का चयन करें, और इसलिए जोखिम मूल्यांकन महत्वपूर्ण है।

सीओटीएस के साथ मुख्य मुद्दों में से एक यह है कि निर्माता से निर्माता तक रेटिंग और योग्यता स्तर भिन्न हो सकते हैं। उत्पाद ट्रेसिबिलिटी की अक्सर गारंटी नहीं होती है, जिसके परिणामस्वरूप अज्ञात आंकड़े (जैसे, शिशु मृत्यु दर, उत्पाद लाइनों के अपडेट, या निर्माण प्रक्रिया में परिवर्तन) उपलब्ध होते हैं जो ऑफ-द-शेल्फ उपलब्ध होते हैं। उच्च योग्यता स्तरों के साथ, जैसे ऑटोमोटिव या रक्षा/सैन्य ग्रेड, फैब्रिकेशन साइट के बारे में जानकारी, दिनांक कोड और लॉट संख्या अक्सर वितरकों के माध्यम से प्रदान की जाती है। वर्तमान में, अंतरिक्ष मिशनों में सीओटीएस के उपयोग के लिए न तो समर्पित मानक हैं और न ही दिशानिर्देश हैं। इंजीनियरों को अपने फैसले का सावधानी से पालन करने की जरूरत है।

14) ऑटोमोटिव श्रेणीघटक

इलेक्ट्रॉनिक सिस्टम ऑटोमोबाइल की लागत का एक तेजी से बढ़ा घटक बन गया है, 1950 में इसके मूल्य के केवल 1% से 2020 में लगभग 30% तक। आधुनिक इलेक्ट्रिक कारें मुख्य प्रणोदन मोटर नियंत्रण के साथ-साथ बैटरी सिस्टम प्रबंधन के लिए पावर इलेक्ट्रॉनिक्स पर निर्भर करती हैं। भविष्य की स्वायत्त कारें शक्तिशाली कंप्यूटर सिस्टम, सेंसर की एक सरणी,

नेटवर्किंग और उपग्रह नेविगेशन पर निर्भर होंगी, जिनमें से सभी को इलेक्ट्रॉनिक्स की आवश्यकता होगी। ऑटोमोटिव इलेक्ट्रॉनिक्स ऑटोमोबाइल में उपयोग के लिए विशेष रूप से डिज़ाइन किए गए इलेक्ट्रॉनिक्स हैं। ऑटोमोटिव संस्करण औद्योगिक संस्करण का एक उन्नत संस्करण है। ऑटोमोटिव इलेक्ट्रॉनिक्स वाणिज्यिक (यानी सामान्य) इलेक्ट्रॉनिक्स की तुलना में अधिक चरम तापमान सीमाओं पर मूल्यांकन किया जाता है।

ऑटोमोटिव तापमान रेंज: -40 डिग्री सेल्सियस से 125 डिग्री सेल्सियस तक होता है।

यह आश्वासन दिया जाता है कि जैसे-जैसे डिवाइस की तापमान रेटिंग बढ़ती है, वैसे-वैसे इसकी लागत भी बढ़ती है। हालांकि, तापमान रेटिंग के अलावा, "ऑटोमोटिव इलेक्ट्रॉनिक्स" शब्द वाले डिवाइस वे डिवाइस होते हैं जिन्हें या तो ऑटोमोटिव उपयोग के लिए डिज़ाइन किया गया है या ऑटोमोबाइल अनुप्रयोगों में उपयोग के लिए अनुकूलित किया गया है।

ऑटोमोटिव इलेक्ट्रॉनिक्स काउंसिल (एईसी) ऑटोमोटिव ईईई कंपोनेंट्स के वास्तविक मानकीकरण के लिए अग्रणी ऑटोमोटिव उद्योग इकाई है। इन घटकों को बड़े ऑटोमोबाइल उद्योग के लिए थोक में निर्मित किया जाता है, जिससे कम लागत और आसान उपलब्धता होती है। जैसे-जैसे मोटर वाहन घटक मानक(Standard) बन जाते हैं, अंतरिक्ष उद्योग में इसका उपयोग भी बढ़ जाएगा क्योंकि एमआईएल श्रेणीघटकों की तुलना में लागत कम होती है, और इन घटकों को संबंधित मोटर वाहन उद्योग में उनके प्रचुर उपयोग के कारण योग्यता का आंकड़ा अधिक सटीक होगा।

15) घटकों का स्वदेशीकरण

स्वदेशीकरण आत्मनिर्भरता प्राप्त करने और आयात के बोझ को कम करने के दोहरे उद्देश्य के लिए देश के भीतर किसी भी घटक/उपकरण के विकास और उत्पादन की क्षमता है। उच्च विश्वसनीय निर्माण में आत्मनिर्भरता इसरो के प्रमुख उद्देश्यों में से एक है। बड़ी संख्या में सरकारी निकाय और निजी संगठन स्वदेशीकरण में महत्वपूर्ण भूमिका निभा रहे हैं। यह रणनीतिक क्षमता के लिए अच्छा है, उद्योगों का निर्माण होगा, जो बदले में उच्च कुशल रोजगार के अवसरों के सृजन का मार्ग प्रशस्त करेगा। स्वदेशीकरण से लीड टाइम भी कम हो जाता है।

DoS और ISRO ने पिछले कुछ वर्षों में 'मेक इन इंडिया' कार्यक्रम के तहत देश में हाई श्रेणीइलेक्ट्रॉनिक्स के स्वदेशी डिज़ाइन, विकास और निर्माण को प्रोत्साहित करने के लिए कई नीतिगत पहल की हैं, जिससे आयात में कमी आई है। भारत सरकार ने सभी खरीद के लिए घरेलू सार्वजनिक निविदा अनिवार्य कर दी है, यदि किसी घरेलू पार्टी द्वारा उद्धृत नहीं किया गया है, तभी वैश्विक निविदा की अनुमति है। यह प्रक्रिया घरेलू उद्योगों को उत्पादों के निर्माण और वैश्विक शक्तियों के साथ प्रतिस्पर्धा करने के लिए प्रोत्साहित करती है। इसरो लॉन्च वाहन,

उदाहरण के लिए, कई स्वदेशी घटकों का उपयोग करते हैं; सभी इसरो लॉन्च वाहन एनजीसी जैसे महत्वपूर्ण उड़ान संचालन के लिए इन-हाउस डिज़ाइन और विकसित प्रोसेसर का उपयोग करते हैं। कई निजी उद्योगों ने भी एमआईएल श्रेणीके घटकों का निर्माण शुरू किया है, जैसे ओमेगा इलेक्ट्रॉनिक्स चिप रेसिस्टर्स का उत्पादन करता है, एम्फेनॉल एमआईएल श्रेणीकनेक्टर बनाता है। घरेलू उद्योगों द्वारा निर्मित घटक इन-हाउस योग्यता परीक्षणों द्वारा प्रमाणित हैं, और योग्यता परीक्षण के परिणामों की समीक्षा के बाद, उड़ान उपयोग के लिए पीपीएल में शामिल हैं।

16) निष्कर्ष

अंतरिक्ष उद्योग के लिए यह बहुत ही रोमांचक समय है, क्योंकि अंतरिक्ष उद्योग बहुत बड़ा और अधिक नवीन होता जा रहा है। भारत, अमेरिका और अन्य देश निजी कंपनियों को भाग लेने, व्यापार और नए प्रयोगों के लिए अनुमति दे रहे हैं। जैसे-जैसे नए खिलाड़ी आते हैं, वह कम लागत के साथ बेहतर सेवाएं देने की प्रतिस्पर्धा को बढ़ाता है। ईईईई घटक एक ऐसा क्षेत्र है, जहां कम लागत वाले घटकों जैसे सीओटीएस/ऑटोमोटिव मानक को शामिल करके लागत को नियंत्रित किया जाएगा, जहां भी वे विश्वसनीयता से समझौता किए बिना आवश्यकताओं को पूरा करते हैं। इस लेख में अंतरिक्ष मिशन के लिए घटकों के चयन के लिए उपयोग की जाने वाली वर्तमान पद्धति को शामिल किया गया है; और जिस तरह से बेहतर मूल्य निर्धारण के साथ घटकों के नए वर्ग को अपनाकर लागत को कम किया जा सकता है।

17) संदर्भ

1. Chris Leonard, "Challenges for Electronic Circuits in Space Applications", Analog Devices, Inc.
2. "MIL-STD-883K, Test method standard, microcircuits", Department of Defense, USA
3. Sammy Kayali, "Utilization of COTS Electronics in Space Application, Reliability Challenges and Reality", Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology
4. Dan Friedlander, "COTS EEE parts in space applications: evolution overview", Alter Technology

लेखक परिचय -



सतलज कुमार , वरिष्ठ तकनीकी सहायक - ए , ईपीएमडी/ईएसएई/वीएसएससी, उन्होंने बोर्ड ऑफ टेक्निकल एजुकेशन बिहार से इलेक्ट्रॉनिक्स इंजीनियरिंग में डिप्लोमा पूरा किया। वह 17 मार्च 2016 को तकनीकी सहायक के रूप में वीएसएससी में शामिल हुए। वर्तमान में इलेक्ट्रॉनिक्स पार्ट्स मैनेजमेंट डिवीजन में कार्यरत हैं। उनकी मुख्य जिम्मेदारियां, एवियोनिक्स पैकेज की प्राप्ति के लिए उपयोगकर्ता द्वारा दिए गए ऑनलाइन अनुरोध को संसाधित करना है।

सह-लेखक

अविराग शर्मा, वैज्ञानिक/इंजीनियरिंग एसडी, ईपीएमडी/ईएसएई/वीएसएससी, उन्होंने राजीव गांधी तकनीकी विश्वविद्यालय, भोपाल से बीई (ईसीई) और आईआईटी खड़गपुर से एमटेक (दूरसंचार प्रणाली) पूरा किया। वह नवंबर 2006 में एवियोनिक्स, वीएसएससी में शामिल हुए। वह 13 वर्षों के लिए लॉन्च वाहन सिस्टम के लिए चेकआउट सिस्टम के डिजाइन और विकास में शामिल थे। वर्तमान में इलेक्ट्रॉनिक्स सिस्टम और एकचुएटर इकाई, वीएसएससी में काम कर रहे हैं। उन्हें अंतरिक्ष अनुप्रयोगों के लिए ईईई भागों में लॉन्च वाहनों के लिए रीयल टाइम सिस्टम, नेविगेशन, मार्गदर्शन और नियंत्रण प्रणाली में विशेषज्ञता प्राप्त है।

बोल्ट फोर्स सेंसर का उपयोग कर टॉर्क-प्रीलोड गुणांक का प्रायोगिक मूल्यांकन
(अल आईवीडी + एमओएस2 कोटिंग फास्टनर)

लेखक : राकेश कुमार श्रीवास्तव¹, मनोज एम.एस.²

गुणवत्ता नियंत्रण प्रभाग, गुणवत्ता प्रबंधन एवं उत्पादीकरण समूह

विक्रम साराभाई अंतरिक्ष केंद्र, त्रिवेंद्रम

ई-मेल: rk_shrivastava@vssc.gov.in

सारांश

अंतरिक्ष प्रक्षेपण वाहनों में चूड़ी वाले फास्टनरों को विभिन्न घटकों, उप प्रणालियों और चरणों को एकीकृत करने के लिए ज्यादातर पसंद किया जाता है। चूड़ी वाले फास्टनर जुड़ने वाले कंपोनेंट्स के रखरखाव के लिए निकालने और दुबारा लगाने की संभावना प्रदान करते हैं। अब तक, भारतीय अंतरिक्ष उद्योग मुख्य रूप से अपनी फास्टनर की जरूरतों को पूरा करने के लिए कैडमियम लेपन के साथ उच्च शक्ति वाले स्टील फास्टनरों (12.9ग्रेड, 1250Mpaवर्ग, सामग्री 35NCD16) का उपयोग करता रहा है। हालांकि, इससे जुड़े पर्यावरण प्रदूषण और हाइड्रोजन उत्सर्जन के मुद्दों के कारण कैडमियम चढ़ाने के उपयोग को कम किया गया है। वीएसएससी ने चरणबद्ध तरीके से वैश्विक कदम के अनुरूप में, हाल ही में आयन वाष्प जमाव (आईवीडी) के माध्यम से एल्यूमिनियम कोटिंग पर बदलाव किया है। एल्युमिनियम सबस्ट्रेट को ठोस स्नेहक के रूप में मोलिब्डेनम डि सल्फाइड (MoS₂) की एक परत के रूप में चढ़ाया जाता है। किसी भी बोल्ट किए गए जोड़ की विश्वसनीयता मुख्य रूप से उस नियंत्रण से निर्धारित होती है, जो टॉर्क से लेकर बोल्ट प्रीलोड रूपांतरण तक होता है। टॉर्क-प्रीलोड गुणांक, जिसे आमतौर पर "नट कारक" कहा जाता है, मुख्य अंतर्निहित कारक है जो इस प्रीलोड रूपांतरण को निर्धारित करता है। नट कारक का निर्धारण करने में अशुद्धियों के कारण बोल्ट किए गए संयुक्त प्रदर्शन का अधिक या कम आकलन हो सकता है। एक ओर, नट कारक के अधिक आकलन से जोड़ में वास्तविक फास्टनर तनाव और क्लैंप बल को कम करके आंका जाएगा। इससे विफलता हो सकती है जो अत्यधिक तनाव और अत्यधिक विकृतियों का प्रभुत्व है। दूसरी ओर, नट कारक को कम करके आंकने से जोड़ में कम फास्टनर तनाव और कम क्लैंप बल प्राप्त होता है। इससे फास्टनर के ढीले होने, जोड़ों के अलग होने की संभावना होगी, रिसाव, खड़खड़ और विफलता होने की संभावना होती है। इसलिए एल्युमिनियम एलॉय फ्लैज को जोड़ने के लिये कैडमियम लेपित नट, वाशर और अल-आईवीडी + एमओएस 2 बोल्ट/स्कू के सन्युक्त नट फैक्टर पता लगाने की आवश्यकता पैदा हुई। इस शोध पत्र का कार्यक्षेत्र बोल्ट फोर्स सेंसर का उपयोग करके नट कारक के प्रयोगात्मक मूल्यांकन के लिए अपनाई गई विधि का वर्णन करना और निष्कर्ष निकालना है।

कीवर्ड: नट कारक, टॉर्क गुणांक, फास्टनर, एल्यूमिनियम आईवीडी+एमओएस2 परत

1.परिचय

उच्च शक्ति 35NCD16 स्टील (0.35C-3.5Ni-1.5Cr-0.5Mo) हेक्स सॉकेट हेड कैप बोल्ट / स्क्रू 35NCD16 हेक्सागोनल नट्स और 15CDV6 प्लेन वाशर के संयोजन में VSSC में उड़ान सब असेंबली तैयारी के लिए बड़े पैमाने पर उपयोग किया जाता है। ऐसे उदाहरण हैं जहां बोल्ट निर्दिष्ट कसने वाले टॉर्क के आवेदन के दौरान और बाद में टुकड़ों में बंट गया। असफल टुकड़ों पर विस्तृत फ्रैक्चरोग्राफिक विश्लेषण ने मूल कारण को हाइड्रोजन उत्सर्जन मुद्दों के रूप में निष्कर्ष निकाला। कैडमियम की इलेक्ट्रो प्लेटिंग, जो इसे पर्यावरणीय हमलों से बचाने के लिए तैयार फास्टनरों पर की गई थी, को हाइड्रोजन घुसपैठ के प्रमुख स्रोत के रूप में पहचाना गया है [1]। कैडमियम की जहरीली प्रकृति के साथ इस तथ्य को ध्यान में रखते हुए, उद्योग ने कुछ वैकल्पिक कोटिंग तकनीकों पर बदलाव करने का फैसला किया और वीएसएससी ने कैडमियम चढ़ाना के लिए उपयुक्त विकल्प के रूप में अल आईवीडी को चुना।

इसकी नरम प्रकृति और खराब सतह खत्म होने के कारण एल्यूमीनियम में आमतौर पर घर्षण सह-कुशल होता है जो असंगत और 0.2 (नट कारक) जितना अधिक होता है, जिससे आवश्यक प्रीलोड प्राप्त करने के लिए उच्च टॉर्क की आवश्यकता होती है। उच्च टॉर्क मूल्यों के अनुप्रयोग के परिणामस्वरूप उपकरण(टॉर्क व्रेंच) फिसल सकते हैं और कभी-कभी टॉर्क एडेप्टर टूट सकते हैं। नट कारक को कम करने के लिए मोलिब्डेनम डी-अल लेपित बोल्ट के ऊपर सल्फाइड (MoS₂) कोटिंग छिड़काव द्वारा लागू किया जाता है और बेकिंग द्वारा ठीक किया जाता है। उड़ान उपयोग के लिए आईवीडी + एमओएस 2 लेपित फास्टनरों को शामिल करने से पहले, औसत नट कारक का पता लगाने के लिए विभिन्न बैचों पर प्रयोग किए गए थे। इस तकनीकी शोध पत्र के आगामी खंडों में अपनाई गई परीक्षण पद्धति, परीक्षण के परिणाम और इन प्रयोगों के निष्कर्ष निकाले गए हैं।

2.परीक्षण की स्थिति और प्रयोगात्मक जमाव

2.1 फास्टनर और फ्लैज सिमुलेटर का विवरण

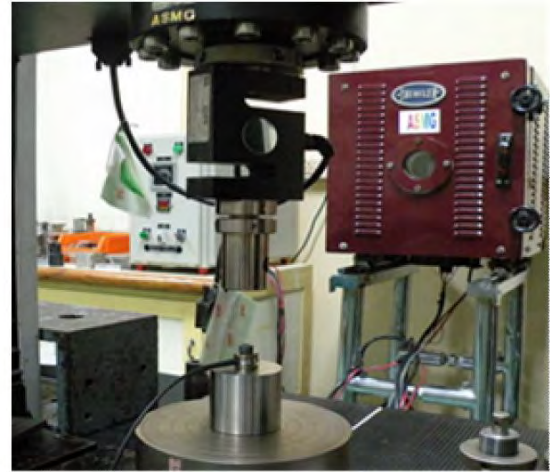
35NCD16 स्टील बोल्ट थ्रेड रोलिंग द्वारा बनाए गए और आवश्यक यांत्रिक गुणों को प्राप्त करने के लिए उपयुक्त गर्मी उपचार प्रक्रिया से गुजरते हैं। आयन वाष्प जमाव (आईवीडी) प्रक्रिया में फास्टनरों को 99% शुद्ध एल्यूमीनियम से लेपित किया जाता है। कोटिंग की मोटाई 8-15µm प्राप्त करने के लिए वाष्प के संपर्क का समय नियंत्रित किया जाता है। हेक्सागोनल नट्स के चूड़ी को टैपिंग द्वारा और प्लेन वाशर को स्टैम्पिंग द्वारा बनाया जाता है। नट और वाशर दोनों कैडमियम लेपित हैं। उड़ान असेंबली स्थितियों का अनुकरण करने के लिए सभी परीक्षणों के लिए चूड़ी पर Loctite 242 का नियंत्रित प्रयोग किया गया है। Loctite का उद्देश्य, उपयोग के समय

खुद को कंपन के दौरान ढीला होने से रोकना है। असेंबली फ्लैज को अनुकरण करने के लिए 1D मोटाई की Anodized एल्यूमीनियम मिश्र धातु AA2014 प्लेटों का उपयोग किया गया है।

2.2 प्रायोगिक जमाव का विवरण

परीक्षण सेटअप में मुख्य रूप से चार घटक होते हैं, जैसे बोल्ट फोर्स संवेदक (बीएफएस), बिजली आपूर्ति इकाई, डिजिटल टॉर्क व्रेंच और एक मल्टीमीटर। प्रयोग से पहले, स्केल फैक्टर (लोड-मिलीवोल्ट संबंध) प्राप्त करने के लिए बोल्ट फोर्स संवेदक को उच्चतम तनाव यंत्र (UTM) में अंशांकन किया जाता है। अंशांकन द्वारा बीएफएस (एम6, एम8, एम10 और एम12) के विभिन्न आकारों के लिए स्केल फैक्टर प्राप्त किया गया है।

प्रयोग के लिए, बोल्ट फोर्स संवेदक को बोल्ट हेड और एल्युमिनियम फ्लैज के बीच रखा गया और बिजली आपूर्ति इकाई और मल्टी मीटर के साथ लगाया गया है। नट विपरीत दिशा से लगा हुआ होता है और वास्तविक उड़ान, असेंबली स्थिति को दोहराने के लिए नट के नीचे वाशर का उपयोग किया जाता है। अंशांकित टॉर्क व्रेंच (त्रुति <1%) का उपयोग करके नट पर टॉर्क लगाया जाता है। आईएसओ 16047[2] के अनुसार टॉर्किंग धीरे-धीरे और एक समान गति से की गई ताकि संवेदक आउटपुट बिना देरी के टॉर्क का बारीकी से पालन करे। बोल्ट को घूमने से रोकने के लिये एलन कुंजी (एलन-की) का उपयोग किया गया।



चित्र (1) नट कारक मूल्यांकन परीक्षण जमाव चित्र (2) बोल्ट फोर्स सेंसर अंशांकन जमाव

3. सिद्धांत और समीकरण

बोल्ट की जकड़न का सबसे अच्छा उपाय स्ट्रेन गेज या एक्सटेन्सोमीटर जैसे साधनों का उपयोग करके विकसित किए गए प्रीलोड को सीधे मापना है। हालाँकि यह माप बहुत महंगा होने के साथ-

साथ कठिन भी है। इसलिए अप्रत्यक्ष रूप से प्रीलोड को नियंत्रित करने के लिए केंद्र में टॉर्कनियंत्रण तकनीक को अपनाया जाता है। किसी दिए गए प्रीलोड को विकसित करने के लिए आवश्यक टॉर्क की गणना गणितीय रूप से व्युत्पन्न किसी भी एक दीर्घ रूप के समीकरण या एक साधारण अनुभवजन्य संबंध का उपयोग करके की जा सकती है। अनुभवजन्य संबंध को छोटे रूप का समीकरण कहा जाता है। दीर्घरूप समीकरणों को प्राप्त करते समय माना गया अनुमान कई व्यावहारिक स्थितियों में यथार्थवादी नहीं है। जोड़ों में सटीक घर्षण गुणांक ज्यादातर अज्ञात होते हैं इसलिए प्राप्त परिणाम साधारण लघुरूप समीकरण से बेहतर होते हैं। दीर्घ रूप समीकरण और लघु रूप समीकरण दोनों समीकरण नीचे दिए गए हैं। तथापि, प्रस्तुत अध्ययन में लघुरूप समीकरण का प्रयोग किया गया है।

$$T_{in} = F_p \left(\frac{P}{2\pi} + \frac{\mu_t r_t}{\cos\beta} + \mu_n r_n \right) \quad (1)$$

$$M_A = F_M \left[0.16 P + 0.58 d_2 \mu_g + (D_{Km}/2) \mu_K \right] \quad (2)$$

$$T = F \cdot \left[\frac{1}{2} \cdot \frac{P + 1.154 \pi \mu_{th} d_2}{\pi - 1.154 \mu_{th} \frac{P}{d_2}} + \mu_b \frac{D_0 + d_h}{4} \right] \quad (3)$$

$$T = K P D \quad (4)$$

जहां, समीकरण (1) प्रसिद्ध मोटोश समीकरण है, समीकरण(2) और समीकरण (3) अंतरराष्ट्रीय मानकों से हैं क्रमशः डीआईएन 946 [4] और आईएसओ 16047, T_{in}, M_A & T टॉर्क का प्रतिनिधित्व करते हैं, F_p, F_m, F & P प्रीलोड का प्रतिनिधित्व करते हैं, p बोल्ट पिच, μ_t, μ_{th} & μ_g चूड़ी में घर्षण के गुणांक हैं, μ_n, μ_k & μ_b नट के नीचे घर्षण के गुणांक हैं, r_t & d_2 पिच त्रिज्या और बोल्ट का पिच व्यास, β चूड़ी का आधा कोण, r_n & d_h प्रभावी त्रिज्या और नट के व्यास है, और फ्लंज के बीच के सतह का संपर्क है। D बोल्ट के व्यास है।

लघु रूप समीकरण का उपयोग करके नट कारक (टॉर्क गुणांक या के-कारक) का मूल्यांकन किया गया।

$$K = \frac{T}{(P \cdot d)} \quad (5)$$

जहां P का मान समीकरण (6) से लेते हैं

$$P=A_t \cdot \sigma_y \cdot f \quad (6)$$

जहां, T टॉर्क है, P बोल्ट तनाव, A_t तन्यता तनाव क्षेत्र, σ_y यिल्ड बिंदु तनाव, d बोल्ट व्यास और f यिल्ड के प्रतिशत का प्रतिनिधित्व करने वाला कारक (क्रमशः 50%, 60% और 70% यिल्ड के लिए 0.5, 0.6, और 0.7)। अधिकतम प्रीलोड जिसे बिना यिल्ड के बोल्ट पर लागू किया जा सकता है, की गणना समीकरण (6) का उपयोग करके की गई। यह सुनिश्चित किया गया कि पूरे प्रयोग के दौरान बोल्ट लोचदार सीमा के भीतर रहे। साथ ही बीएफएस बाहर के यिल्ड पॉइंट तनाव के अनुरूप वोल्टेज को पार करने से पहले टॉर्किंग को रोक दिया जाता है। दुनिया भर में, कंपनियां आमतौर पर बोल्ट वाले जोड़ों के लिए, कम प्रीलोड फैलव प्राप्त करने के उद्देश्य से स्वीकार्य नट फैक्टर सीमा निर्दिष्ट करती हैं। उदाहरण के लिए, जर्मन निर्माता 0.09-0.14 की सीमा निर्दिष्ट करते हैं। इसी तरह, फ्रांसीसी निर्माता 0.12-0.18 आदि की सीमा निर्दिष्ट करते हैं। [5]

4. परीक्षण पद्धति

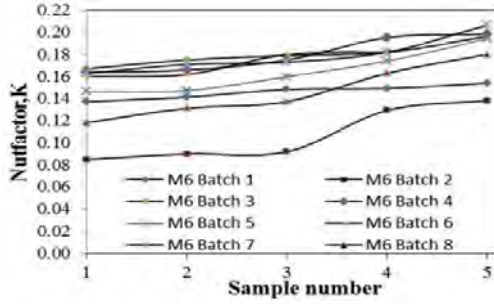
ये प्रयोग मूल रूप से दबाव बल से गुजरते समय एक उच्च परिशुद्धता डोन्ट के आकार के बोल्ट फोर्स संवेदक (बीएफएस) के सरल रैखिक तनाव संबंध पर आधारित है। सिद्धांत रूप में, सेंसर एक बोल्ट और एक एल्यूमीनियम फ्लेंज के बीच केंद्रीय रूप से स्थित होगा, यह बोल्ट तनाव के बराबर समान संपीड़न भार का अनुभव करता है।

चूंकि फास्टनरों को विभिन्न विनिर्माण और लेपन तरीके से गढ़ा और लेपित किया जाता है। इसलिए प्राप्त आंकड़ों पर बैच के अंदर और बैचों के बीच एक तुलनात्मक प्रवृत्ति विश्लेषण किया गया। यद्यपि एक प्रवृत्ति प्राप्त करने के लिए न्यूनतम 10 नमूनों की आवश्यकता होती है, कुछ मामलों में एक विशेष समूह में फास्टनरों की न्यूनतम उपलब्धता को देखते हुए संख्याओं से समझौता किया गया एवं प्रत्येक बैच से कम से कम 5 बोल्टों का परीक्षण किया गया। वीएसएससी में बोल्ट पूर्व तनाव, यिल्ड तनाव के 60% तक सीमित रखते हैं। इसलिए 50%, 60% और 70% यिल्ड तनाव मानों के अनुरूप बोल्ट प्रीलोड पर प्रयोग किया गया। इन प्रीलोड्स की गणना समीकरण (6) का उपयोग करके की गई है और संबंधित मिलिवोल्ट आउटपुट की गणना स्केल फैक्टर का उपयोग करके की जाती है। टॉर्किंग को उपरोक्त तीन पूर्व-परिकल्पित वोल्टेज पर रोक दिया गया और टॉर्क वैल्यू को लिखा गया। प्रत्येक बोल्ट के लिए प्रीलोड के विरुद्ध टॉर्क मान सारणीबद्ध हैं। टॉर्क (T), प्रीलोड (P) और नाममात्र व्यास (D) को प्रतिस्थापित करके, समीकरण (5) का उपयोग करके प्रत्येक प्रीलोड चरणों के लिए नट कारक की गणना की जाती है। उपरोक्त

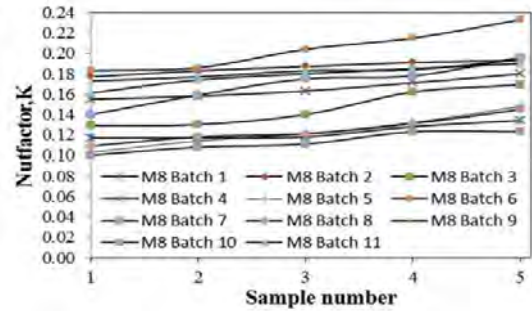
तीन चरणों में गणना किए गए नट कारकों का औसत एक विशेष बोल्ट के नट कारक के रूप में लिया जाता है। इस प्रकार सभी बोल्टों के लिए नट कारक की गणना की गई।

5. परिणाम और चर्चा

इस अध्ययन के लिए 30 समूहों में 4 आकारों यानी M6, M8, M10 और M12 के कुल 194 फास्टनरों का परीक्षण किया गया। प्रयोगों से कुल 582 नट कारक मान प्राप्त किए गए और उनका विश्लेषण किया गया।

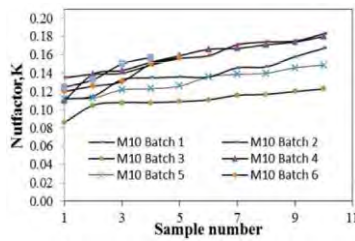


चित्र (3) M6 फास्टनरों के लिए नट कारकों की तुलना

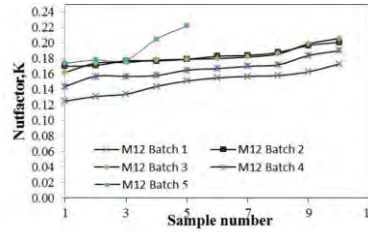


चित्र (4) M8 फास्टनरों के लिए नट कारकों की तुलना

एल्यूमीनियम आईवीडी+एमओएस2 लेपन के बाद M6 फास्टनरों का समग्र बैच के अंदर फैलाव संतोषजनक पाया गया। परीक्षण किए गए 8 बैचों में से 6 बैचों का फैलाव $\pm 20\%$ से कम है। 2 बैचों में, 29% और 31% फैलाव देखा गया। M6 फास्टनरों के लिए बैचों के बीच भिन्नता को चित्र (3) में दिखाया गया है। विभिन्न बैचों के लिए औसत नट कारकों की तुलना की गयी है और लगभग 33.8% का फैलाव पाया गया है। यह रेखांकित करता है कि भले ही बैच के अंदर फैलाव अच्छा है, विभिन्न M6 बैचों की तुलना में नट कारकों के लिए एक बड़ी असंगति है। माध्य के $\pm 25\%$ के भीतर फैलाव प्राप्त करने के लिए उचित प्रक्रिया नियंत्रण उपायों की पहचान की जानी चाहिए और उन्हें लागू किया जाना चाहिए। परीक्षण किए गए सभी M6 फास्टनरों के लिए नट कारक की सामान्य प्रवृत्ति को चित्र (7) में चित्रित किया गया है। यह देखा गया कि लगभग 87.2% नमूने 0.1 से 0.2 के भीतर हैं।

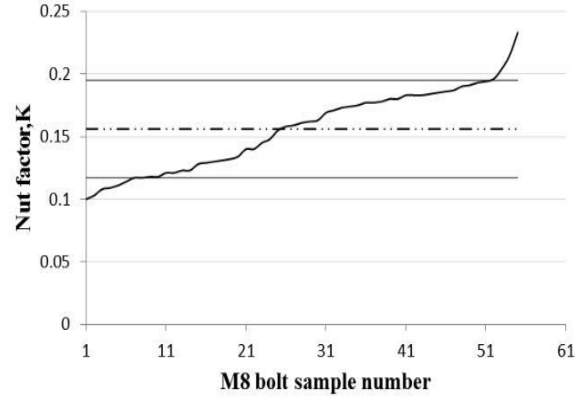
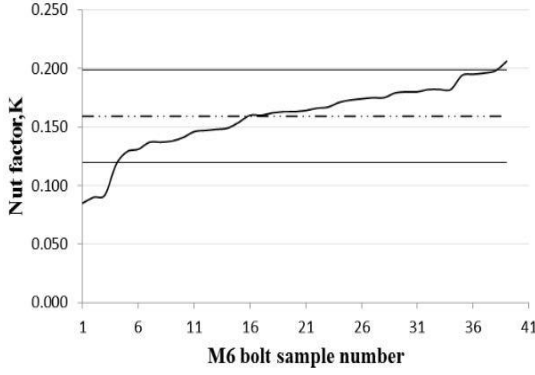


चित्र (5) M10 फास्टनरों के लिए नट कारकों की तुलना



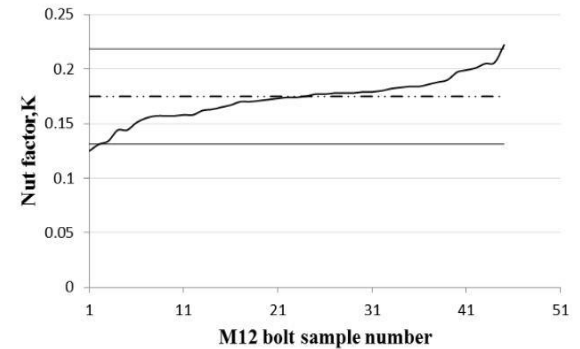
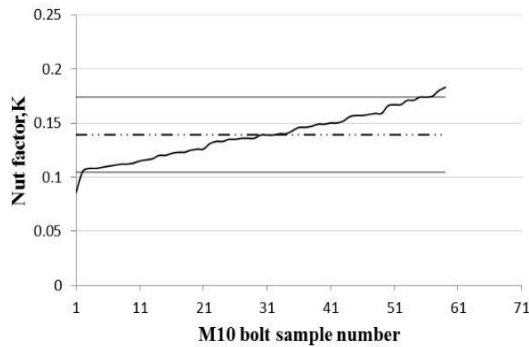
चित्र (6) M12 फास्टनरों के लिए नट कारकों की तुलना

M8 फास्टनरों के लिए डेटा का समान विश्लेषण किया गया था और पुष्टि की गई थी कि अच्छा इंद्रा-बैच फैलाव प्राप्त हुआ है। सभी बैचों के लिए अधिकतम बैच के अंदर फैलाव $\pm 20\%$ से कम है। यह चित्र (4) में दिखाया गया है। बैचों के बीच फैलाव $\pm 31\%$ जितना अधिक है जिसे प्रक्रिया सुधार की आवश्यकता है। नट कारक फैलाव $\pm 25\%$ से अधिक अवांछनीय है क्योंकि इसके परिणामस्वरूप असेंबली के दौरान व्यापक प्रीलोड बिखराव होगा। कुल M8 जनसंख्या की एक साथ तुलना करने से पता चला है कि लगभग 81.9% नमूने 0.1 से 0.2 के भीतर हैं और जनसंख्या माध्य मान 0.16 है जैसा कि चित्र (8) में दिखाया गया है। इस ग्राफ में, बिंदीदार रेखा जनसंख्या माध्य है और फर्म क्षैतिज रेखाएँ 0.1 से 0.2 के अनुरूप स्वीकृति की ऊपरी और निचली सीमाएँ हैं। एक आदर्श मामले में, कोई भी नमूना इन सीमा रेखाओं को पार नहीं करेगा।



चित्र (7) कुल आबादी के लिए M6 बोल्ट का फैलाव

चित्र (8) कुल आबादी के लिए M8 बोल्ट का फैलाव



चित्र (9) कुल आबादी के लिए M10 बोल्ट का फैलाव

चित्र (10) कुल आबादी के लिए M12 बोल्ट का फैलाव

M10 फास्टनरों से पता चलता है, बैच के अंदर में $\pm 31\%$ फैलाव और बैचों के बीच में 21% । यह इंगित करता है कि सभी प्रक्रिया पैरामीटर जो नट कारक निर्धारित करते हैं, एम 10 आकार के लिए नियंत्रण में हैं। कुल M10 जनसंख्या की एक साथ तुलना करने से पता चला है कि लगभग 95% नमूने 0.1 से 0.2 की सीमा के भीतर 0.14 की जनसंख्या के आसपास हैं। इन्हें चित्र (5) और चित्र (9) में चित्रित किया गया है।

M12 फास्टनरों से पता चलता है, बैच के अंदर फैलाव केवल 17% और बैचों के बीच केवल 15% है। ये परिणाम इस अध्ययन में विचार किए गए सभी आकारों में सर्वश्रेष्ठ हैं। M12 फास्टनरों की जनसंख्या के लिये नट कारक औसत 0.17 थी और केवल 4.4% नमूने 0.1 से 0.2 की सीमा से बाहर थे। इसलिए वर्तमान M12 आकारों के लिए अपनाई गई निर्माण और कोटिंग तकनीक पर्याप्त हैं। इन्हें चित्र (6) और चित्र (10) में चित्रित किया गया है।

6. निष्कर्ष

इन प्रयोगों के माध्यम से प्राप्त प्रत्येक आकार के लिए जनसंख्या माध्य नट कारक M12 के लिए 0.17, M6 और M8 के लिए 0.16 और M10 आकारों के लिए 0.14 है और ये मान 0.1 से 0.2 के स्वीकार्य सीमा के भीतर हैं।

नट फैक्टर की बैच के अंदर स्थिरता सभी आकारों के लिए अच्छी है और M12 आकार का अध्ययन किए गए 4 आकारों में बहुत सुसंगत पाया गया है। इससे पता चलता है कि अल आईवीडी + एमओएस₂ लेपन तकनीक और विनिर्देश $\pm 25\%$ के स्वीकार्य सीमा के भीतर नट कारक को बनाए रखने में सक्षम हैं।

हालाँकि, बैच-टू-बैच भिन्नता M6 और M8 आकारों के लिए तुलनात्मक रूप से अधिक है। इन आकारों के लिए भिन्नताएं 30% से अधिक पाई जाती हैं, जो अत्यधिक अवांछनीय है। इसलिए बैचों में फैलाव को कम करने के लिए भौतिक गुणों, सतह कठोरता, सतह समतलता और सहनशीलता इत्यादि जैसे विनिर्माण विनिर्देशों को और अधिक ट्यून किया जाएगा।

7. संदर्भ सूची

- [1] अभय के झा, के श्रीकुमार, एमसी मित्तल, पीपी सिन्हा "35NCD16 स्टील फास्टनर की विफलता - एक धातुकर्म जांच," इंजीनियरिंग विफलता विश्लेषण 16 (2009) 302-308
- [2] अंतर्राष्ट्रीय मानक आईएसओ 16047, "फास्टनरों - टॉर्क/ क्लैंप बल परीक्षण"
- [3] मोटोश एन। "प्लास्टिक रेंज तक प्रीलोड बोल्ट के लिए डिज़ाइन चार्ट का विकास"। उद्योग के लिए इंजीनियरिंग के एएसएमई जर्नल 1976;98:849-51

[4] डीआईएन मानक डीआईएन 946 1991, "निर्दिष्ट शर्तों के तहत बोल्ट/नट असेंबलियों के घर्षण के गुणांक का निर्धारण"

[5] डारियो क्रोकोलो, मासिमिलियानो डी एगोस्टिनिस, निकोलो विन्सेन्ज़ी। "हल्के अनुप्रयोगों के लिए टाइटेनियम स्क्रू जोड़ों पर कसने की प्रक्रियाओं और स्नेहन की स्थिति का प्रभाव"। ट्राइबोलॉजी इंटरनेशनल 2012; 55: 68-76।

[6] जॉन एच। बिकफोर्ड "बोल्टेड जोड़ों के डिजाइन और व्यवहार का परिचय, चौथा संस्करण: गैर-गैस्केटेड जोड़"

लेखक परिचय -



रकेश कुमार श्रीवास्तव, वैज्ञानिक अभियंता - एससी, जनवरी २००८ से गुणवत्ता नियंत्रण प्रभाग, गुणवत्ता प्रबंधन एवं उत्पादीकरण समूह, विक्रम साराभाई अंतरिक्ष केंद्र, त्रिवेन्द्रम में काम कर रहे हैं। विक्रम साराभाई अंतरिक्ष केंद्र में तकनीकी सहायक के रूप में कार्यभार ग्रहण किया और नौकरी के दौरान यात्रिकी अभियांत्रिकी में स्नातक और स्नात्कोत्तर किया। नौकरी के दौरान PSLV, GSLV, LVM3, RLV-TD और RSR राकेट (लॉच वेहिकल)

में काम किया।

कंपन और शॉक में गगनयान-कू मॉड्यूल के लिए बैरोआल्टीमीटर सेंसर का प्रदर्शन मूल्यांकन

हर्षित कुमार गुप्ता, इसरो जड़त्वीय प्रणाली इकाई, वट्टियूरकावु

सार

बैरो-अल्टीमीटर (BALT) एक महत्वपूर्ण सबसिस्टम है जो CM उड़ान के अवरोही चरण के दौरान स्वायत्त रूप से कू मॉड्यूल (CM) ऊंचाई की जानकारी प्रदान करता है। BALT ऊंचाई प्राप्त करने के लिए कू मॉड्यूल के सतह दबाव माप का उपयोग करता है। BALT ऊंचाई का उपयोग एपेक्स कवर और मंदी प्रणाली पैराशूट तैनाती करने वाले ऑन-बोर्ड रीयल टाइम निर्णय लेने के लिए ऊंचाई के द्वितीयक स्रोत के रूप में किया जाता है। मंदी प्रणाली तैनाती के लिए आवश्यक सटीक ऊंचाई प्राप्त करने के लिए बैरोमीटर की सटीकता महत्वपूर्ण है। इसलिए, BALT प्रणाली में उपयोग के लिए ± 1 mbar की सटीकता वाले बैरोमीटर से दबाव माप का चयन किया गया है। किसी भी प्रक्षेपण यान में वाइब्रेटरी और शॉक का वातावरण सर्वव्यापी होता है, इसलिए सटीक बैरोमीटर के लिए वाइब्रेटरी और शॉक वातावरण के दौरान और बाद में प्रदर्शन करना आवश्यक है। इन वातावरणों के दौरान और उसके दौरान प्रदर्शन का आकलन करने के लिए सटीक बैरोमीटर पर साइन, यादृच्छिक कंपन और शॉक परीक्षण किए जाते हैं। बैरोमीटर सेंसर डेटा के विश्लेषण से पता चलता है कि BALT सिस्टम द्वारा मांगी गई सटीकता, चुने गये सटीक बैरोमीटर द्वारा पूरी की जाती है।

कीवर्ड- बैरो-अल्टीमीटर, वाइब्रेशन, शॉक, पैराशूट, गगनयान।

परिचय:

मानव अंतरिक्ष यान गगनयान में कू मेंबर्स को लो अर्थ ऑर्बिट (LEO) में भेजने और कुछ कक्षाओं की मिशन अवधि के बाद सुरक्षित रूप से पृथ्वी पर लौटने की परिकल्पना की गयी है। मानव चालित अंतरिक्ष यान में ह्यूमन रेटेड लॉन्च व्हीकल (HRLV), ऑर्बिटल मॉड्यूल (OM) और कू एस्केप सिस्टम (CES) होते हैं। CM चालक दल के रहने की जगह है जिसे विशेष रूप से रहने की स्थिति और उड़ान के वंश चरण को पूरा करने के लिए डिज़ाइन किया गया है। पुनः प्रवेश के दौरान, गगनयान-CM वाहन डीएक्सेलरेशन सिस्टम से संबंधित कई वास्तविक समय के निर्णयों को ट्रिगर करेगा जैसे कि ड्रग और मुख्य पैराशूट की तैनाती CM ऊंचाई [1-2] पर आधारित है। प्राथमिक ऊंचाई स्रोत अंतरिक्ष यान पोजिशनिंग सिस्टम का उपयोग करके फ़िल्टर सहायता प्राप्त नेविगेशन समाधान है। इसके अतिरिक्त, CM में बैरोमेट्रिक दबाव माप का उपयोग करके स्वायत्त रूप से CM ऊंचाई की जानकारी प्रदान करने वाला BALT सिस्टम है। सहायता प्राप्त नेविगेशन डाटा की अनुपलब्धता के मामले में, पैराशूट तैनाती [3-4] पर आरटीडी को ट्रिगर करने के लिए बारो अल्टीमीटर से ऊंचाई की जानकारी का उपयोग किया जाएगा। इस ऊंचाई से बहुत

कम वायुमंडलीय दबाव के कारण औसत समुद्र तल के संबंध में ऊंचाई माप की सीमा 15 किमी तक सीमित है। टेस्ट व्हीकल (TV), CES के लिए विभिन्न आकस्मिक परिदृश्यों का अनुकरण करने के लिए आगामी गगनयान मिशन के लिए मानवयुक्त उड़ान परीक्षण का अग्रदूत है। TV मिशन में BALT प्रणाली को दो समान बैरोमीटर चैनलों के साथ कॉन्फिगर किया गया है, और वास्तविक गगनयान मिशन के लिए, तीन सेंसर का उपयोग ट्रिपल रिडंडेंसी के लिए किया गया है। BALT प्रणाली ऊंचाई की जानकारी प्रदान करने के लिए सटीक बैरोमीटर का उपयोग करती है। मंदी प्रणाली तैनाती के लिए आवश्यक ऊंचाई सटीकता के साथ प्राप्त करने के लिए बैरोमीटर की सटीकता महत्वपूर्ण है। इसलिए, नासा के ओरियन मिशन में ± 1 mbar की सटीकता वाले निरपेक्ष सटीक बैरोमीटर को BALT प्रणाली में उपयोग के लिए चुना गया है [3-4]।

CM और CES के सबसिस्टम लॉन्च व्हीकल के कठोर वातावरण जैसे साइन वाइब्रेशन, रैंडम वाइब्रेशन और शॉक [5-7] के संपर्क में हैं। इसलिए, बैरोमीटर के लिए यह आवश्यक है कि वे BALT प्रणाली द्वारा मांगी गई सटीकता के भीतर वाइब्रेटरी और शॉक वातावरण के बाद प्रदर्शन करें। चूंकि सेंसर डेटा शीट यादृच्छिक कंपन और शॉक लोड के लिए नाजुक जानकारी प्रदान नहीं करती है इसलिए इन वातावरणों में प्रदर्शन का आकलन करने के लिए सटीक बैरोमीटर पर साइन, यादृच्छिक कंपन और शॉक परीक्षण किया गया है। इस पेपर में वाइब्रेशन और शॉक एनवायरनमेंट के दौरान और उसके दौरान प्रेशर सेंसर डेटा के आकलन पर चर्चा की गई है। डेटा विश्लेषण से पता चलता है कि BALT प्रणाली द्वारा मांगी गई सटीकता पूर्ण सटीक बैरोमीटर द्वारा पूरी की जाती है।

पूर्ण सटीक बैरोमीटर:

मंदी प्रणाली तैनाती के लिए आवश्यक ऊंचाई सटीकता से प्राप्त करने के लिए बैरोमीटर की सटीकता महत्वपूर्ण है। इसलिए, BALT प्रणाली में उपयोग के लिए संपूर्ण कार्य तापमान रेंज पर ± 1 mbar की समग्र सटीकता के साथ NASA के ओरियन मिशन में विरासत वाले पूर्ण सटीक बैरोमीटर का चयन किया गया है। मार्जिन के साथ माप आवश्यकताओं के आधार पर सेंसर की रेंज को 20 psi चुना गया है। एक गतिशील उड़ान में ऊंचाई माप के लिए सेंसर प्रतिक्रिया समय महत्वपूर्ण है और इसलिए पूर्ण सटीक बैरोमीटर के छोटे प्रतिक्रिया समय में आवश्यक सटीकता की तुलना में बहुत कम त्रुटि होती है।

सटीक बैरोमीटर एक अत्यंत सटीक दबाव रीडिंग प्रदान करने के लिए इनबिल्ट माइक्रोप्रोसेसर-आधारित सिग्नल कंडीशनिंग के साथ सिद्ध सिलिकॉन ट्रांसड्यूसर तकनीक को जोड़ती है। यह सिलिकॉन पीजो-प्रतिरोधक सेंसिंग तकनीक पर आधारित है जिसमें दबाव के साथ-साथ तापमान संवेदन तत्व भी शामिल हैं। तापमान और दबाव रीडिंग के डिजिटल संकेतों को माइक्रोप्रोसेसर द्वारा प्रसंस्करण के माध्यम से पूरे कार्य तापमान और दबाव सीमा पर कैलिब्रेट

और काम्पेन्सेट किया जाता है। सेंसर में आउटपुट के दो तरीके हैं, RS-485 डिजिटल डेटा सीरियल इंटरफ़ेस और 0-5 V एनालॉग आउटपुट। इसके माउंटिंग के लिए सेंसर के पिछले हिस्से पर थ्रेड्स उपलब्ध हैं। सेंसर में 1/8 इंच बाहरी व्यास के पाइप के लिए swagelok इंटरफ़ेस रखा गया है। सेंसर को 1/8 इंच बाहरी व्यास का उपयोग करके क्रू इंग्रेस हैच क्षेत्र में ब्रैकेट पर लगाया जाता है, जिसकी लंबाई एकीकरण आवश्यकताओं, प्रतिक्रिया समय और थर्मल विचारों के आधार पर तय की जाती है। निरपेक्ष सटीक बैरोमीटर के प्रमुख विनिर्देश तालिका 1 में सूचीबद्ध हैं।

कंपन और शॉक परीक्षण:

परिचालन जीवन चक्र के दौरान पर्यावरण की स्थिति का अनुकरण करने के लिए एयरोस्पेस घटकों को पर्यावरणीय परीक्षणों की एक श्रृंखला के अधीन किया जाता है। इनमें से, वाहन के लॉन्च चरण के दौरान उत्पन्न विभिन्न गतिशील वातावरण, कंपन और झटका सेंसर की विफलता के सबसे महत्वपूर्ण कारणों में से एक हैं। उड़ान के दौरान क्षणिक घटनाओं से प्रेरित कम आवृत्ति दोलन का सामना करने के लिए एयरोस्पेस घटक की क्षमता को प्रदर्शित करने के लिए साइन कंपन परीक्षण किया जाता है। कम आवृत्ति वाले क्षणिक कंपन आमतौर पर उड़ान के दौरान स्टेज इग्निशन, स्टेज शटडाउन के कारण उत्पन्न होते हैं। यादृच्छिक कंपन परीक्षण, उच्च आवृत्ति

तालिका 1: बैरोमीटर सेंसर निर्दिष्टीकरण

| मापदंड | विनिर्देश |
|-------------------|------------------------------------------------------|
| सीमा | 20 psi (1379 mbar) |
| समग्र सटीकता | ± 1mbar |
| रेसोल्यूशन | 0.00013 mbar |
| प्रतिक्रिया समय | 2 ms |
| द्रव्यमान | 125 g + 35 g (विद्युत योजक) |
| पावर | 0.25 mW |
| डेटा इंटरफ़ेस | RS 485 डिजिटल, 0-5 V एनालॉग |
| वोल्टेज आपूर्ति | 15 V |
| दबाव इंटरफ़ेस | 1/8 इंच बाहरी व्यास के पाइप के लिए swagelok इंटरफ़ेस |
| माउंटिंग इंटरफ़ेस | UNC 4-40 2B थ्रेड, 4 Nos |

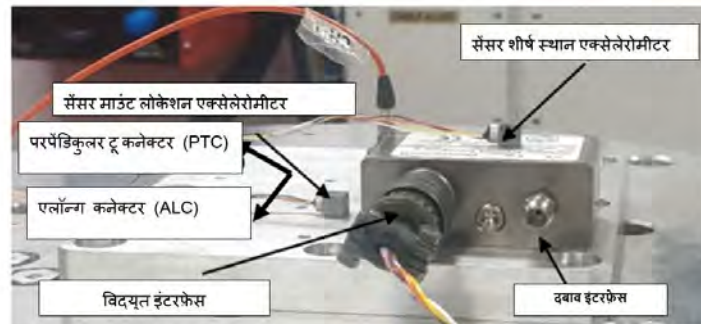
ध्वनिक प्रेरित यादृच्छिक उत्तेजना के तहत इसकी कारीगरी के लिए डिजाइन क्षमता और घटक की स्क्रीनिंग को सत्यापित करने के लिए किया जाता है। लॉन्च के दौरान यादृच्छिक कंपन के कारण प्रमुखता, वाहन लिफ्ट-ऑफ पर जेट शोर और लॉन्च वाहन के ट्रांसोनिक/पीक गतिशील शासन पर वायुगतिकीय शोर हैं, जहां Mach संख्या 0.8 से 1.2 के बीच होता है। उड़ान के दौरान उच्च आवृत्ति क्षणिक वातावरण का सामना करने के लिए घटक की डिजाइन क्षमता को प्रदर्शित करने के लिए क्लासिकल शॉक या SRS (शॉक रिस्पॉन्स स्पेक्ट्रम) परीक्षण किया जाता है। शॉक ट्रांज़िएंट, अचानक लागू होने या लॉन्च के दौरान परिनियोजन, पृथक्करण और प्रभाव की घटनाओं से जुड़े लोड की मुक्ति से उत्पन्न होते हैं। इस तरह की घटनाओं में अक्सर विस्फोटक उपकरण

का उपयोग होता है जिसके परिणामस्वरूप पायरो शॉक वातावरण उत्पन्न होता है। शॉक टेस्ट आम तौर पर घटकों की योग्यता के हिस्से के रूप में किया जाता है। सेंसर क्षमता का आकलन करने और सेंसर पर्यावरण विनिर्देशों पर पहुंचने के लिए पूर्ण सटीक बैरोमीटर पर आयोजित कंपन और शॉक परीक्षण का विवरण तालिका II और III में सूचीबद्ध है। शॉक टेस्ट के लिए 50 g, 10 ms एक पॉजिटिव और एक नेगेटिव पल्स लगाया जाता है।

परीक्षण व्यवस्था:

बैरोमीटर को एक इंटरफ़ेस प्लेट का उपयोग करके कंपन शेकर पर लगाया जाता है जिसे विशेष रूप से नीचे की ओर से PPT-2 सेंसर को माउंट करने की सुविधा के लिए डिज़ाइन किया गया है। सेंसर को माउंट करने के लिए 4 नंबर टाइटेनियम स्क्रू का इस्तेमाल किया गया है। इंटरफ़ेस प्लेट को 2000 Hz के भीतर कोई प्रवर्धन नहीं करने के लिए डिज़ाइन किया गया है। सेंसर को 15 VDC की विद्युत आपूर्ति से संचालित किया जाता है।

परीक्षण के दौरान सेंसर का प्रेशर पोर्ट खुला छोड़ दिया जाता है। सेंसर का एनालॉग आउटपुट 10 kHz की दर से कंपन टीम के साथ उपलब्ध समय डोमेन अधिग्रहण सेटअप के माध्यम से प्राप्त किया जाता है। चूंकि सेंसर आउटपुट मुख्य रूप से डिजिटल प्रकृति का होता है, जिसे डिजिटल से एनालॉग कनवर्टर का उपयोग करके आंतरिक रूप से एनालॉग में परिवर्तित किया जाता है, एनालॉग आउटपुट का स्वास्थ्य और प्रदर्शन परोक्ष रूप से डिजिटल डेटा के स्वास्थ्य और प्रदर्शन के बारे में बताता है। हाई सैंपलिंग डिजिटल डेटा एक्विजिशन सेटअप की अनुपलब्धता के कारण डिजिटल डेटा की निगरानी नहीं की जाती है, भले ही उड़ान में, डिजिटल डेटा का उपयोग किया जाएगा। नीचे चित्र 1 में दिखाए गए स्थानों में प्रतिक्रिया की निगरानी की गई थी। चित्र 2 में दिखाए गए अनुसार वास्तविक कंपन परीक्षण शुरू करने से पहले 0.5 g साइन अनुनाद सर्वेक्षण के लिए सेंसर माउंटिंग स्थान में कोई अतिरिक्त प्रतिक्रिया नहीं होने के कारण इंटरफ़ेस प्लेट को परीक्षण के लिए मंजूरी प्रदान की गयी।



चित्र 1: कंपन परीक्षण सेटअप

कंपन परीक्षण परिणाम:

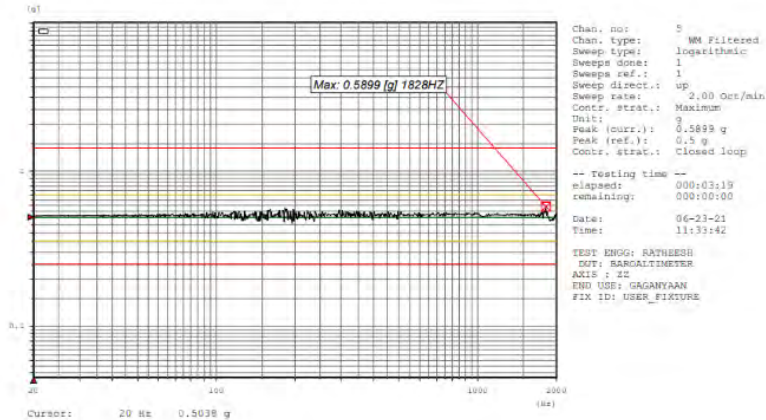
तालिका II और III में दिए गए प्रोफाइल के अनुसार निरपेक्ष सटीक बैरोमीटर 0.5 g पूर्व अनुनाद सर्वेक्षण, साइन कंपन, यादृच्छिक कंपन किया जाता है। कंपन और शॉक वातावरण में बैरोमीटर के प्रदर्शन का आकलन करने के लिए प्रत्येक अक्ष के साथ अलग से 0.5 g पोस्ट रेजोनेंस सर्वेक्षण किया गया है। 0.5 g फ्लैट इनपुट के लिए सेंसर शीर्ष प्रतिक्रिया सपाट है, यह दर्शाता है कि बैरोमीटर की प्रतिक्रिया में कोई प्रवर्धन नहीं है जैसा कि चित्र 2-3 में दिखाया गया है।

तालिका II: साइन कंपन स्तर

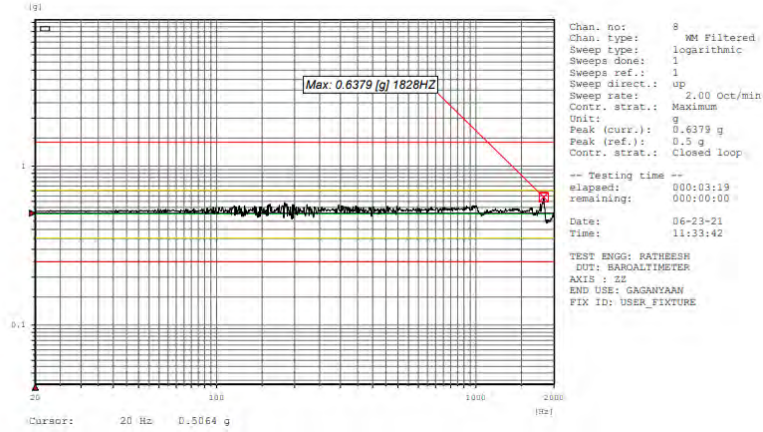
| एक्सिस | आवृत्ति (Hz) | कंपन स्तर | टिप्पणियां |
|---------------------|--------------|-----------|---------------|
| जोर अक्ष | 10-16 | 12.4 mm | 2 अष्टक / मिन |
| | 16-70 | 20g | |
| | 70-100 | 10g | |
| पार्श्व (ALC & PTC) | 5-18 | 11.5 mm | 2 अष्टक / मिन |
| | 18-70 | 15g | |
| | 70-100 | 8g | |

तालिका III: यादृच्छिक कंपन स्तर

| एक्सिस | आवृत्ति (Hz) | कंपन स्तर | टिप्पणियां |
|---------------------|--------------|-----------|-----------------|
| जोर अक्ष | 20-100 | +3dB/oct | 19.1 grms, 120s |
| | 100-700 | 0.33 | |
| | 700-2000 | -6dB/oct | |
| पार्श्व (ALC & PTC) | 20-100 | +3dB/oct | 11.8 grms, 120s |
| | 100-700 | 0.1 | |
| | 700-2000 | -3dB/oct | |



चित्र 2: 0.5 g फ्लैट इनपुट के लिए फिक्चर प्रतिक्रिया



चित्र 3: 0.5 g फ्लैट इनपुट के लिए सेंसर टॉप पिक अप प्रतिक्रिया

एक बार जब यादृच्छिक कंपन के दौरान समतुल्य साइन लोड 20 g को पार कर जाता है, तो दबाव प्रतिक्रिया माध्य के बारे में भिन्न होती है और भिन्नता का परिमाण सेंसर सटीकता विनिर्देश से परे होता है। थ्रस्ट एक्सिस के साथ 19.1 grms के पूर्ण स्तर के यादृच्छिक कंपन के लिए, समतुल्य साइन लोड लगभग 60 g है जिसमें भिन्नता लगभग ± 3 mbar है। यह कंपन और सेंसर डायफ्राम त्वरण संवेदनशीलता के कारण वायु स्तंभ आंदोलन के लिए जिम्मेदार ठहराया जा सकता है, जिसका दबाव पढ़ने पर योगदान नगण्य है जैसा कि बर्नौली के समीकरण का उपयोग करके गणना की जाती है।

प्रयोगात्मक रूप से प्राप्त समतुल्य ज्या भार $\approx 60g$

टेबल मूवमेंट का वेग $v = 600 / (2 * 3.14 * 100) \approx 1$ m/s

आदर्श गैस और कमरे की मानक स्थितियों को ध्यान में रखते हुए, हवा का घनत्व

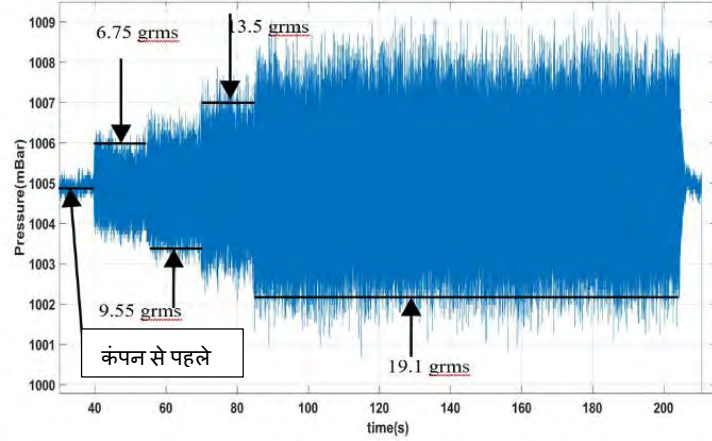
$$\rho = P/RT = 1.013 \times 10^3 / (287 * 298) = 1.2 \text{ kg/m}^3$$

बर्नौलिस समीकरण का उपयोग करते हुए,

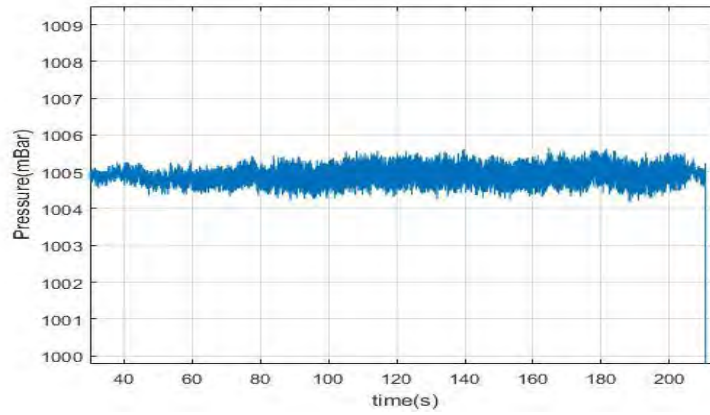
$$\Delta P = 0.5 * \rho * v^2 = 0.5 * 1.2 * 1^2 = 0.6 \text{ Pa} = 0.006 \text{ mbar}$$

इसके अलावा, परीक्षण डेटा के आधार पर यह आकलन किया जा सकता है कि 20g से अधिक इनपुट त्वरण सेंसर सटीकता सीमा से परे डायफ्राम विक्षेपण की ओर जाता है जो त्वरण संवेदनशील त्रुटि के रूप में प्रकट होता है। थ्रस्ट अक्ष के साथ संगत अधिकतम यादृच्छिक भार लगभग 6.77grms हो सकता है। चूंकि बैरोमीटर डेटा का उपयोग वास्तविक उड़ान में 8 ms औसत के साथ किया जाएगा, 8 ms चलती औसत, दबाव डेटा पर लागू होती है और यह भिन्नता ± 1 mbar की सटीकता आवश्यकता के भीतर अच्छी तरह से पाई जाती है जैसा कि चित्र 4-5 में दिखाया गया है। बैरोमीटर एनालॉग की विविधता कंपन के दौरान समय डोमेन त्वरण शिखर

के साथ आउटपुट तालिका IV में दिखाया गया है। बैरोमीटर का प्रदर्शन वाइब्रेटरी वातावरण के दौरान और उसके पार आवश्यकता के भीतर है।



चित्र 4: विभिन्न यादृच्छिक कंपन स्तर के लिए बैरोमीटर प्रतिक्रिया



चित्र 5: 8 ms चलती औसत के साथ बैरोमीटर प्रतिक्रिया

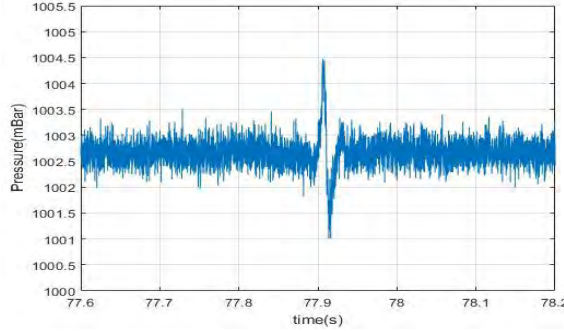
तालिका IV: कंपन परीक्षण के लिए समय डोमेन सेंसर प्रतिक्रिया और पिकअप प्रतिक्रिया

| परीक्षण | अनालॉग डेटा (mbar) | | | समय डोमेन त्वरण शिखर |
|----------------------------------|--------------------|--------------------------------------------|--------------|----------------------|
| | परिवर्तन (3 सिगमा) | परिवर्तन (3 सिगमा) 8 ms चलती औसत के साथ | प्री - पोस्ट | |
| जोर अक्ष साइन, 20g | ± 1 | - | 0.25 | 20g |
| जोर अक्ष यादृच्छिक, 19.1 grms | ± 3 | ± 0.5 | 0.1 | 60g |
| पार्श्व PTC साइन 15g | ± 0.5 | - | 0 | 15g |
| पार्श्व PTC यादृच्छिक, 11.8 grms | ± 0.5 | - | 0.05 | 32g |
| पार्श्व ALC साइन 15g | ± 0.5 | - | 0.25 | 15g |
| पार्श्व ALC यादृच्छिक 11.8 grms | ± 0.5 | - | 0.05 | 32g |

शॉक परीक्षा परिणाम:

शॉक लोडिंग के दौरान बैरोमीटर के प्रदर्शन का आकलन करने के लिए सटीक बैरोमीटर को 50 g, 10 ms हाफ साइन शॉक (एक सकारात्मक पल्स और एक नकारात्मक पल्स) के अधीन किया जाता है। चित्र 6 से पता चलता है कि शॉक टेस्ट के दौरान भी, सेंसर की प्रतिक्रिया औसत

दबाव से भिन्न होती है जैसा कि यादृच्छिक कंपन के दौरान देखा गया था। हालांकि, सभी शॉक के माहौल में प्री-पोस्ट शून्य है। समय डोमेन त्वरण शिखर के साथ शॉक इनपुट के दौरान और पूर्व-पोस्ट बैरोमीटर एनालॉग आउटपुट तालिका V में दिखाया गया है।



चित्र 6: सकारात्मक और नकारात्मक शॉक पल्स के लिए बैरोमीटर प्रतिक्रिया

तालिका V: शॉक परीक्षण के लिए समय डोमेन सेंसर प्रतिक्रिया और पिकअप प्रतिक्रिया

| Test | अनालॉग डेटा (mbar) | | समय डोमेन त्वरण शिखर |
|-------------------------------------------------|--------------------|--------------|----------------------|
| | परिवर्तन | प्री - पोस्ट | |
| जोर अक्ष, शॉक 50g, 10 ms, सकारात्मक पल्स | ± 2 | 0 | 53g |
| जोर अक्ष, शॉक 50g, 10 ms, नकारात्मक पल्स | ± 1.5 | 0 | 59g |
| पार्श्व अक्ष PTC शॉक 50g, 10 ms, सकारात्मक पल्स | ± 0.5 | 0 | 54g |
| पार्श्व अक्ष PTC शॉक 50g, 10 ms, नकारात्मक पल्स | ± 0.5 | 0 | 49g |
| पार्श्व अक्ष ALC शॉक 50g, 10 ms, सकारात्मक पल्स | ± 0.5 | 0 | 54g |
| पार्श्व अक्ष ALC शॉक 50g, 10 ms, नकारात्मक पल्स | ± 0.5 | 0 | 49g |

निष्कर्ष:

एपेक्स कवर और डिकलेरेशन सिस्टम पैराशूट की तैनाती पर ऑन-बोर्ड रीयल टाइम निर्णय लेने के लिए पूर्ण सटीक बैरोमीटर का उपयोग उंचाई की जानकारी के द्वितीयक स्रोत के रूप में किया जाता है। सेंसर का कंपन और शॉक परीक्षण यह सुनिश्चित करने के लिए किया गया था कि पूर्ण सटीक बैरोमीटर उड़ान के आरोही और अवरोही चरण के दौरान अपेक्षित कंपन और शॉक वातावरण के दौरान और उसके दौरान संतोषजनक ढंग से प्रदर्शन करते हैं। तीनों अक्षों में सेंसर पर साइन, रैंडम वाइब्रेशन और शॉक टेस्ट किए गए। कंपन और शॉक टेस्ट के दौरान, सेंसर की प्रतिक्रिया लागू दबाव से अधिक पाई जाती है और त्वरण स्तर पर निर्भर होती है। जब भी समतुल्य ज्या त्वरण 20g से अधिक हो जाता है, तो भिन्नता ± 1 mbar से अधिक पाई जाती है। इसके आधार पर यह आकलन किया जा सकता है कि ± 1 mbar के भीतर भिन्नता के लिए, अधिकतम लागू समतुल्य साइन लोड 20g हो सकता है, इसी तरह थ्रस्ट अक्ष के साथ अधिकतम यादृच्छिक भार लगभग 6.77 grms हो सकता है। हालांकि, चूंकि उड़ान में 8 ms चलती औसत का उपयोग किया जाएगा, डेटा का विश्लेषण 8 ms चलती औसत के साथ किया गया था और भिन्नता ± 1 एमबार की सटीकता की आवश्यकता के भीतर अच्छी तरह से पाई गई थी। इन परिणामों से, यह निष्कर्ष निकाला जा सकता है कि पूर्ण सटीक बैरोमीटर उड़ान आवश्यकताओं को पूरा करता है।

आभार

यह इसरो जड़त्वीय प्रणाली इकाई के उन्नत जड़त्वीय सेंसर प्रभाग और पर्यावरण परीक्षण और सिमुलेशन प्रभाग का संयुक्त कार्य है। लेखक एआईएसडी की इलेक्ट्रॉनिक्स टीम, श्री वीनू राजकुमार सी, श्री राकेश कुमार एन को सेंसर हार्नेस और पावरिंग सेटअप की तैयारी में उनके समर्थन के लिए धन्यवाद देना चाहते हैं। लेखक श्री पॉल पांडियन एस डीडी, आरक्यूए, श्री हरिदास टीआर डीडी, एआईएस और डॉ सैम दयाला देव डी, निदेशक आईआईएसयू को प्रयोगात्मक विश्लेषण करने के लिए आवश्यक सहायता प्रदान करने के लिए धन्यवाद देना चाहते हैं।

संदर्भ

- [1] Mahendra Pratap, A.K.Agrawal, Swadesh Kumar, "Design and selection criterion of main parachute for Re-entry space payload", Defence Science Journal, Vol. 69, No.6, November, 2019.
- [2] Jhons Paul, Atin Aggarwal, Santhosh J Nalluveetil, Purshothaman P, Premdas M, "Design development and flight performances of deacceleration systems", Current Science, Vol. 120, No.1, January 2021.
- [3] Denise L. Brown, Jean-Philippe Munoz, "Determination of Barometric Altimeter Errors for the Orion Exploration Flight Test-1 Entry", American Institute of Aeronautics and Astronautics, <https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=20120012825>.
- [4] Andrew Barth, Harvey Mamich, Brian Hoelscher, "Post-flight analysis of the guidance, navigation and control performance during orion exploration flight test 1", American Institute of Aeronautics and Astronautics, AAS15-134, <https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=20150001919>
- [5] M. Jayakumar, N. Shyam Mohan, S. B. Vidya, K. C. Finitha, A. K. Abdul Samad, Shashi Krishna, Aisha Sidhick and M.V. Narasimha Prasad, "Vibration Testing of Absolute Pressure Sensor for a Flush Air Data System (FADS)", IETE Journal of Research.
- [6] Girard A., Moreau D., "Derrivation of Satellite Equipment Test Specifications from vibration and acoustic test data", ESA Journal, Vol.10,1986.3
- [7] Pearl E, Peaterson A, Welch J, Do T, "Environmental testing for launch vehicle and space vehicle crosslink, The aerospace corporation magazine for advances in aerospace technology", FI12005.02.
- [8] Sasi M N, "A reference atmosphere for the Indian equatorial zone", Indian Journal of radio and space physics, vol. 23, oct 1994.
- [9] N. Remesh, M. Jayakumar, K. C. Finitha, A. Kumar, N. S. Mohan, and S. Swaminathan, "Pressure measurement sensitivity studies on a reusable launch vehicle (RLV) flush Air data sensing system(FADS)," Proceedings of national conference on space transportation systems, opportunities and challenges[STS 2011].

लेखक परिचय

श्री हर्षित कुमार गुप्ता, आई. एस. जी./ए. आई. एस प्रभाग में वैज्ञानिक/इंजीनियर-एस डी के पद पर कार्यरत हैं। इन्होंने मार्च 2015 में वैज्ञानिक/इंजीनियर-एस सी के पद पर आइ आइ एस यु/



इसरो में कार्यभार ग्रहण किया। ये भारतीय सूचना प्रौद्योगिकी, अभिकल्पन एवं विनिर्माण संस्थान (IIIT-DM) जबलपुर से यांत्रिकी अभियांत्रिकी में बी टेक हैं। इन्होंने IIT कानपुर से थर्मल अभियांत्रिकी में कनिष्ठ अनुसंधान फेलो के रूप में भी कार्य किया है। वर्तमान में ये स्पर्शनीय त्वरणमापी, गगनयान के लिए डिजिटल त्वरणमापी, स्मार्ट लेज़र कोणमापी, बैरो तुंगतामापी को विकसित कर रहे हैं। इसके इलावा तनु फिल्म विलेपन, MEMS डिजाइन एवं विनिर्माण, इलेक्ट्रॉनिक एवं सेंसर पैकेज का समाकलन, प्रक्षेपण यान एवं अंतरिक्षयान के लिए त्वरणमापक का उत्पादन तथा सेंसर पैकेजों के लिए तापीय प्रबंधन जैसे विषय इनके प्रमुख रुचिकर क्षेत्रों में शामिल हैं।

प्रतिबिम्बन प्रदायभार के विद्युतीय प्रकाशी मॉड्यूल की संरचनात्मक अभिकल्पना की तकनीकी चुनौतियां एवं भावी संदर्श

सोनाली जान

इन्जीनीयर 'एसएफ.एल. सी. एस. डी./ सी. एम. एस. ई.

सारांश

बोस्टन शहर के सर्वप्रथम दृश्य से लेकर ब्लैक होल के चौंका देने वाले चित्र, मानव की अज्ञात से परे जाने की जिज्ञासा का ही परिणाम है। सुदूर संवेदन ने सामाजिक, व्यावसायिक एवं अनुसंधान के अनुप्रयोगों का मार्ग प्रशस्त कर दिया है। इसी संदर्भ में, उपग्रहों के विद्युतीय प्रकाशी मॉड्यूल, दर्शन, अभिलेखन एवं आंकड़ों को पृथ्वी पर भेजने के लिए आवश्यक है। सुदूर संवेदन क्षमता के कारण ये मौसम एवं समुद्र विज्ञान, कृषि, वानिकी, जैव विविधता संरक्षण, मानचित्रकला, भूविज्ञान, स्थानीय योजना एवं शिक्षा के विस्तृत अनुप्रयोगों में काम में लाये जाते हैं।

विद्युतीय प्रकाशी मॉड्यूल, दर्पणों, लेंसों, एलेक्ट्रॉनिकी, संवेदनों इत्यादि का एक समुच्चय होता है। इससे प्रतिबिम्बन के लिए विभेदन, स्पेक्ट्रमी परास एवं प्रमार्ज विस्तार का अधिग्रहण किया जाता है। विद्युतीय प्रकाशी मॉड्यूल की संरचना कि आवश्यकताएँ अत्यधिक कठोर एवं चुनौतीपूर्ण हैं। इसमें नमी, ताप एवं समुच्चय व्यवरोध के कारण दो दर्पणों के मध्य की विकृति शामिल है। ऐसी संरचना कि अभिकल्पना एवं विकास में सहायता को कठोरता से पालन करना होता है।

इस लेख में प्रतिबिम्बन प्रदायभार के विद्युतीय प्रकाशी मॉड्यूल की संरचनात्मक अभिकल्पना की तकनीकी चुनौतियां एवं भावी संदर्श को दर्शाया गया है।

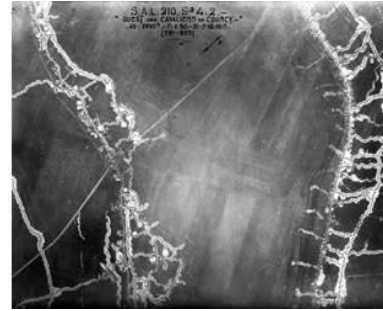
1. परिचय:

उपग्रहों के चित्रों का उपयोग कई क्षेत्रों में किया जाता है। इन्हें मौसम एवं समुद्र विज्ञान, कृषि, वानिकी, मत्स्यन, जैव विविधता संरक्षण, मानचित्रकला, भूविज्ञान, स्थानीय योजना, शिक्षा एवं युद्ध के अनुप्रयोगों में उपयोग किया जाता है। सुदूर संवेदन के लिए कैमरों एवं उनका उपयोग हवाई फोटोग्राफी करने के लिए सबसे सरल एवं सबसे पुराना संवेदक माना जाता है। जेम्स वैलेस ने सर्वप्रथम 1860 में बोस्टन शहर की गुब्बारे से बंधे कैमरों के द्वारा तस्वीर ली थी। इस हवाई फोटोग्राफ को चित्र 01 में दर्शाया गया है। [1]



चित्र 1. बोस्टन शहर का प्रथम हवाई फोटोग्राफ

उस समय चित्र लेने के लिए गरम हवा के गुब्बारों के अतिरिक्त पतंगों, कबूतरों एवं राकेटों से कैमरों को बांधा जाता था। अल्फ्रेड नोबल ने 1897 में कैमरा आरोपित राकेट से सर्वप्रथम हवाई फोटोग्राफी की थी। इस तस्वीर को चित्र 02 में दर्शाया गया है। विलबुर राइट ने 1909 में सर्वप्रथम हवाई जहाज से फोटोग्राफी की थी। 1916 की ट्रेचों की तस्वीर को चित्र 03 में दर्शाया गया है।[2]

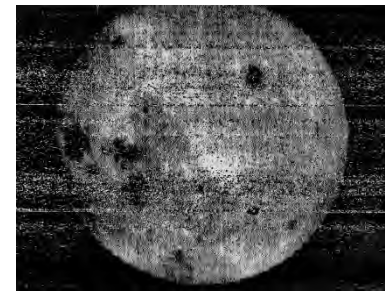
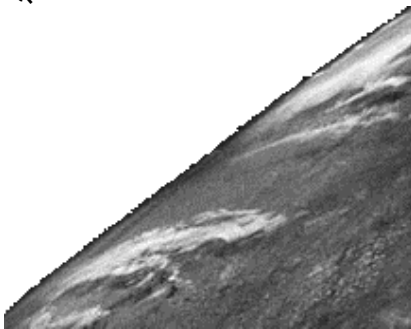


चित्र 2: राकेट से ली गयी तस्वीर

चित्र 3. हवाई जहाज से ली गयी तस्वीर

अन्तरिक्ष से सर्वप्रथम उपकक्षीय राकेट के द्वारा फोटोग्राफी को चित्र 04 में दर्शाया गया है [1]।

लूना 03 से चाँद के फार साइड को चित्र 05 में दर्शाया गया है।[3]



चित्र 4: पृथ्वी का पहला उपग्रह से लिया गया बिम्ब

चित्र 5. चाँद का प्रथम चित्र

भारत की उपग्रह प्रतिबिम्बन में खोज 1970 में शुरू हुई थी। इसमें बहूस्पेक्ट्रमी कैमरा आरोपित हेलीकॉप्टर के माध्यम से नारियल के पेड़ों की जड़ों में शिथिलन रोग का पता लगाया गया था। भारत का सुदूर संवेदन कार्यक्रम 1988 में IRS-1A से शुरू हुआ। IRS 1A उपग्रह का प्रथम बिम्ब चित्र 06 में दर्शाया गया है। इसके पश्चात भारत ने स्वदेशी रूप से भारतीय सुदूर संवेदन उपग्रह कार्यक्रम का विकास किया जो की अर्थव्यवस्था में सहायक रही। इस कार्यक्रम के माध्यम से उन क्षेत्रों में जैसे कि कृषि, जल संसाधन, वानिकी, भूविज्ञान, समुद्री मात्स्यिकी, तटिय प्रबंधन, उत्पाद आकलन, सूखे की चेतावनी, बाढ़ नियंत्रण एवं क्षतिनिर्धारण, कृषि जलवायु योजना, भूमिगत जल अन्वेषण एवं खनिज पूर्वक्षण वन संसाधन सर्वेक्षणमें बहुत लाभ हुआ।



चित्र 6. IRS 1A के द्वारा लिया गया प्रथम बिम्ब

भारत ने कई सुदूर संवेदन के उपग्रहों का प्रक्षेपण किया है जैसे कि RESOURCESAT, OCEANSAT, CARTOSAT-2, CARTOSAT-3, CHANDRAYAN, HYSIS। इन प्रकाशी प्रदायभार के सहायक संरचना कि अभिकल्पना महत्वपूर्ण होती है और चित्रों कि गुणवत्ता को प्रभावित करती है। प्रकाशी प्रदायभार के सहायक संरचना कि अभिकल्पना से पहले प्रकाशी प्रदायभार के मापदंडों को अगले भाग में बताया गया है।

1.1 कैमरे के विभेदक के प्रकार

सुदूर संवेदन में उपयोग किए जाने वाले उपग्रह के प्रतिबिम्बन में चार तरह के विभेदक होते हैं [4]

- **स्थानिक**

विभेदक: यह एक छविके पिक्सेल आकार के रूप में परिभाषित किया गया है जो सतह के क्षेत्र के आकार का प्रतिनिधित्व करता है, जिसे सेंसर के दृश्य के तत्काल क्षेत्र द्वारा निर्धारित किया जाता है।

- **स्पेक्ट्रमी विभेदक** : यह तरंगदैर्घ्य अंतराल के आकार और अंतराल की संख्या से परिभाषित होता है जिसे सेंसर मापता है।

- **कालिक विभेदन** : यह उस समय की मात्रा से परिभाषित होता है जो किसी दिए गए सतह स्थान के लिए प्रतिबिम्बन संग्रह अवधि के बीच गुजरता है।
- **विकिरणमापीय विभेदन** : इसे एक प्रतिबिम्बन प्रणाली की क्षमता के रूप में परिभाषित किया गया है जो चमक के कई स्तरों और सेंसर की प्रभावी बिट-गहराई को रिकॉर्ड करता है और इसे आमतौर पर 8-बिट, 11-बिट, 12-बिट या 16-बिट के रूप में व्यक्त किया जाता है।

उपरोक्त विभेदन को प्राप्त करने के लिए प्रकाशी प्रणाली में विशेष व्यवस्था की आवश्यकता होती है। कोई भी प्रदायभार निम्नलिखित विनिर्देश से परिभाषित होता है।[5]

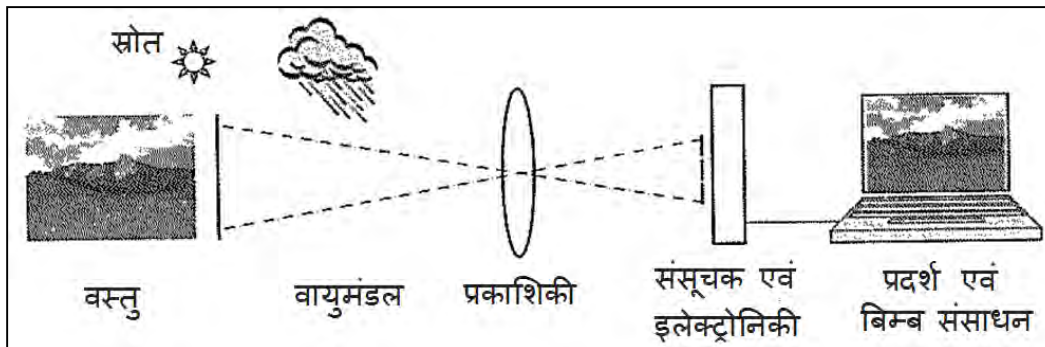
टैबल-01: प्रदायभार के विनिर्देश

| Parameter, Mission | TES | CartoSat-2, -2A, -2B | CartoSat-2C, -2D, -2E | | CartoSat-3, -3A, -3B | | |
|-------------------------|----------|----------------------|-----------------------|-----------|----------------------|-----------|---------|
| Sensor name | PAN | PAN | PAN | MX | PAN | MX | HySI |
| Spectral range (µm) | 0.5-0.85 | 0.5-0.85 | 0.45-0.90 | 0.45-0.86 | 0.45-0.90 | 0.45-0.86 | 0.4-2.5 |
| Channels (bands) | 1 | 1 | 1 | 4 | 1 | 4 | >200 |
| Resolution (m) | 1 | 0.8 | 0.65 | 2 | 0.25 | 1 | 12 |
| Swath width (km) | 16 | 10 | 10 | 10 | 16 | 16 | 5 |
| Data quantization (bit) | 7 | 10 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 |

भारत के द्वारा निर्मित भू प्रेक्षण कैमरों जो कि विभिन्न उपग्रहों में उपयोग होता है, वे इस प्रकार हैं:

1. भूमि एवं जल के लिए : RESOURCESAT, RISAT 1, GISAT
2. मानचित्रकला के लिए : CARTOSAT 2/3 ,RISAT 1
3. वायुमंडल एवं समुद्र के लिए : INSAT 3D, OCEANSAT, KALPANA, MEGATROPIQUES, YOUTHSAT, SARAL
4. ग्रहीय एवं अन्तरिक्ष अन्वेषण : CHANDRAYAN, ADITYA, MOM

कैमरा एक प्रतिबिम्बित है जिसमें दृश्य को बनाने के लिए लेंस प्रकाश को संसूचक के व्यूह में फोकस करते हैं। चित्र 07 में एक प्रतिबिम्बनके घटको के ढांचे को दर्शाया गया है।



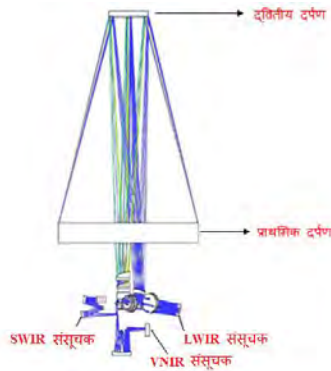
चित्र 7. प्रतिबिम्बन के घटको का ढांचा [4]

एक कैटाडाईऑप्टिक तंत्र, दर्पणों एवं लेंसों का संयोजन होता है। एक प्रकाशीय प्रदायभार के प्रारूप का किरण आरेख चित्र 08 में दिखाया गया है।

2. विद्युतीय प्रकाशी माँड्यूल की अभिकल्पना

किसी भी प्रकाशी प्रदायभार की संरचना की अभिकल्पना उसके विनिर्देश के आधार पर होती है। इसमें भार, दुर्नम्यता एवं स्थायित्व की आवश्यकताएँ, द्रव्यमान, अंतरापृष्ठ के निर्देशांक एवं कोडांतरण के व्यवरोध शामिल हैं। विनिर्देश का एक प्रारूप टैबल-02 में इस प्रकार है।

| टैबल-02: भार के विनिर्देश | | |
|------------------------------------|---------------------|------------------|
| S.no. | भार का प्रकार | विनिर्देश |
| 1 | तापीय विभिन्नता | 21±3°C |
| 2 | गुरुत्व मोचन | 1g to 0g |
| 3 | कोडांतरण भार | 100µm |
| 4 | स्थैतिक भार | 10gX, 10gY, 15gZ |
| स्थायित्वके विनिर्देश | | |
| 5 | दर्पणों का पृथक्करण | <2µ |
| 6 | समानांतरण | 5 arc second |
| 7 | संकेंद्रीकरण | 10 µ |
| 8 | समतलता | 0.02 mm |
| आवृत्ति एवं द्रव्यमान के विनिर्देश | | |
| 9 | आवृत्ति | >100Hz |
| 10 | द्रव्यमान | < 80 Kg |



चित्र 08. एक प्रकाशीय प्रदायभार के प्रारूप का किरण आरेख

विद्युतीय प्रकाशी मॉड्यूल के निर्माण की व्यापक किस्में हैं। पारंपरिक तौर पर प्राथमिक एवं द्वितीय दर्पणों में एक समान दूरी बनाए रखने के लिए सिलिंडर एवं नलिका संरचना का प्रयोग होता है। विद्युतीय प्रकाशी मॉड्यूल संरचना के विन्यास के सिलिंडर एवं प्रकाशीय बैंच के एक प्रारूप को चित्र 09 में दर्शाया गया है। अगले अनुभाग में इसी संरचना के बारे में बताया गया है। [6]



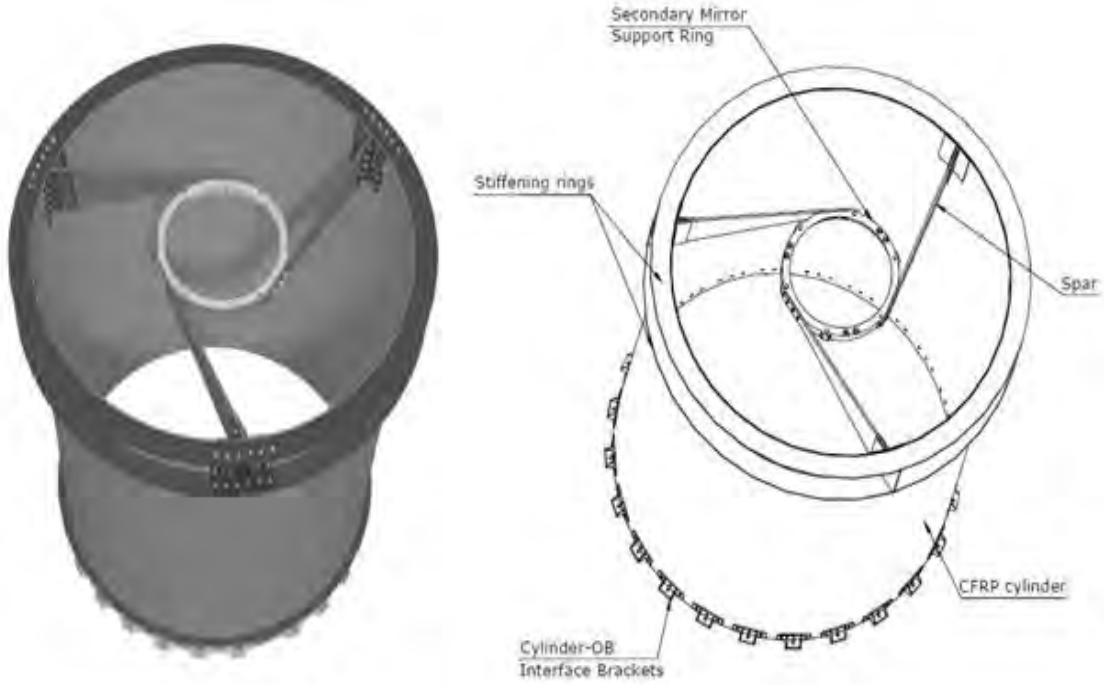
चित्र 09. विद्युतीय प्रकाशी मॉड्यूल संरचना का विन्यास

विद्युतीय प्रकाशी मॉड्यूल के विन्यास में निम्नलिखित संरचनाएं हैं।

1. सिलिंडर उप-सम्मुच्य
2. प्रकाशिए बैंच उप-सम्मुच्य
3. नलिका उप-सम्मुच्य

2.1 सिलिंडर उप-सम्मुच्य

सिलिंडर का प्रयोग प्राथमिक एवं द्वितीय दर्पणों के मध्य एक समान दूरी बनाए रखने के लिए किया जाता है। सिलिंडर कि एक तरफ द्वितीयक रिंग, स्पार के द्वारा जुड़ा होता है और दूसरी तरफ अंतराप्रष्टके ब्रैकेट जुड़े होते हैं। सिलिंडर के संरचना को चित्र 10 में दर्शाया गया है।



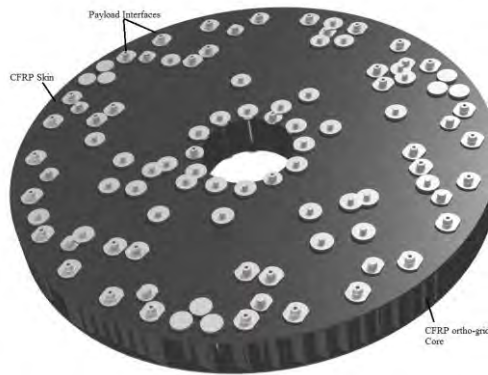
चित्र 10. सिलिंडर उप-सम्मुख्य कि संरचना

सिलिंडर का मुख्य उद्देश्य यह है कि वह द्वीतिदर्पण को अपेक्षित फोकस दूरी पर सहायक पटलन के द्वारा आधार दे सके। द्वीतिदर्पण, एक धात्विक रिंग के ऊपर आरोहित होता है। यह रिंग पुनः सहायक पटलन के द्वारा सिलिंडर से जोड़ा जाता है। सहायक पटलन को L क्लिपों की सहायता से सिलिंडर से आबन्ध एवं बोल्ट किया जाता है। सिलिंडर को 2 CFRP रिंगों की सहायता से स्टीफेन किया जाता है। अभिकल्पना के प्राचल इसप्रकार है:

| क्रम संख्या | घटक | मोटाई | पदार्थ |
|-------------|---------------|-------|--------------------------------------------------|
| 1 | सिलिंडर | 2 mm | कार्बन तन्तु प्रबलित बहुलक (समदैशिक कल्प सम्मित) |
| 2 | सहायक पटलन | 4 mm | |
| 3 | L क्लिप | 2 mm | |
| 4 | स्टीफेन रिंग | 3 mm | धात्विक |
| 5 | दर्पण का रिंग | 25 mm | |
| 6 | ब्रैकेट | 5 mm | |

2.2. प्रकाशिए बेंच उप-सम्मुच्य

कैमेरा के सभी उप-प्रणालियाँ जैसे कि सिलिंडर उप-सम्मुच्य, एक गोलाकार चपटी प्लेट के ऊपर आधारित होती है। इसे प्रकाशिय बेंच कहा जाता है। इसका व्यास लगभग 800 mm है। इस गोलाकार चपटी प्लेट कि अभिकल्पना कार्बन तन्तु प्रबलित बहूलक (CFRP) के सैंडविच निर्माण से की जाती है। सैंडविच में INVAR पदार्थ के इन्सर्ट्स तैयार किया जाता है। यह सारे इन्सर्ट्सउन जगहों पर लगाएँ जाते हैं जहां कि वे किसी प्रकाशीय प्रदायभार के अंतराप्रष्ट से जुड़े होते हैं। एक प्रकाशिय बेंच को चित्र 11 में दर्शाया गया है।

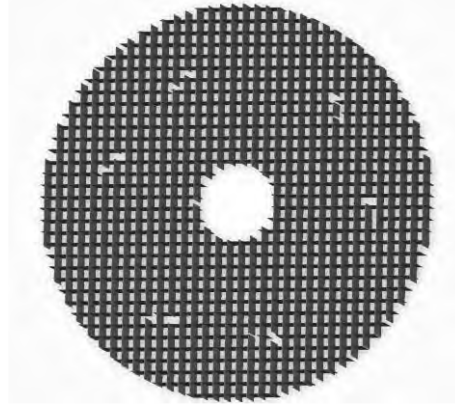


चित्र 11. प्रकाशिय बेंच उप-सम्मुच्य कि संरचना

विभिन्न क्रांतिक अंतराप्रष्टको प्रकाशीय बेंच के दोनो ओर से आरोपित करने कि सुविधा होती है। इन क्रांतिक अंतराप्रष्टोका तापीय स्थायित्व अत्यधिक महत्त्वपूर्ण होता है और इसी कारणवश प्रकाशिय बेंच के कोर के पदार्थ को कार्बन तन्तु प्रबलित बहूलक से बनाया जाता है। कोर के निर्माण के एक चरण को चित्र 12 में दर्शाया गया है। इस पूरे सैंडविच की अभिकल्पना इस प्रकार की गयी है कि इसका तापीय प्रसार गुणक कोर एवं स्किन के लिए समान हो।

2.3 नलिका उप- सम्मुच्य

अन्तरिक्ष यान में विद्धुतीय प्रकाशी मॉड्यूल को नलिका उप- सम्मुच्य के द्वारा आरोपित किया जाता है। इस नलिका उप- सम्मुच्य को चित्र 13 में दर्शाया गया है। इसका एक सिरा प्रकाशीय बेंच से जुड़ा होता है और दूसरा सिरा अन्तरिक्ष यान के डेक से जुड़ा होता है। इसमें कुल 6 नलिकाओं एवं 3 ब्रैकटों का प्रयोग किया गया है। ब्रैकटों का निर्माण टाईटेनिअम पदार्थ से किया जाता है जो कि लचीले अवयव पर आरोपित होता है। लचीले पदार्थ का उपयोग इसलिए किया जाता है जिससे कि नलिकाओं में बंकन लोड न उत्पन्न हो।



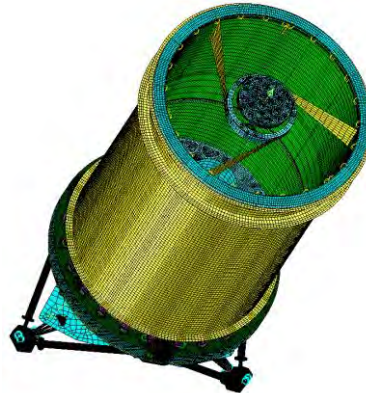
चित्र 12. सैंडविच का कोर



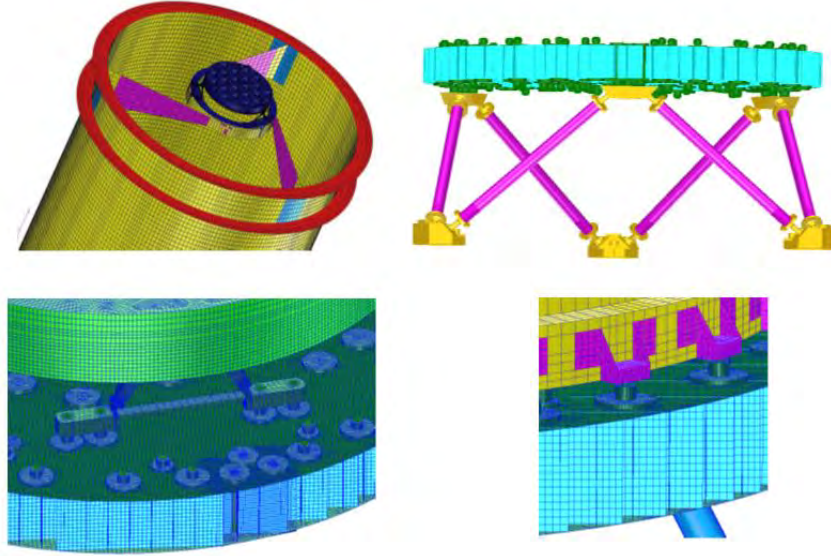
चित्र 13. नलिका उप-सम्मुच्य की संरचना

3।परिमित अवयव एवं विश्लेषण:

मानक परिमित अवयव की कार्यविधि जैसे कि परिमित अवयव मोडलिंग, जांच एवं विश्लेषण को संचालित किया गया है। विद्युतीय प्रकाशी मॉड्यूल की संरचना का परिमित अवयवचित्र 14 में दर्शाया गया है। अन्य भागों के परिमित अवयवचित्र 15 में दर्शाएँ गए हैं।



चित्र 14. विद्युतीय प्रकाशी मॉड्यूल की संरचना का परिमित अवयव मोडेल

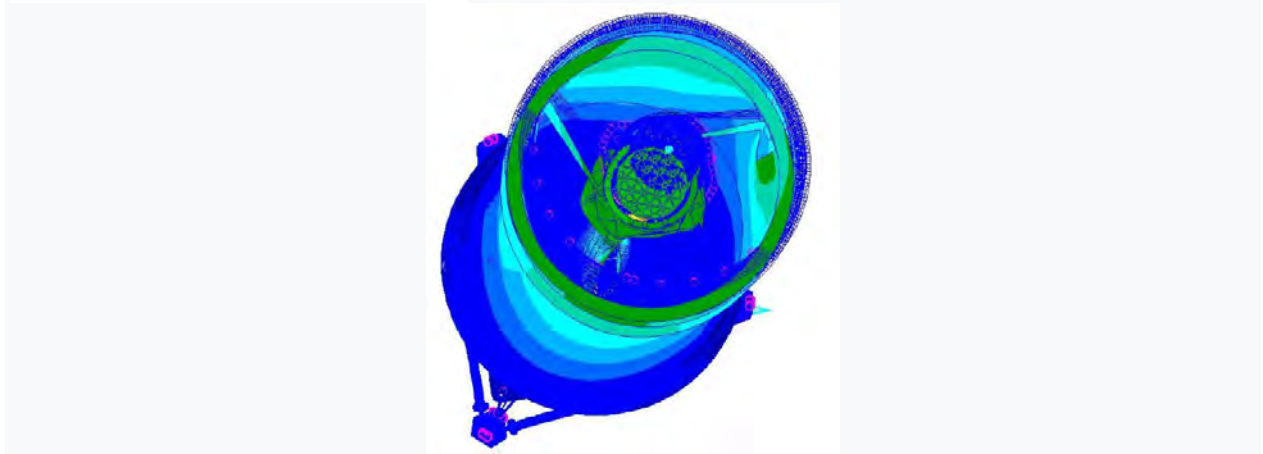


चित्र 15. विभिन्न उप-समुच्चयों का परिमित अवयव मोडल

परिमित अवयव सॉफ्टवेयर, NASTRAN के द्वारा विद्युतीय प्रकाशी मॉड्यूल का संरचनात्मक विश्लेषण किया गया है। त्रिविमीय मोडल एवं परिमित अवयव जाल को CATIA/PATRAN /HYPERMESH में बनाया गया है। मोडलिंग में दोनों ही क्वचिय एवं ठोस अवयवों का प्रयोग लिया गया है। बहुबिंदु व्यवरोध के द्वारा बोल्टों को मोडल किया गया है।

3.1 परिमित अवयव विश्लेषण के परिणाम:

विद्युतीय प्रकाशी मॉड्यूल कि संरचना के प्रथम कुछ प्राकृतिक आवृत्ति को निर्धारित करने के लिए मुक्त कंपन विश्लेषणको संचालित किया गया। तृतीय विधा 135 हर्ट्ज कि वैश्विक विधा है। इसे चित्र 16 में दर्शाया गया है।



चित्र 16. विद्युतीय प्रकाशी मॉड्यूल कि संरचना की वैश्विक विधा

पृथ्वी के 1g के गुरुत्व मोचन से लेकर अन्तरिक्ष के 0g का विद्धुतीय प्रकाशी मॉड्यूल की संरचना पर प्रभाव जानने के लिए स्थैतिक विश्लेषण किया गया है। अन्तरिक्ष के वातावरण में संरचना की विमीयता का स्थायित्व अत्यधिक महत्वपूर्ण होता है।

4. विद्धुतीय प्रकाशी मॉड्यूल की संरचना के निर्माण की प्रक्रिया

विद्धुतीय प्रकाशी मॉड्यूल की संरचना के निर्माण की प्रक्रिया के कुछ अंश चित्र 17 में दर्शाये गये हैं। सर्वप्रथम सिलिंडर का निर्माण किया जाता है। इसे एक मोल्ड के ऊपर आरोपित किया जाता है और फिर प्रठोसन के पश्चात निकाला जाता है। सिलिंडर बनने के पश्चात इसमें रिंग को आबन्ध किया जाता है। इसके एक ओर द्वितीयक रिंग को लगाया जाता है और दूसरी ओर धात्विक ब्रेकट आबन्ध किए जाते हैं। कोर को बनाने के लिए सर्वप्रथम पटलन बनाया जाता है और उचित आकार का काट लिया जाता है।

फिर उसमें रेखाछिद्र किया जाता है और उसका आबन्ध करके सम्मूच्य बनाया जाता है। इसके पश्चात सैंडविच किया जाता है। उचित स्थानों में छिद्र कर इन्सर्ट्स का आबन्ध किया जाता है। अब नलिका उप सम्मूच्य को बनाया जाता है। नलिकाओं को मोल्ड के द्वारा बनाया जाता है और और फिर प्रठोसन के पश्चात निकाला जाता है। नलिकाओं के दोनों सिरों में धातु की बनी हुई फिटिंग का आबन्ध किया जाता है। अब अब इन तीनों सम्मूच्यों को बोल्ट के द्वारा जोड़ा जाता है। निर्माण की हर अवस्था में NDT एवं विमीय निरीक्षण किया जाता है।

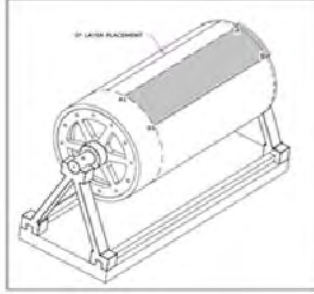
5. भावी संदर्श

भविष्य के लिए विद्धुतीय प्रकाशी मॉड्यूलकी संरचना में बहुत सुधार किए जाने के प्रस्ताव हैं। इनमें सबसे प्रचलित है विस्तरीय विद्धुतीय प्रकाशी मॉड्यूल संरचना जिसमें कि समेट कि अवस्था में ये संरचना बहुत ही कम क्षेत्रफल कि हो जाती हैं और प्रक्षेपण के पश्चात विस्तारित होकर अत्यधिक क्षेत्रफल हासिल कर लेती है। इस अनुभाग में इसी के बारे में चर्चा की गयी है।

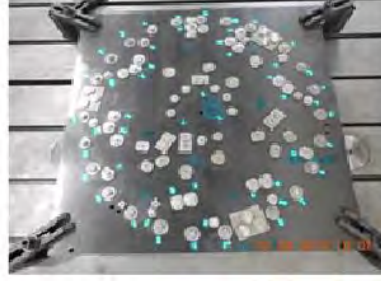
5.1. विस्तरीय टेलेस्कोपिक बैरल:

इस प्रकार की अभिकल्पना में विस्तरीय यंत्रावली का मुख्य उद्देश्य होता है समेटन की अवस्था में दूरी को बहुत अधिक छोटा करके विस्तारण की अवस्था में शुद्ध, पुनरावर्ती एवं कम आघात से प्रस्तारित हो। द्रव्यमान, दूरी घटाना, ऊष्मप्रत्यास्थता स्थायित्व, जटिलता,स्ट्रे प्रकाश प्रबंधन, लागत इत्यादि इनके मापदंड होते हैं। चित्र 18 में एक प्रारूप को दर्शाया गया है जिसमें कि 3 संकेंद्री कार्बन तन्तु के सिलिंडर हैं। इसमें यान कि तरफ सबसे छोटा एवं संकीर्ण एक बल्कहेड पर आरोपित होता है[7] । मध्य एवं ऊपरी सिलिंडर को प्रषेपण के पश्चात अग्रता स्कू, रिंग

गियर एवं मोटर के द्वारा विस्तारित किया जाता है। दूसरे प्रकार कि नलिका समुच्चय को भी चित्र 18 में दिखाया गया है।



सिलिंडर का आरोपण



प्रकाशीय बेंच के इन्सर्ट्स



नलिका समुच्चय



प्रकाशीय बेंच एवं नलिका समुच्चय



रिंग का आरोपण



प्रकाशीय मॉड्यूल की पूर्ण संरचना

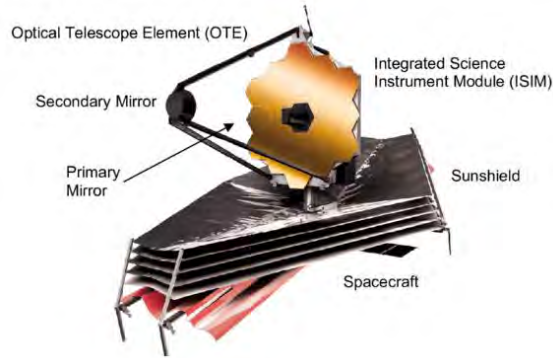
चित्र 17. विद्युतीय प्रकाशी मॉड्यूलिक संरचना के निर्माण की प्रक्रिया



चित्र 18. विभिन्न प्रकार के विस्तारित टेलिस्कोप के विन्यास

5.2 जेम्स वैब टेलिस्कोप

जेम्स वैब टेलिस्कोप एक अवरक्त टेलिस्कोप है और इसका मुख्य उद्देश्य बिग बेंग के गठन से प्रथम तारों एवं आकाशगंगाओं की खोज करना है। [8] इसके प्राथमिक दर्पण में 18 दर्पणों का समुच्चय लगा है। हर एक दर्पण का भार 40 Kg है। इसकी फोकल दूरी 131 मीटर है। इसमें एक सूर्य अवक्रम है जोकि इसे ठंडा रखता है। ये 13.5 अरब वर्षों के पूर्व का डेटा स्कैन करने की क्षमता रखता है। इसको चित्र 19 में दर्शाया गया है।



चित्र 19. जेम्स वैब टेलिस्कोप

5.3 कृत्रिम बुद्धिमत्ता के प्रयोग से छवि का विश्लेषण

आजकल कृत्रिम बुद्धिमत्ता के क्षेत्र में अत्यधिक उन्नति हुई है जिसके कारण छवियों के विश्लेषण में स्वायत्त एवं बड़े पैमाने पर प्रगति हुई है। कृत्रिम बुद्धिमत्ता का प्रयोग करके निम्नलिखित क्षेत्रों में कई उपलब्धियां हुई हैं [9]।

1. विभिन्न वर्णों के प्रकारों, विभिन्न मिट्टी और वनस्पति के प्रकारों आदि में विभेदन
2. गेहूं की फसल के आकार का आकलन एवं फलों के बागों के स्वास्थ्य की जानकारी

3. युद्धग्रस्त देशों में शरणार्थी के आवागमन की निगरानी
4. अमेज़ॉन में वनों की कटाई की निगरानी
5. दूषित सतह का पानी और रासायनिक अपवाह

6. उपसंहार सारांश:

इस लेख में प्रतिबिम्बन प्रदायभार के विद्युतीय प्रकाशी मॉड्यूल की संरचनात्मक अभिकल्पना की तकनीकी चुनौतियां एवं भावी संदर्श के बारे में बताया गया है। भारत के सुदूर संवेदन की झलकियाँ प्रस्तुत की गयी हैं। साथ ही एकविद्युतीय प्रकाशी मॉड्यूल की संरचना की अभिकल्पना, विश्लेषण एवं निर्माण की प्रक्रिया में प्रकाश डाला गया है। अंत में भावी संदर्श में विस्तरीय टेलिस्कोपिक बैरल, जेम्स वेब टेलिस्कोप एवं कृत्रिम बुद्धिमत्ता के बारे में भी उपरोक्त जानकारी प्रदान की गयी है।

7. संदर्भ

1. <https://papa.clubexpress.com>
2. Satellite imagery: Wikipedia
3. Luna 3. Wikipedia
4. Optical Systems Engineering by Kasumic. Keith J.
5. <https://directory.eportal.org>
6. Design and Analysis report of camera structure for GISAT. Report No.VSSC/CSSG/DR/304/370
7. <https://www.astrobio.net>
8. <https://www.harris.com>
9. Hemanth, D. Jude (Ed.), Springer, "Artificial Intelligence Techniques for Satellite Image Analysis"

लेखक परिचय -



सोनाली ज्ञान ने एरोस्पेस इंजीनियरिंग में स्नातकोत्तर की डिग्री प्राप्त की है। इन्हें प्रमोचन यान की संरचना की अभिकल्पना, विश्लेषण एवं संविरचन का अनुभव है। इन्होंने पीएसएलवी, जीएसएलवी, एटीवीपी एवं एचएसपी की संरचनाओं की अभिकल्पना में योगदान दिया है। वर्तमान में ये अंतरिक्ष यान की संरचना की अभिकल्पना से संविरचन तक के प्रक्रम में शामिल है। सौर पैनल एवं कैमेरा संरचना की अभिकल्पना में कार्यरत है। अनुसंधान के क्षेत्र में इन्होंने इष्टमतीकरण, विभाजन यान्त्रिकी एवं सम्मिश्र पदार्थ में विस्तरण में अध्ययन किया है। इनके 14 लेख राष्ट्रीय एवं अंतरराष्ट्रीय जर्नल एवं संगोष्ठियों में प्रस्तुत हुए हैं।

समानव मॉड्यूल के प्रणोदन प्रणाली के लिए राहत वाल्व की रचना

लेखन: मुकुल तिवारी, नरेंद्र कुमार, राम एस. एन., राजीव सेनन, श्रीनिवास राव सीएच.

शंभर्या के

द्रव नोदन प्रणाली केंद्र - बेंगलुरु

सारांश:

इस रचना पत्र का दायरा गगनयान परियोजना के लिए समानव मॉड्यूल के हाइड्रोजन पेरॉक्साइड-आधारित प्रणोदन प्रणाली में आवश्यक दबाव राहत वाल्व की आवश्यकता और रचना पर चर्चा करना है। यह राहत वाल्व, प्रणोद टंकी में आकस्मिक अतिरिक्त दबाव को स्वतः नियंत्रित करने में सक्षम है।

1.0 परिचय

वाल्व एक प्रकार का यांत्रिक उपकरण है जिसका उपयोग पाइप में तरल अथवा गैसीय प्रवाह को नियंत्रित और निर्देशित करने के लिए किया जाता है। दबाव राहत वाल्व का उपयोग सुरक्षा के उद्देश्य के लिए किया जाता है। इसलिए इस वाल्व को सुरक्षा वाल्व भी कहा जाता है। यह स्वतः संचालित वाल्व, दबाव के ज्यादा होने पर स्वतः खुल जाता है और प्रणाली के दबाव को बाहर निकाल देता है।

समानव मॉड्यूल प्रणोदन प्रणाली में हाइड्रोजन पेरॉक्साइड को एक प्रणोदक के रूप में उपयोग किया जा रहा है जो नाइट्रोजन गैस के दबाव द्वारा प्रणोदक कक्ष से दबाव के साथ रहता है। प्रणोदक और दबाव गैस (नाइट्रोजन गैस) को प्रणोदक टंकी में एक लचीले विभाजक द्वारा अलग किया जाता है। प्रणोदक टंकी का अधिकतम स्वीकार्य कार्य दबाव और प्रमाण दबाव क्रमशः 26 बार और 39 बार है। हाइड्रोजन पेरॉक्साइड में आत्म-पृथक्करण की प्रवृत्ति होती है, जिससे ऑक्सीजन उत्पन्न होती है। इससे उत्पन्न ऑक्सीजन टंकी के दबाव को बढ़ाती है और लचीले विभाजक के कारण, दबाव टंकी के प्रणोदक वाले कक्ष में समान दबाव का संचरण करता है। यदि उचित अंतराल पर बाहर नहीं निकाला गया तो यह अतिरिक्त दबाव सुरक्षा के लिए चिंता का कारण बन सकता है दबाव राहत वाल्व एक सुरक्षा उपकरण है जिसे दबाव वाले प्रणाली की सुरक्षा के लिए सृजित किया गया है। अधिक दबाव कि घटना वह घटना है जो किसी प्रणाली में निर्दिष्ट रचनात्मक दबाव या अधिकतम स्वीकार्य कामकाजी दबाव (कार्यकारी दबाव) से आगे बढ़ने के कारण बनती है।

वर्तमान समानव मॉड्यूल प्रणोदन प्रणाली के लिए, दबाव से राहत देने के लिए दबाव गैस (नाइट्रोजन गैस) की तरफ एक दबाव राहत वाल्व की परिकल्पना की गई है ताकि टंकी के दबाव को स्वीकार्य सीमा के भीतर बनाए रखा जा सके। यह विवरण प्रारंभिक रचना को प्रस्तुत करती है।

2.0 रचनात्मक विनिर्देश

| क्रम संख्या | भाग का नाम | मान |
|-------------|--------------------------|---------------------------|
| 1 | द्रव माध्यम | गैसीय नाइट्रोजन |
| 2 | कार्यकारी दबाव | 26 बार |
| 3 | प्रमाण दबाव | 39 बार |
| 4 | फटने का दबाव | 104 बार |
| 5 | पोपेट खुलने का दबाव | 29.6 बार |
| 6 | आंतरिक रिसाव (26 बार पर) | GHe का 1×10^{-5} |
| 7 | बाह्य रिसाव | GHe का 1×10^{-6} |
| 8 | कार्यकारी तापमान सीमा | -55 °C से 70 °C |
| 10 | द्रव्यमान | ~ 200 ग्राम |

3.0 विस्तृत रचना और गणना

3.1 वाल्व विवर

निर्दिष्ट प्रवाह को प्राप्त करने के लिए राहत वाल्व के लिए आवश्यक न्यूनतम प्रवाह क्षेत्र की गणना नीचे दिए गए एकल-आयामी संपीडित प्रवाह सूत्र का उपयोग करके की गई है:

$$A = w * \frac{\sqrt{k * R * T_1}}{P * k * \sqrt{\left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{k-1}}}}$$

जहाँ: A = न्यूनतम वाल्व प्रवाह क्षेत्र, P = दबाव

w = दाब का द्रव्यमान प्रवाह दर = 162.2 ग्राम/सेकंड

k = N₂ के लिए विशिष्ट ऊष्मा का अनुपात = 1.4

P = राहत देने वाला दबाव = कार्य दबाव + अतिरिक्त दबाव = 29.6 बारस

C_d = निर्वहन का गुणांक = 0.65

T = परम तापमान = 293 केल्विन

M = N₂ का आण्विक भार = 28 ग्राम/मोल

ऊपर के सूत्र से,

$$A = 15.35$$

मिली मीटर²

अतः विवर का न्यूनतम व्यास:

$$4.4 \text{ मिली मीटर}$$

3.2 सीलिंग विशेषता, सील व्यास और स्प्रिंग चयन

कठोर धातु की सीट पर पीटीएफई (Polytetra Fluoro Ethylene) की कोमल रिसाव रहित यांत्रिक संयोजन के लिए चुनी गयी है। पुरानी तकनीकी साहित्य को पढ़ने से यह देखा गया है कि PTFE के लिए रिसाव रहित सीलिंग प्रदान करने के लिए बैठने का संपर्क दबाव 30%

तन्य शक्ति से ज्यादा होना चाहिए। PTFE के लिए तन्य शक्ति 24 MPa होता है, इसलिए 7.4 MPa को बैठने के संपर्क दबाव के रूप में लिया गया है।

सील ID: d_1 मिली मीटर

सील OD: $d_2 = d_1 + 0.2$ मिली मीटर

सील तनाव: = 7.4 MPa

सीलिंग बल:

$$R = \sigma * PI *$$

$$\frac{(d_2^2 - d_1^2)}{4} \dots \dots \dots (अ)$$

यह सीलिंग बल 26 बार कार्यकारी दबाव पर टंकी के रिसाव रहित संयोजन के लिए आवश्यक दबाव 7.4 MPa के अनुरूप बल है।

इस वाल्व की रचना निम्नलिखित समीकरणों पर आधारित है:

स्थिति 1: पॉपेट पर एक तरफ से स्प्रिंग बल द्वारा कार्य किया जाता है और दूसरे तरफ संयुक्त रूप से सीलिंग बल और कार्यकारी दबाव बल कार्य करता है। अतः-

$$kx_1 = P_1 * A + R \dots \dots \dots (ब)$$

स्थिति 2: जैसे ही टंकी का दबाव कार्यकारी दबाव को पार करता है, सीलिंग बल भंजन दबाव पर बल से कम होना शुरू हो जाता है और शून्य हो जाता है। इस बिंदु पर रिसाव शुरू होता है। अतः-

$$kx_1 = P_c * A \dots \dots \dots (स)$$

स्थिति 3: यह एक सैद्धांतिक परिदृश्य है जहां राहत वाल्व पूरी तरह से खुला है (ऐसा नहीं होगा क्योंकि भंजन दबाव पर रिसाव शुरू होता है और आगे दबाव की अनुमति नहीं देगा)। अधिकतम वाल्व विस्थापन की स्थिति में अधिकतम दबाव P2 एक छोर पर कार्य कर रहा होगा।

$$k(x_1 + x_2) = P_2 * A \dots \dots \dots (द)$$

जहाँ: $R =$ सीलिंग बल

$x_1 =$ स्प्रिंग का प्रारंभिक संपीड़न

$x_2 =$ अधिकतम पॉपेट विस्थापन

$P_1 =$ कार्यकारी दबाव = 26 बार

$P_c =$ भंजन दबाव = 29.6 बार (मान लिया गया)

$P_2 =$ रिसाव न होने पर अधिकतम टंकी दबाव (यह संभव नहीं है लेकिन सैद्धांतिक रूप से ऊपरी सीमा के रूप में लिया गया) = 32 बार

$$A = \text{एक पक्ष का वह क्षेत्र जिस पर फंसा हुआ दबाव कार्य करता है} = \frac{PI}{4} * d_1^2$$

उपरोक्त 4 समीकरणों अ, ब, स, द को d_1 , x_1 और k के लिए हल करने पर

$d_1 = 8.4$ मिली मीटर, $k = 23.27$ न्यूटन/मिली मीटर, $x_1 = 7.05$ मिली मीटर।

3.3 भार और तनाव

द्रव के दबाव के कारण वाल्व बॉडी में हूप तनाव भीतरी व्यास से दीवार की मोटाई के अनुपात पर निर्भर करता है। अनुपात जितना अधिक होगा, हूप (स्पर्शी) तनाव उतना ही अधिक होगा। $ID/WT (= 17)$ का उच्चतम मान बाह्य नली में प्राप्त हुआ जहाँ ओ-रिंग के लिए ओ-ग्रूव प्रदान किया गया है। इस परिप्रेक्ष्य में, $ID = 24.8$ मिली मीटर और $OD = 28.3$ मिली मीटर।

“लैम” के समीकरण के आधार पर यह परिप्रेक्ष्य जो अधिकतम दबाव बनाए रख सकता है, वह है:

$$P_{all} = \left(\frac{Ro^2 - Ri^2}{Ro^2 + Ri^2} \right) * S_{yt}$$

जहाँ, = SS 304L की समर्पण शक्ति = 205 MPa

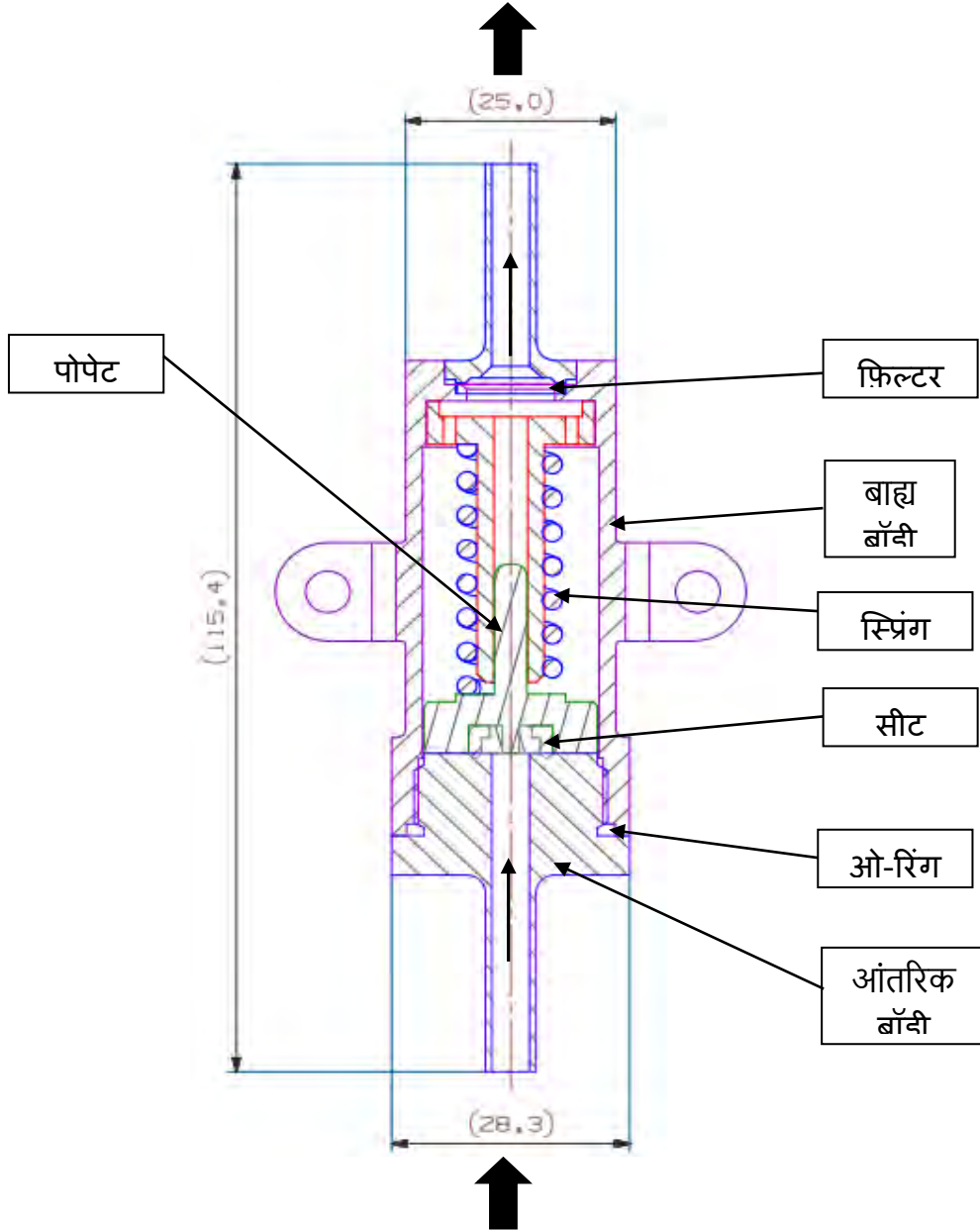
यह निम्नलिखित अधिकतम स्वीकार्य दबाव देता है:

$$P_{all} = 269 \text{ बार}$$

यह सबसे क्रांतिक भाग में 6.9 की सुरक्षा का पर्याप्त फैक्टर देता है।

4.0 विन्यास

नीचे दिये चित्र में राहत वाल्व के सैद्धान्तिक स्वरूप को दर्शाया गया है। यह मूल रूप से एक सपाट पॉपेट प्रकार, प्रत्यक्ष दबाव राहत वाल्व है। वाल्व कठोर धातु के सीट के खिलाफ सपाट पॉपेट सीटिंग में कैद एक नरम सील रिंग को नियोजित करता है। पॉपेट एक संपीड़न स्प्रिंग के साथ भरा हुआ है। स्प्रिंग लोड को इतना समायोजित किया जाता है कि एक ही समय में निर्दिष्ट भंजन दबाव की आवश्यकता को पूरा करने के लिए आवश्यक सीलिंग बल प्रदान करने के लिए पर्याप्त है। भंजन दबाव सेटिंग/ लैब टेस्टिंग के दौरान वाल्व में ओ-रिंग सील का उपयोग किया जाता है। ओ-रिंग को बाद में हटा दिया जाएगा और इनलेट और बाह्य बॉडी को एक साथ वेल्ड किया जाएगा।



5.0 चयनित सामग्री

राहत वाल्व के विभिन्न भागों के लिए चुनी गई सामग्रियों की सूची निम्नलिखित है।

5.1 संयोजन की सामग्री

| क्रम संख्या | भाग का नाम | सामग्री |
|-------------|--------------|-------------|
| 1 | बाह्य बॉडी | एसएस 304 एल |
| 2 | आंतरिक बॉडी | एसएस 304 एल |
| 3 | पोपेट बॉडी | एसएस 304 एल |
| 4 | पोपेट रिटेनर | एसएस 304 एल |

| | | |
|---|---------------|-------------------|
| 5 | सीट | टेफ्लॉन (पीटीएफई) |
| 6 | सीट रिटेनर | एसएस 304 एल |
| 7 | फ़िल्टर अनुचर | एसएस 304 एल |

5.2 मानक भाग

| क्रम | भाग का नाम | सामग्री |
|------|------------|-------------------|
| 1 | स्प्रिंग | एसएस 302 |
| 2 | फ़िल्टर | एसएस 304 |
| 3 | ओ-रिंग | टेफ्लॉन (पीटीएफई) |

6.0

निष्कर्ष

ऊपर उल्लिखित गणनाओं से, समानव माँड्यूल प्रणोदन प्रणाली के लिए एक राहत वाल्व तैयार किया गया है। प्रणोदन प्रणाली का कार्य दबाव 26 बार है और राहत वाल्व का भंजन दबाव 29.6 बार है। साथ ही रिसाव प्रमाण सीलिंग के लिए स्प्रिंग की पर्याप्त प्रारंभिक दबाव प्रदान किया गया है। भविष्य का काम इसके रिसाव प्रमाण परीक्षण और अन्य कई महत्वपूर्ण विशेषताओं को प्रदर्शित करना है।

लेखक परिचय:



श्री मुकुल तिवारी इसरो के द्रव नोदन प्रणाली केंद्र में वैज्ञानिक/अभियंता-एससी के रूप में एकल-नोदक प्रणोदक प्रभाग में कार्यरत हैं। आप इस केंद्र से फ़रवरी 2022 में जुड़े हैं। आपने स्नातक की यांत्रिक अभियांत्रिकी में योग्यता एनआईटी इलाहाबाद से 2018 में अर्जित की है। आपके पास 3.5 वर्ष का गैर-सरकारी संस्थान में डिजाइन इंजीनियर के रूप में कार्य करने का अनुभव है।

श्री नरेंद्र कुमार एकल-नोदक प्रणोदक प्रभाग में वैज्ञानिक/अभियंता-एसडी के रूप में कार्यरत हैं। श्री राम एस एन एकल-नोदक प्रणोदक प्रभाग में डिप्टी प्रभाग प्रमुख के रूप में कार्यरत हैं। श्री राजीव सेनन एकल-नोदक प्रणोदक प्रणाली और घटकों के प्रभाग प्रमुख के रूप में कार्यरत हैं। डॉक्टर सीनिवास राव सी एच एसपीएसजी के समूह निदेशक के रूप में कार्यरत हैं। श्री शंबय्या के द्रव नोदन प्रणाली केंद्र-बेंगलुरु के डिप्टी निदेशक के रूप में कार्यरत हैं।

बैटरी प्रौद्योगिकी में प्रगति

आकाशम जयदीप, ए. वी. एन./ सी. ई. एस. जी.

वी. एस. एस. सी., त्रिवेन्द्रम

सार:

अक्षय ऊर्जा स्रोतों का उपयोग कम पर्यावरणीय प्रभावों के साथ बिजली का उत्पादन करने के लिए किया जा सकता है। बैटरियों ने अक्षय ऊर्जा को बेस लोड ऊर्जा प्रदान करने की क्षमता दी है। अक्षय ऊर्जा में लिथियम आयन बैटरी की भूमिका और निकल-कैडमियम बैटरी पर इसके फायदे प्रस्तुत किए गए हैं। लिथियम आधारित बैटरियों की बाजार की मांग और भविष्य के विकास का अनुमान भी इस लेख में प्रस्तुत किया गया है। इसके अलावा प्रस्तावित और शोध किए जा रहे विकल्पों पर चर्चा की गई है। प्रस्तावित विकल्पों में हालिया प्रगति भी प्रस्तुत की गई है। अंत में बैटरी विकास में गुंजाइश और अवसर प्रस्तुत किए जाते हैं।

परिचय:

देश की प्रगति और सफलता में ऊर्जा का महत्वपूर्ण योगदान है। ऊर्जा का एक मुख्य रूप है बिजली जो हमारे जीवन का अभिन्न अंग बन चुका है। सारे विश्व में बिजली की मांग लगातार बढ़ती जा रही है। बिजली के उत्पादन ग्रीन हाउस गैसों को बढ़ाने में नंबर एक स्रोत है। विशेष तह, अक्षय ऊर्जा स्रोतों का उपयोग से कम पर्यावरणीय प्रभावों के साथ बिजली का उत्पादन करने के लिए किया जा सकता है। जबकि अक्षय ऊर्जा स्वच्छ, टिकाऊ बिजली प्रदान करती है और इससे कार्बन उत्सर्जन कम या कोई उत्सर्जन नहीं होती है, इसकी निर्भरता लंबे समय से चर्चा का अंश रहा है | माना जाता है कि कोयला, प्राकृतिक गैस या परमाणु के समान आधार भार क्षमता होती है, जबकि अक्षय ऊर्जा में ऊर्जा का एक निरंतर स्रोत प्रदान करने की क्षमता का अभाव होता है। उदाहरण के लिए, कोयला, परमाणु, या प्राकृतिक गैस बिजली संयंत्र बेस लोड पावर को आश्वस्त करने में सक्षम हैं, जब तक कि जलने के लिए ईंधन है, जबकि अक्षय ऊर्जा में प्रमुख ऊर्जा स्रोत के रूप में उनकी विश्वसनीयता पर सवाल खड़े किए हैं।

बेस लोड एनर्जी आमतौर पर एक निश्चित ऊर्जा स्रोत की न्यूनतम बिजली उत्पादन क्षमता को सूचित करती है, जिससे यह बिना किसी रुकावट के किसी भी समय पावर ग्रिड द्वारा आवश्यक न्यूनतम मात्रा में ऊर्जा का उत्पादन करने में सक्षम हो। आजकल बैटरियों ने अक्षय ऊर्जा को बेस लोड ऊर्जा प्रदान करने की क्षमता दी है। लिथियम-आयन बैटरी पिछले कुछ वर्षों से व्यापक रूप से पसंदीदा विकल्प बन गया है। अन्य उच्च गुणों वाली रिचार्जबल बैटरी (निकल-कैडमियम या निकल-धातु-हाइड्राइड) की तुलना में, ली-आयन बैटरी के कई फायदे हैं। जैसे कि उनके पास

आज किसी भी बैटरी तकनीक की उच्चतम ऊर्जा घनत्व है (100-265 Wh/kg या 250-670 Wh/L)[1]। ली-आयन बैटरियां भी तुलनात्मक रूप से कम रख-रखाव वाली होती हैं, और उनकी बैटरी लाइफ को बनाए रखने के लिए कम देखभाल की आवश्यकता होती है। नमक के स्तरों के नमकीन पानी में लिथियम पाया जाता है। लिथियम प्राप्त करने के लिए, सतह पर नमकीन पानी को पंप करने के लिए फ्लैटों में छेद किए जाते हैं। यह लिथियम कार्बोनेट को एक रासायनिक प्रक्रिया के माध्यम से निकालने में मदद करता है।

आजकल लिथियम-आयन बैटरी बाजार में प्रचलित है। इसकी वृद्धि स्मार्टफोन, इलेक्ट्रिक वाहनों और अन्य इलेक्ट्रॉनिक्स उपकरणों की आवश्यकता में वृद्धि से प्रेरित है। प्रकाशित शोध सर्वेक्षण के अनुसार, 2019 में पूरे विश्व के लिथियम-आयन बैटरी बाजार का मूल्य 36.7 बिलियन डॉलर था, और 2027 तक 129.3 बिलियन डॉलर तक पहुंचने का अनुमान है, 2020 से 2027 तक 18.0% की सीएजीआर पर है [2]।

अपने तकनीकी वादे के बावजूद, ली-आयन बैटरी में अभी भी कई कमियां हैं, खासकर सुरक्षा के संबंध में कमियां हैं। अपनी पूरी क्षमता से लगातार चार्ज और डिस्चार्ज करने से लिथियम आयन बैटरी गर्म हो सकती है और आग लग सकती है, और उच्च वोल्टेज पर क्षतिग्रस्त हो सकती है। कुछ मामलों में इससे थर्मल भगोड़ा और दहन हो सकता है। इस कारण से महत्वपूर्ण समस्याएं पैदा कर दी हैं | विशेष रूप से बोइंग 787 में ऑनबोर्ड बैटरी में आग की सूचना के बाद तुरंत संभालने की घटना।

हाल के दिनों में भी हमने भारत में इलेक्ट्रिक वाहनों में आग लगने के मामले देखे हैं। लिथियम खनन के दुष्प्रभावों में से एक जल प्रदूषण है: खनन की प्रक्रिया से जल प्रदूषण होता है। संभावित रूप से जहरीले पदार्थ समुदायों को प्रभावित कर रही है। फिर भी जब लिथियम खनन की बात आती है तो रासायनिक रिसाव भी एक प्रमुख चिंता का विषय है। लिथियम कार्बोनेट निष्कर्षण प्रक्रिया मिट्टी को नुकसान पहुंचाती है, और वायु प्रदूषण का कारण बन सकती है। शुभ बात यह है कि लिथियम आयन के विकल्प के रूप में सोडियम आयन आधारित बैटरी का प्रस्ताव किया जा रहा है।

सोडियम आयन आधारित बैटरी:

लिथियम कार्बोनेट की कीमतें अब तक के उच्चतम स्तर पर हैं। जिसका कारण है बढ़ती लागत में योगदान, महामारी से संबंधित आपूर्ति-श्रृंखला की अड़चनें, रूस-यूक्रेन संघर्ष और व्यवसायों की

बढ़ती मांग आदि। सोडियम पृथ्वी में छठा सबसे प्रचुर तत्व है और इसे समुद्री जल से भी निकाला जा सकता है, जिसका अर्थ है कि आपूर्ति संभावित रूप से है। सोडियम-आयन-आयन बैटरियां -20 डिग्री सेल्सियस जितनी कम पर भी अच्छा प्रदर्शन करती हैं और इनसे थर्मल भगोड़ा होने का खतरा नहीं होता है। हालांकि सोडियम आयन लिथियम आयनों से बड़े होते हैं, जिसका अर्थ है कि उनमें युक्त बैटरियों का ऊर्जा घनत्व स्वाभाविक रूप से कम होता है। जिससे सोडियम विशेष रूप से स्थिर रूप में प्रयोगों के अनुकूल होता है जहां बैटरी का आकार कम महत्वपूर्ण होता है। ग्रेफाइट एनोड जो लिथियम आयन बैटरियों के बाजार हिस्से पर हावी है, जो सोडियम आयनों को ठीक से इंटरकैलेट नहीं करता है। वर्तमान में सभी सोडियम बैटरियों के लिए नए ठोस इलेक्ट्रोलाइट्स की खोज है जो कम लागत वाली, आसानी से निर्मित, और अविश्वसनीय रासायनिक और यांत्रिक स्थिरता होनी चाहिए। ह्यूस्टन विश्वविद्यालय के शोधों ने ऑक्सीसल्फाइड ग्लास इलेक्ट्रोलाइट का एक नया रूप पाया है जिसमें उपरोक्त गुण हैं। उन्होंने न केवल सल्फाइड आधारित ठोस इलेक्ट्रोड का संचालन करने वाले सभी सोडियम-आयन के बीच उच्चतम महत्वपूर्ण वर्तमान घनत्व प्राप्त किया है, बल्कि उच्च-प्रदर्शन परिवेश-तापमान सोडियम सल्फर बैटरी को भी सक्षम किया है। इसके अलावा एक और महत्वपूर्ण प्रगति की सूचना मिली है जो कि टेक्सास विश्वविद्यालय के शोधकर्ताओं द्वारा डिजाइन किया गया है। सोडियम-आधारित बैटरी जो अत्यधिक स्थिर है और एक मानक लिथियम-आयन बैटरी जितनी जल्दी चार्ज करने में सक्षम है। आमतौर पर सोडियम-आधारित बैटरी में, एनोड में सुई जैसे फिलामेंट्स विकसित होते हैं जिन्हें डेंड्राइट्स कहा जाता है। इस डेंड्राइट्स के गठन से शॉर्ट सर्किट हो सकता है जिससे आग दुर्घटनाएं हो सकती हैं। शोधकर्ताओं ने एक नया सोडियम धातु-आधारित एनोड विकसित किया है जिसे सोडियम एंटीमनी टेल्यूराइड इंटरमेटेलिक कम्पोजिट कहा जाता है[3]। इस प्रक्रिया के परिणामस्वरूप सोडियम परमाणुओं का मजबूत बंधन होता है जो बैटरी में चार्ज को एनोड तक ले जाते हैं। यह अस्थिरता को बढ़ाने और यहां तक कि सतह पर फैलने से रोकता है। इससे आग लगने की संभावना कम हो सकती है। हालांकि सोडियम आयन आधारित बैटरी आशाजनक दिखती हैं, लेकिन हाइड्रोजन आधारित ईंधन सेल नामक एक अन्य विकल्प पर शोध किया जा रहा है।

ईंधन सेल:

ईंधन सेल हाइड्रोजन परमाणुओं में संग्रहीत ऊर्जा को सीधे बिजली में परिवर्तित करते हैं। हाइड्रोजन सबसे सरल और सबसे प्रचुर तत्व है। सबसे बुनियादी स्तर पर, ईंधन सेल हाइड्रोजन को उसके दो घटकों, एक प्रोटॉन और एक इलेक्ट्रॉन में विभाजित करके बिजली का उत्पादन करते हैं। प्रोटॉन एक मेंब्रेन के माध्यम से बहते हैं और ऑक्सीजन के साथ मिलकर पानी बनाते

हैं। ऋणात्मक आवेशित इलेक्ट्रॉन ईंधन सेल में धनावेशित ध्रुव की ओर प्रवाहित होते हैं। इलेक्ट्रॉनों का यह प्रवाह वह प्रवाह है जो बिजली उत्पन्न करता है, जो इंजन या अन्य विद्युत उपकरणों को शक्ति प्रदान कर सकता है। इस विभाजन के लिए प्रतिक्रिया को उत्प्रेरित करने के लिए प्लैटिनम जैसी सामग्री की आवश्यकता होती है। अभी, दोनों प्रतिक्रियाओं के लिए सबसे अच्छा उत्प्रेरक प्लैटिनम समूह धातु हैं। हालाँकि, समस्या यह है कि प्लैटिनम दुर्लभ और महंगा है। यह बदले में हाइड्रोजन आधारित ईंधन कोशिकाओं की बड़े पैमाने पर तैनाती को सीमित करता है। उदाहरण के लिए, रॉयटर्स के अनुसार, टोयोटा जैसे ईंधन सेल निर्माता, मुख्य रूप से ईंधन कोशिकाओं में प्लैटिनम को सीमित करके लागत में कटौती करते हैं। प्रत्येक कार को 30 ग्राम प्लैटिनम तक सीमित करके, टोयोटा प्रति ईंधन स्टैक यूएस \$300 बचाता है। कॉर्नेल विश्वविद्यालय के रसायनज्ञों द्वारा हाल ही में एक खोज की गई है। उन्होंने बहुत कम कीमत पर लगभग प्लैटिनम के साथ-साथ ईंधन सेल प्रतिक्रियाओं को उत्प्रेरित करने में सक्षम गैर-कीमती धातु डेरिवेटिव के एक परिवार का उपयोग किया है। वायु-उजागर नाइट्राइड स्वचालित रूप से प्रवाहकीय नाइट्राइड कोर पर कई-नैनोमीटर-मोटी ऑक्साइड खोल बनाते हैं, जो अत्यधिक सक्रिय उत्प्रेरक वास्तुकला के रूप में कार्य करते हैं[4]।

निष्कर्ष:

हालांकि आगे बड़ी बड़ी चुनौतियां हैं, पर हमारा मानना है कि गहन शोध के माध्यम से, सोडियम-आयन बैटरी और हाइड्रोजन ईंधन सेल का और विकास संभव है जो कम परिचालन लागत और लंबी उम्र के साथ चल सके | रिलायंस इंडस्ट्रीज जैसे भारतीय समूह भी सोडियम-आयन बैटरी तकनीक में रुचि रखते हैं। बैटरी प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में आगे बहुत बड़ा अवसर है जहां भारी मांग भी है। इसके अलावा कई सरकारी और निजी संस्थाएं भी निवेश करने के लिए लंबे समय से तत्पर हैं | हम युवा पीढ़ी को आवश्यकता है कि वह इस अवसर का सदुपयोग करें और देश की आर्थिक निर्भरता में अपना महत्वपूर्ण सहयोग दे। जय हिंद |

सन्दर्भ:

- [1]<https://www.cei.washington.edu/education/science-of-solar/battery-technology/https://www.reuters.com/technology/world-faces-shortage-lithium-electric-vehicle-batteries-2022-01-21/>
- [2]<https://www.reuters.com/technology/world-faces-shortage-lithium-electric-vehicle-batteries-2022-01-21/>
- [3] Wang, Y., Dong, H., Katyal, N., Hao, H., Liu, P., Celio, H., Henkelman, G., Watt, J. and Mitlin, D. (2022), A Sodium–Antimony–Telluride Intermetallic Allows Sodium-Metal Cycling at 100% Depth of Discharge and as an Anode-Free Metal Battery (Adv. Mater. 1/2022). Adv. Mater., 34: 2270001. <https://doi.org/10.1002/adma.202270001>

[4] Zeng, R., et al. (2022) Nonprecious transition metal nitrides as efficient oxygen reduction electrocatalysts for alkaline fuel cells. Science Advances. doi.org/10.1126/sciadv.abj1584.

लेखक परिचय -



मैं जयदीप अकसम हूं, वर्तमान में विक्रम साराभाई अंतरिक्ष केंद्र, त्रिवेंद्रम में वैज्ञानिक/इंजीनियर एससी के रूप में कार्यरत हूं। मैं वर्तमान में जीएसएलवी एमके3 और गगनयान मिशन के लिए विभिन्न स्टेज नियंत्रकों के डिजाइन और परीक्षण पर काम कर रहा हूं। मेरे शोध क्षेत्र में वीएलएसआई, संचार प्रणाली शामिल है। इसके अलावा, मैं विभिन्न अन्य क्षेत्रों में आने वाली तकनीकों के बारे में जानने के लिए हमेशा उत्साहित रहता हूं।

आर्टेमिस कार्यक्रम : चंद्रमा और अन्य ग्रहों की अंतरिक्ष अन्वेषण में प्रगति की समीक्षा

पूरन सिंह, वैज्ञानिक/इंजीनियर-SD, आर.पी.पी./एस.पी.आर.ई.

Email: singh_pooran@vssc.gov.in

मनुष्य ने हमेशा रात के आकाश में देखा है और अंतरिक्ष के बारे में सपना देखा है। 20वीं शताब्दी के उत्तरार्ध में, रॉकेट विकसित किए गए जो गुरुत्वाकर्षण बल को दूर करने के लिए कक्षीय वेगों तक पहुंचने के लिए पर्याप्त शक्तिशाली थे, जिससे अंतरिक्ष अन्वेषण को वास्तविकता बनने का मार्ग प्रशस्त हुआ। उनमें से चंद्रमा की खोज, अंतरिक्ष विज्ञान और अन्वेषण का हमेशा से एक महत्वपूर्ण पहलू रहा है। हालांकि कई वर्षों से चंद्रमा की खोज एक वैश्विक उपक्रम है। यह अंतरिक्ष अन्वेषण को चुनौती पेश करता है जिसके लिए कई देशों द्वारा निवेश की आवश्यकता है। चंद्रमा और अन्य ग्रहों की यात्रा में सफलता के लिए अंतरिक्ष वैज्ञानिकों, इंजीनियरों, चिकित्सा शोधकर्ताओं, भौतिकविदों, रसायनज्ञों, गणितज्ञों, यांत्रिकी, डॉक्टरों, संचार और सुरक्षा विशेषज्ञों, कंप्यूटर प्रोग्रामर इत्यादि लोगों की तैयारी और भागीदारी की आवश्यकता होती है। अठारह साल के काम के बाद, नासा आखिरकार यह प्रदर्शित करने के लिए तैयार है कि वह अंतरिक्ष यात्रियों के अगले समूह को चंद्रमा की सतह पर कैसे उतारा जाए। नासा 29 अगस्त (अनिश्चित) को चंद्रमा की कक्षा में एक मानव रहित मिशन शुरू करने की योजना बना रही है। प्रस्तुत तकनीकी लेख में आर्टेमिस कार्यक्रम के अग्रिम अनुसंधान और विकास की चुनौतियों की समीक्षा पर प्रकाश डाला गया है।

शब्दावली

| | | | |
|------------------|---------------------------------------|-------|------------------------------------------------------------------|
| BSM | अभिवर्धक सेपरेशन मोटर | LAS | लॉन्च एबॉर्ट सिस्टम |
| CM | अंतरिक्ष यात्री दल मॉड्यूल | LEO | पृथ्वी की निचली कक्षा |
| CNSA | चीन राष्ट्रीय अंतरिक्ष प्रशासन | LRO | लूनर रिकॉनिसेंस ऑर्बिट |
| EVA | अतिरिक्त वाहन गतिविधि | LUPEX | चंद्र ध्रुवीय अन्वेषण |
| GSDO | ग्राउंड सिस्टम डेवलपमेंट एंड ऑपरेशंस | MLAS | मैक्स लॉन्च एबॉर्ट सिस्टम |
| H ₂ O | पानी | MPCV | बहुउद्देश्यीय अंतरिक्ष यात्री दल वाहन |
| HLS | मानव अवतरण प्रणाली | NASA | राष्ट्रीय वैमानिकी और अन्तरिक्ष प्रबंधन, अमेरिकी अंतरिक्ष एजेंसी |
| HTPB | हाइड्रॉक्सिल-टर्मिनेटेड पॉलीब्यूटाडीन | NRHO | निकट-रेक्टिलिनियर हेलो ऑर्बिट |
| ICPS | अंतरिम क्रायोजेनिक प्रणोदन चरण | PBAN | पॉलीब्यूटाडीन एक्रिलोनिट्राइल |
| ISRO | भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन | RSRM | पुनः प्रयोज्य ठोस रॉकेट मोटर |
| JAXA | जापान एयरोस्पेस एक्सप्लोरेशन एजेंसी | SAR | कृत्रिम झिरीदार रडार |

kN किलो न्यूटन

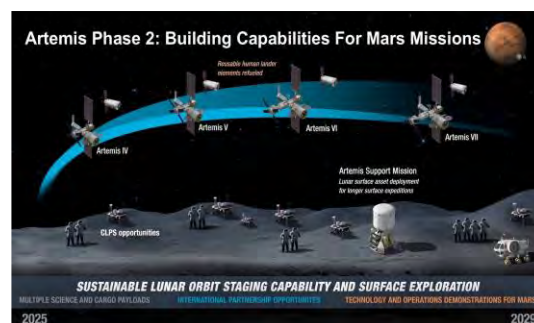
SLS अंतरिक्ष प्रक्षेपण प्रणाली

ksc किलोग्राम/वर्ग सेंटीमीटर

1. पृष्ठभूमि

आर्टेमिस कार्यक्रम चंद्रमा का पता लगाने के लिए नासा के नेतृत्व में एक मानव अंतरिक्ष यान कार्यक्रम है, जिसका लक्ष्य 2025 तक चंद्रमा की दक्षिणी ध्रुव पर अपना पहला अवतरण करना है। यदि सफल रहा, तो आर्टेमिस कार्यक्रम दिसंबर 1972 में अपोलो 17 (अपोलो कार्यक्रम की अंतिम चंद्रमा उड़ान) के बाद से पहला अंतरिक्ष यात्रियों का दल होगा जो चंद्रमा पर कदम रखेगा। यह कार्यक्रम NASA और निजी कंपनियों के बीच एक बहुराष्ट्रीय सहयोगी परियोजना है। आर्टेमिस कार्यक्रम दिसंबर 2017 में अमेरिकी अंतरिक्ष कार्यक्रम को पुनर्जीवित करने के लगातार प्रयासों का एक हिस्सा है। कार्यक्रम के अन्तर्गत NASA का घोषित अल्पकालिक लक्ष्य चंद्रमा पर पहली महिला और रंग के पहले व्यक्ति को उतारना है; मध्यावधि उद्देश्यों में एक अंतरराष्ट्रीय अभियान दल की स्थापना और चंद्रमा पर एक स्थायी मानव उपस्थिति शामिल है। आर्टेमिस के लिए दीर्घकालिक उद्देश्य चंद्रमा के संसाधनों के निष्कर्षण की नींव रखना और अंततः मंगल और अन्य ग्रहों के लिए अंतरिक्ष यात्रियों के मिशन करना है।

आर्टेमिस कार्यक्रम [1] SLS मिशनों की एक श्रृंखला (चित्र सं. 01 और 02) के अंतर्गत आयोजित किये जाएंगे हैं। ये अंतरिक्ष मिशन तकनीकी की जटिलता में वृद्धि करेंगे और एक वर्ष या उससे अधिक के अंतराल पर होने वाले हैं। नासा और उसके सहयोगियों ने आर्टेमिस कार्यक्रम के माध्यम से आर्टेमिस-1 की योजना बनाई है। प्रत्येक SLS मिशन एक ओरियन (Orion) अंतरिक्ष यान ले जाने वाले SLS अभिवर्धक के प्रक्षेपण पर केंद्रित है। आर्टेमिस II मिशन के लिए, आर्टेमिस I अंतरिक्ष यान की गुणवत्ता की तत्परता अन्य सहायक प्रणाली पर निर्भर होगी।



चित्र सं. 01: आर्टेमिस कार्यक्रम (Phase 1) के नियोजित मिशन। (स्रोत: NASA)

चित्र सं. 02: आर्टेमिस कार्यक्रम (Phase 2) के नियोजित मिशन। (स्रोत: NASA)

1.1 आर्टेमिस I

आर्टेमिस I (2022) SLS और ओरियन का एक मानव रहित परीक्षण होगा, और दोनों प्रणाली के लिए पहली परीक्षण उड़ान है। आर्टेमिस I मिशन (चित्र सं. 03) का लक्ष्य ओरियन को चंद्रमा की कक्षा में स्थापित करना और फिर उसे पृथ्वी पर वापस लाना होगा। SLS, ICPS के दूसरे चरण का उपयोग करके ओरियन को ट्रांस-लूनर इंजेक्शन बर्न प्रक्रिया से चंद्रमा के अंतरिक्ष में भेजगा। ओरियन एक प्रतिगामी दूर चंद्रमा की कक्षा में प्रवेश करेगा और पृथ्वी की ओर वापस बढ़ने से पहले लगभग छह दिनों तक चंद्रमा की कक्षा में रहेगा। ओरियन कैप्सूल अपने सर्विस मॉड्यूल से अलग हो जाएगा, एयरोब्रेकिंग करके वातावरण में फिर से प्रवेश करेगा और पैराशूट की सहायता से समुद्र में उतरेगा। आर्टेमिस I मूल रूप से 2021 के अंत के लिए निर्धारित किया गया था [1], जुलाई 2022 तक आर्टेमिस I का परिक्षेपण, 29 अगस्त से 6 सितंबर के बीच में किए जाने की उम्मीद है।



आर्टेमिस I का संक्षिप्त विवरण (स्रोत: NASA)

| | |
|---------------------|-------------------------------------|
| मिशन का प्रकार | मानवरहित चंद्र कक्षीय परीक्षण उड़ान |
| मिशन अवधि | 26-42 दिन (योजनाबद्ध) |
| अंतरिक्ष यान प्रकार | ओरियन MPCV |
| प्रक्षेपण की तारीख | 29 अगस्त 2022 (योजनाबद्ध) |
| राकेट का प्रकार | SLS, ब्लॉक 1 |
| कक्षीय अवधि | 14 दिन |

चित्र सं. 03: वेट ड्रेस रिहर्सल से पहले प्रमोचन मंच 39B पर आर्टेमिस I (स्रोत: NASA)

1.2 आर्टेमिस II

आर्टेमिस II (2024) SLS और ओरियन अंतरिक्ष यान की पहली अंतरिक्ष यात्रियों की परीक्षण उड़ान होगी [1]। अंतरिक्ष यात्री दल के चार सदस्य पृथ्वी की कक्षा में व्यापक परीक्षण करेंगे और फिर ओरियन को चंद्रमा के चारों ओर एक मुक्त-वापसी प्रक्षेपवक्र में सफलतापूर्वक अभिवर्धक किया जाएगा, जो ओरियन को पुनः प्रवेश और समुद्र में उतरने के लिए वापस पृथ्वी पर लौटेगा। आर्टेमिस II (चित्र सं. 04) का परिक्षेपण मई 2024 तक निर्धारित किया गया है।

आर्टेमिस II का संक्षिप्त विवरण (स्रोत: NASA)



चित्र सं. 04: आर्टेमिस II मिशन का सारांश। (स्रोत: NASA)

| | |
|---------------------|--------------------------------------|
| मिशन का प्रकार | मानवयुक्त चंद्र कक्षीय परीक्षण उड़ान |
| मिशन अवधि | 10 दिन (योजनाबद्ध) |
| अंतरिक्ष यान प्रकार | ओरियन CM-03 |
| प्रक्षेपण की तारीख | मई 2024 (योजनाबद्ध) |
| राकेट का प्रकार | SLS, ब्लॉक 1 |
| उतरने का स्थान | प्रशांत महासागर (योजनाबद्ध) |

1.3 आर्टेमिस III

आर्टेमिस III (2025) अंतरिक्ष यात्री दल को चंद्रमा की सतह पर उतरने वाला मिशन होगा। मिशन SLS/ओरियन के प्रक्षेपण से पहले चंद्रमा की NRHO में HLS को स्थापित करने के लिए समर्थन मिशन [1] पर निर्भर करता है। HLS के NRHO में पहुंचने के बाद, SLS/ओरियन चार अंतरिक्ष यात्रियों के साथ ओरियन अंतरिक्ष यान को भेजेगा, जिसका उद्देश्य चंद्रमा पर उतरने वाली पहली महिला और रंग के पहले व्यक्ति को HLS के साथ शामिल करना है। दो अंतरिक्ष यात्री फथर में स्थानांतरित होंगे, जो चंद्र सतह पर उतरेंगे और सतह पर लगभग 6.5 दिन बिताएंगे। अंतरिक्ष यात्री HLS के ओरियन के मिलन स्थल पर लौटाने से पहले, अंतरिक्ष यात्री चंद्रमा की सतह पर कम से कम दो EVA का प्रदर्शन करेंगे। ओरियन चार अंतरिक्ष यात्रियों को पृथ्वी पर लेकर लौटेगा। आर्टेमिस III (चित्र सं. 05) का प्रक्षेपण 2025 में निर्धारित किया गया है।



आर्टेमिस III का संक्षिप्त विवरण (स्रोत: NASA)

| | |
|---------------------|----------------------------------------|
| मिशन का प्रकार | मानवयुक्त चंद्रमा की सतह पर उतरने वाला |
| मिशन अवधि | 30 दिन (योजनाबद्ध) |
| अंतरिक्ष यान प्रकार | ओरियन CM-04 |
| प्रक्षेपण की तारीख | 2025 (योजनाबद्ध) |
| राकेट का प्रकार | SLS, ब्लॉक 1 |

चित्र सं. 05: आर्टेमिस III मिशन का सारांश। (स्रोत: NASA)

उतरने का स्थान

प्रशांत महासागर
(योजनाबद्ध)

1.4 आर्टेमिस के आगामी मिशन

आर्टेमिस IV (2026) SLS ब्लॉक 1B का उपयोग करते हुए NRHO में लूनर गेटवे स्टेशन स्थापित करने के लिए एक मानवयुक्त अंतरिक्ष मिशन है। पूर्व मिशन की सहायता से NRHO को पहले दो गेटवे मॉड्यूल वितरित [3] करेगा। ब्लॉक 1B की अतिरिक्त शक्ति SLS/ओरियन को गेटवे से कनेक्शन के लिए आई-एचएबी गेटवे मॉड्यूल वितरित करने की अनुमति देगा। आर्टेमिस IV का प्रक्षेपण 2027 तक निर्धारित किया गया है। आर्टेमिस कार्यक्रम के माध्यम से आर्टेमिस V और उससे आगे के अंतरिक्ष यात्रियों को चंद्रमा की सतह पर उतारने का प्रस्ताव है, जहां वे बुनियादी ढांचे की बढ़ती मात्रा का लाभ उठाएंगे जिन्हें समर्थन मिशन द्वारा उतारा जाएगा। इनमें आवास, रोवर्स, वैज्ञानिक उपकरण और संसाधन निष्कर्षण उपकरण शामिल होंगे।

2. चंद्रमा अन्वेषण और अग्रिम राह का एक संक्षिप्त इतिहास

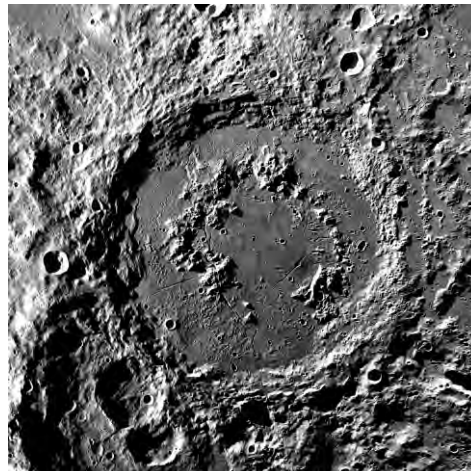
सदियों से, दूरबीनें चंद्रमा का अध्ययन करने के लिए सबसे अत्याधुनिक साधन थीं, जिसकी शुरुआत गैलीलियो ने उसके गड्ढों, पहाड़ों और घाटियों के अवलोकन से की थी। 1957 में अंतरिक्ष युग के आगमन का मतलब था कि अब हम चंद्रमा के चारों ओर ऑर्बिटर्स भेज सकते हैं [1] और उन विशेषताओं को उच्च निभेदन पर माप कर सकते हैं और लैंडर्स और रोवर्स सतह से और भी करीब से देख सकते हैं। 1960 के दशक में, NASA ने जानबूझकर चंद्रमा में टकराव करने के लिए अंतरिक्ष यान की रेंजर श्रृंखला भेजी! उन्होंने अपने टकराव के दौरान 15,000 से अधिक तस्वीरें वापस भेजीं, जिससे पता चला कि चंद्रमा छोटे पैमाने पर भी नीचे की ओर गड्ढा हो सकता है। इसने नासा को अपोलो मिशन के अंतरिक्ष यात्रियों के लिए सुरक्षित उतरने का स्थान चुनने में सहायता मिली। 1969 से 1972 के बीच NASA के अपोलो कार्यक्रम के तहत 12 अंतरिक्ष यात्रियों ने चंद्रमा पर कदम रखा [1]। अपोलो विज्ञान के प्रयोगों ने इस बात की अंतर्दृष्टि प्रदान की कि चंद्रमा कैसे बना, क्या उसका चुंबकीय क्षेत्र, उसके ज्वालामुखी की प्रकृति, और बहुत कुछ इसमें शामिल था।

सौर मंडल के अधिकांश अस्तित्व, क्षुद्रग्रह और धूमकेतु ग्रहों और उनके चंद्रमाओं पर जोरदार गति से बमबारी से बना है। इस तरह के प्रभावों से बने अधिकांश क्रेटर अब हवा और पानी के कटाव के कारण पृथ्वी पर दिखाई नहीं दे रहे हैं। लेकिन इस तरह की प्रक्रियाओं से रहित चंद्रमा ने अपने अधिकांश क्रेटरों (चित्र सं.07) को लगभग उसी स्थिति में लाखों और लाखों वर्षों तक संरक्षित रखा है। इन क्रेटरों का अध्ययन करके वैज्ञानिक अनुमान लगाते हैं कि सौर मंडल के अतीत में क्या हुआ होगा। वैज्ञानिक चंद्रमा का उपयोग आयु संदर्भ के रूप में यह निर्धारित करने के लिए करते हैं कि मंगल, बुध और सौर मंडल के चंद्रमाओं जैसी दुनिया की अन्य विशेषताएं कितनी पुरानी या नयी हैं। यही कारण है कि चंद्रमा

पर चलने वाले अपोलो अंतरिक्ष यात्रियों [1] के बूटप्रिंट (चित्र सं. 06) अभी भी मौजूद हैं। ऐसा इसलिए है क्योंकि चंद्रमा वायुहीन है और इसलिए चीजें सालों तक अपरिवर्तित रहती हैं। यह अकेला तथ्य चंद्रमा को एक भूवैज्ञानिक समय के अनुसार अपने आप में विशेष बनाता है।



चित्र सं. 06: चंद्रमा पर चलने वाले अपोलो अंतरिक्ष यात्रियों के बूटप्रिंट दशकों तक संरक्षित रहेंगे क्योंकि चंद्रमा वायुहीन है। (स्रोत: NASA)



चित्र सं. 07: चंद्रमा पर रिंगेड श्रोडिंगर क्रेटर लगभग चार अरब साल पहले इसके गठन के बाद से अच्छी तरह से संरक्षित है। (स्रोत: NASA)

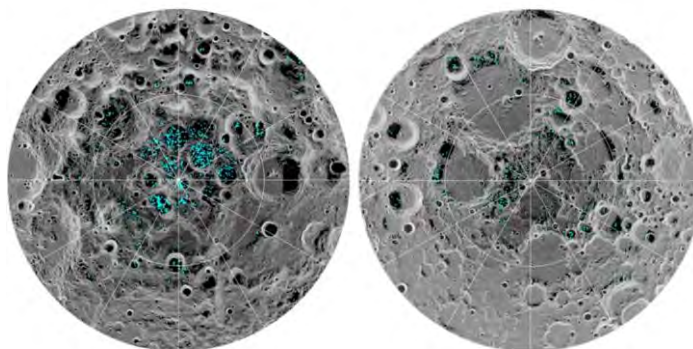
2.1 चंद्रमा पर पानी

21वीं सदी में, चंद्रमा पर स्थायी उपस्थिति की दिशा में कदमों पर ध्यान केंद्रित किया है। NASA ने 2009 में LRO का प्रक्षेपण किया, जिसने छवियों, स्थलाकृति, तापमान आदि सहित उच्चतम निभेदन वाले चंद्रमा के नक्शे तैयार किए। इसके व्यापक डेटासेट ने लगभग सभी आधुनिक चंद्रमा लैंडिंग मिशनों की योजना बनाने में मदद की है, और भविष्य के उन हिस्सों की तरह मदद करेंगे। NASA का आर्टेमिस कार्यक्रम [3], जो चंद्रमा के दक्षिणी ध्रुव पर अंतरिक्ष यात्रियों को उतारने की सम्भावना है जहां पानी की बर्फ है।

ISRO के चंद्रयान-1 (2008) ऑर्बिटर के डाटा से पता चला है कि चंद्रमा के ध्रुवों पर पानी की बर्फ ठंडी, स्थायी रूप से अंधेरे क्रेटर के अंदर है। चंद्रयान-1 और LRO पर राडार द्वारा दूरस्थ टिप्पणियों के आधार पर, वैज्ञानिकों का अनुमान है कि चंद्रमा के ध्रुव कम से कम 600 बिलियन किलोग्राम पानी की बर्फ की मौजूद होने की सम्भावना [1] हैं, जो कम से कम 240,000 ओलंपिक आकार के स्विमिंग पूल को भरने के लिए पर्याप्त है। चंद्रयान-2 ने 2019 की शुरुआत में एक ऑर्बिटर के साथ अपना चंद्र अध्ययन शुरू किया, माइक्रोन स्पेक्ट्रम से पानी के हस्ताक्षर प्रदान करने के लिए एक व्यापक रेंज स्पेक्ट्रोमीटर 5 माइक्रोन तक उपयोग किया है। इस प्रयोग से वैश्विक मानचित्र से चंद्रमा की सतह पर पानी के वितरण पर सबसे मजबूत निष्कर्ष निकालने की उम्मीद है। चंद्रयान-2 पर दोहरा आवृत्ति वाला SAR प्रयोग उप-सतही जल के प्रति संवेदनशीलता को और अधिक परिष्कृत करेगा। एक मास

स्पेक्ट्रोमीटर के साथ, जो बहुत अधिक अवधि के लिए एक्सोस्फीयर का अध्ययन कर सकता है, चंद्रयान-2 के पास वास्तव में चंद्रमा (चित्र सं. 08) पर पानी के महत्वपूर्ण विषय पर प्रमुख निष्कर्ष प्रदान करने का एक अनूठा अवसर है। JAXA और ISRO, 2024 में या बाद में एक LUPEX नामक संयुक्त मिशन [2] शुरू करेंगे, जो एक रोवर का उपयोग करके चंद्रमा के दक्षिणी ध्रुव पर H₂O की मात्रा का पता लगाएगा। JAXA भविष्य में स्थायी अंतरिक्ष अन्वेषण गतिविधियों के लिए ऐसे संसाधनों के उपयोग की व्यवहार्यता निर्धारित करने के लिए चंद्रमा पर मौजूद जल संसाधनों की मात्रा और रूपों पर डाटा प्राप्त करने के लिए एक अंतरराष्ट्रीय सहयोगी मिशन की योजना के अन्तर्गत ISRO के साथ काम कर रहा है। LUPEX मिशन के दो मुख्य उद्देश्य [2] निम्न हैं;

- **मात्रा:** LUPEX मिशन का उद्देश्य उपलब्ध पिछले अवलोकन डाटा के आधार पर उन क्षेत्रों का अवलोकन करना है जहां H₂O मौजूद होने का अनुमान है और H₂O की मात्रा के संबंध में जमीनी सच्चाई प्राप्त करना है।
- **गुणवत्ता:** LUPEX मिशन का उद्देश्य चंद्रमा के ध्रुवीय क्षेत्रों में मूल स्थान पर अवलोकनों के माध्यम से H₂O संसाधनों के वितरण, स्थितियों, रूप और अन्य मापदंडों को समझना है।



चित्र सं. 08: इसरो के चंद्रयान-1 अंतरिक्ष यान द्वारा बताए गए अनुसार चंद्रमा के दक्षिणी ध्रुव (बाएं) और उत्तरी ध्रुव (दाएं) पर पानी की बर्फ का वितरण। पानी की बर्फ गहरे गड्ढों में स्थायी रूप से छाया वाले क्षेत्रों में स्थित है। (स्रोत: NASA)

2.2 चीन का चंद्रमा पर कदम

चीन ने चंद्रमा पर तीन अंतरिक्ष यान 2013 में चांग'ई 3, 2019 में चांग'ई 4 और 2020 में चांग'ए 5 सफलतापूर्वक उतारे हैं। यह उल्लेखनीय है क्योंकि चीन एकमात्र देश है जिसने इस सदी में चंद्रमा पर अपने अंतरिक्ष यान उतारने में सफल रहा [1]। जबकि इजरायल और भारत के प्रयास दुर्भाग्य से विफल रहे। चांग'ई 4 (चित्र सं. 09 और 10) दुनिया का पहला ऐसा मिशन है जो चंद्रमा के दूर के हिस्से

पर उतरा है, जहां पृथ्वी से हस्तक्षेप की कमी के कारण परिवर्तनकारी रेडियो खगोल विज्ञान की संभावना है।



चित्र सं. 09: चांग'ई 4 लैंडर चंद्रमा के दूर का भाग पर, जैसा कि युतु 2 रोवर द्वारा चित्रित किया गया है। (स्रोत: CNSA)



चित्र सं. 10: युतु 2 रोवर चंद्रमा के दूर का भाग पर, जैसा कि चांग'ई 4 लैंडर द्वारा चित्रित किया गया है। (स्रोत: CNSA)

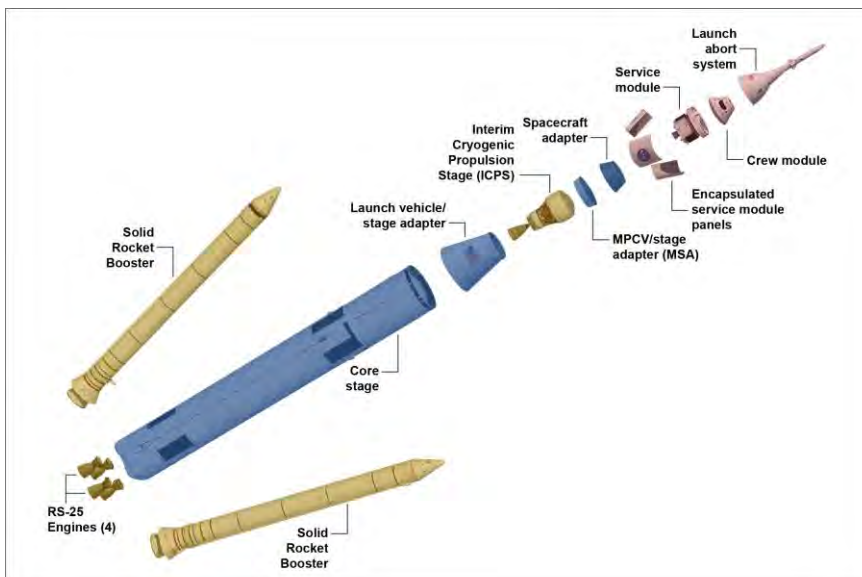
चीन के चांग'ई 5 ने सफलतापूर्वक चंद्रमा से एक भूगर्भीय और अद्वितीय क्षेत्र से नमूने लाए हैं, जिनका अब चंद्रमा के ऊष्मीय इतिहास के बारे में विवरण प्रकट करने के लिए अध्ययन किया जा रहा है।

3. आर्टेमिस कार्यक्रम : विकास और तैयारी की वर्तमान स्थिति

ग्रीक पौराणिक कथाओं में आर्टेमिस, अपोलो की जुड़वां बहन और चंद्रमा की देवी है। अब वह 2024 तक अंतरिक्ष यात्रियों को चंद्रमा की सतह पर वापस लाने के NASA के इस कार्यक्रम के नाम के रूप में चंद्रमा के अन्वेषण का आगामी मार्ग का प्रतिनिधित्व करेगी। आर्टेमिस कार्यक्रम (चित्र सं. 11) के अन्तर्गत प्रक्षेपणयान और स्पेसफ्लाइट का विकास करना है, जो LEO और आगे वाली अंतरिक्ष कक्षा में अन्वेषण मिशन के लिए अंतरिक्ष यात्री दल को पहुंचने की क्षमता में वृद्धि प्रदान करेगा। आर्टेमिस कार्यक्रम [1, 3] के तहत तीन मुख्य महत्वपूर्ण प्रणालियां विकसित की गई हैं;

- I. **SLS:** एसएलएस कार्यक्रम भारी प्रक्षेपणयान का विकसित कर रहा है जो आर्टेमिस कार्यक्रम मिशनों के लिए अंतरिक्ष यात्री दल के प्रक्षेपण, अन्य मॉड्यूल और कार्गो प्रमोचन करेगा।
- II. **Orion-MPCV:** ओरियन-एम.पी.सी.वी. कार्यक्रम अंतरिक्ष यात्री दल मॉड्यूल को विकसित कर रहा है जो अंतरिक्ष यात्री दल को कक्षा में ले जाएगा, आपातकालीन अवरोधक क्षमता प्रदान करेगा, अंतरिक्ष में रहते हुए अंतरिक्ष यात्री दल को बनाए रखेगा, और गहरे अंतरिक्ष वापसी वेग से सुरक्षित पुनः प्रवेश प्रदान करेगा।

III. GSDO: जीएसडीओ प्रोग्राम SLS और Orion-MPCV उड़ान प्रणाली को तैयार, इकट्ठा, परीक्षण, प्रक्षेपण करने और अंतरिक्ष उड़ान को पुनर्प्राप्त करने के लिए आवश्यक अवसंरचना को विकसित करना है।



चित्र सं. 11: SLS और ओरियन प्रक्षेपणयान के विभिन्न हार्डवेयर ।

(स्रोत: NASA)

3.1 ओरियन अंतरिक्ष यान

NASA के आर्टेमिस मिशन पर एक अनोखा अंतरिक्ष यान प्रक्षेपण करेगा। अंतरिक्ष यात्री दल के लिए बनाया गया NASA का सबसे नया अंतरिक्ष यान ओरियन [1, 3], चंद्रमा पर अंतरिक्ष यात्रियों को भेजने में सक्षम होने के लिए विकसित (तालिका सं. 01 और 02) किया गया है और अंततः उन्हें मंगल ग्रह पर भेजने का एक महत्वपूर्ण हिस्सा है। आर्टेमिस I पर मानव रहित ओरियन (चित्र सं. 12 और 13) का परीक्षण किया जाएगा और चंद्रमा से 64373 कि.मी. की दूरी तय करेगा, जो अब तक के अंतरिक्ष यात्री दल के लिए बनाए गए किसी भी अंतरिक्ष यान की तुलना में कहीं अधिक। यह अंतरिक्ष यात्री दल वाले आर्टेमिस II मिशन और उसके बाद के मिशनों की तैयारी करेगा जो अंतरिक्ष यात्रियों को चंद्रमा की सतह और गेटवे तक पहुंचाएगा।

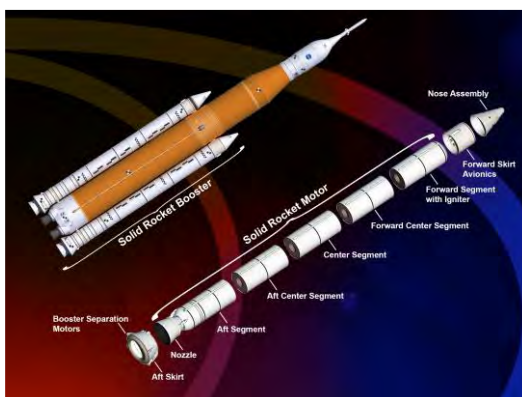
नॉर्थ्रॉप ग्रुम्मन (Northrop Grumman) नासा के SLS प्रक्षेपणयान के लिए पांच अनुभाग वाला अभिवर्धक, BSMs, LAS मोटर्स और तुंगता नियंत्रण मोटर का निर्माण करता है [4]। SLS प्रक्षेपणयान के इन तीन मुख्य घटकों को निम्न प्रकार से समझा जा सकता है।

3.2.1 SLS अभिवर्धक मोटर

पांच अनुभाग वाला SLS अभिवर्धक, अब तक के सभी प्रक्षेपणों के लिए बनाया गया सबसे बड़ा ठोस रॉकेट मोटर (चित्र सं. 14) है। SLS अभिवर्धक, अंतरिक्ष शटल के उड़ान-सिद्ध चार-खंड RSRM के साथ कुछ डिजाइन में काफी हद तक समानता साझा करता है, लेकिन 20 प्रतिशत अधिक औसतन प्रणोद और 24 प्रतिशत अधिक कुल आवेग उत्पन्न करता [4] है। जबकि अंतरिक्ष शटल RSRM का उत्पादन समाप्त हो गया है, SLS के लिए निरंतर अभिवर्धक उत्पादन लागत बचत और विश्वसनीय सामग्री स्रोतों तक पहुंचने में मदद करता है। ठोस रॉकेट अभिवर्धक में अंतरिक्ष शटल के अभिवर्धक की तुलना में कुछ [1, 4] निम्न सुधार किए गए हैं;

- 25 प्रतिशत अधिक नोदक
- नया एस्बेस्टस मुक्त इन्सुलेशन और लाइनर विन्यास/व्यवस्था
- नया नोजल डिजाइन
- न्यू एवियोनिक्स
- बेहतर गैर-विनाशकारी मूल्यांकन प्रक्रियाएं

पांच अनुभाग वाला SLS अभिवर्धक लगभग 16013.6 kN का अधिकतम प्रणोद उत्पन्न करता है। SLS अभिवर्धक में नई तकनीकों और सामग्रियों को भी शामिल किया गया है, जैसे कि गैर-एस्बेस्टस वाला ऊष्मा-रोधक जो लागत और वजन दोनों में बचत प्रदान करता है। SLS अभिवर्धक ने प्रक्षेपणयान [1, 6] के लिए योग्यता (तालिका सं. 03) पूरी कर ली है, अभी उत्पादन में है, और NASA की 2022 की प्रारंभिक SLS प्रक्षेपण और बाद की प्रक्षेपणों को पूरा करने के लिए निर्धारित समय पर है।



चित्र सं. 14: पांच अनुभाग वाला SLS अभिवर्धक के विभिन्न घटक। (स्रोत: NASA)

तालिका सं. 03: SLS अभिवर्धक के कुछ महत्वपूर्ण आँकड़े [4, 6]

| क्र.सं. | घटक | पैरामीटर | प्रतिरूपी विवरण |
|---------|---------------|---------------------------|--------------------------------------------|
| 1 | मोटर विवरण | मोटर व्यास, मी. | 3.66 |
| 2 | | मोटर की लंबाई, मी. | 53.95 |
| 3 | मोटर निष्पादन | ज्वलन काल, सेकंड | 126 |
| 4 | | औसत कक्ष दबाव, ksc | 40.22 |
| 5 | | कुल आवेग, kN-sec | 1325570 |
| 6 | | औसतन ज्वलन काल प्रणोद, kN | 9996.19 |
| 7 | नोजल | निर्माण की सामग्री | D6AC स्टील |
| 8 | | निर्गम व्यास, मी. | 3.80 |
| 9 | | प्रसरण अनुपात, औसत | 7.72 |
| 10 | वजन टन | मोटर | 733.06 |
| 11 | | नोदक | 647.64 |
| 12 | | नोजल | 10.95 |
| 13 | अन्य | नोदक सूत्रीकरण | TP-H1148 VIII, PBAN पॉलीमर, 86% ठोस पदार्थ |
| 14 | | खतरा वर्गीकरण | 1.3 |

3.2.2 अभिवर्धक पृथक्करण मोटर

अभिवर्धक पृथक्करण मोटर्स RSRM को अंतरिक्ष यान से सुरक्षित रूप से अलग करने के लिए अभिकल्पित किया गया, नॉर्थ्रॉप ग्रुम्मन BSMs मानव अंतरिक्ष उड़ान के लिए गहन रूप से योग्य थे और पिछले पंद्रह अंतरिक्ष शटल (Space Shuttle) मिशनों में सफलतापूर्वक उपयोग किए गए थे। ये वही BSM मोटर्स (तालिका सं. 04) NASA के SLS का भी एक महत्वपूर्ण हिस्सा है। प्रत्येक पांच अनुभाग वाला SLS अभिवर्धक के आगे के छिन्नक में चार BSM स्थापित किए गए हैं और चार को आफ्टर स्कर्ट में स्थापित किया गया है, प्रत्येक प्रक्षेपण के लिए कुल 16 BSM लगाए जाते हैं। सभी 16 BSM एक साथ अभिवर्धक सेपरेशन पर मिशन में दो मिनट से थोड़ा अधिक समय तक फायर करते हैं, जो पृथ्वी की सतह से लगभग 40.23 समुद्री कि.मी. ऊपर है। प्रज्वलन के समय 4828 कि.मी. प्रति घंटे की यात्रा करते हुए, प्रत्येक BSM (चित्र सं. 15) अपने एक सेकंड के बर्न पर लगभग 88.96 kN का औसत प्रणोद देता है, जिससे प्रक्षेपणयान की सफलता सुनिश्चित होती है।



चित्र सं. 15: अभिवर्धक पृथक्करण मोटर का स्थिर परीक्षण। (स्रोत: NASA)

तालिका सं. 04: SLS अभिवर्धक पृथक्करण मोटर के कुछ महत्वपूर्ण आँकड़े [4]

| क्र.सं. | घटक | पैरामीटर | प्रतिरूपी विवरण |
|---------|---------------|-----------------------------|-----------------|
| 1 | मोटर विवरण | मोटर व्यास, मी. | 0.33 |
| 2 | | मोटर की लंबाई, मी. | 0.79 |
| 3 | मोटर निष्पादन | ज्वलन काल, सेकंड | 0.68 |
| 4 | | अधिकतम प्रणोद, kN | 100.08 |
| 5 | | कुल आवेग, kN-sec | 1.06 |
| 6 | | औसतन ज्वलन काल प्रणोद, kN | 98.30 |
| 7 | नोजल | नोजल निर्गम शंकु व्यास, मी. | 0.19 |
| 8 | वज़न, kg | मोटर | 75.75 |
| 9 | | नोदक | 34.93 |
| 10 | अन्य | नोदक सूत्रीकरण | TP-H1262 |
| 11 | | खतरा वर्गीकरण | 1.3 |

3.2.3 लॉन्च एबॉर्ट मोटर

लॉन्च एबॉर्ट मोटर NASA के LAS का एक अभिन्न अंग है। LAS को प्रमोचन मंच पर या चढ़ाई के दौरान आपातकाल की स्थिति में SLS प्रमोचनयान से ओरियन क्रू मॉड्यूल (चित्र सं. 16) को सुरक्षित रूप से खींचने के लिए अभिकल्पित किया गया है। एबॉर्ट मोटर 17 फीट से अधिक लंबा है और तीन फीट व्यास का है, और इसमें एक रिवोल्यूशनरी टर्न फ्लो रॉकेट मैनिफोल्ड तकनीक शामिल है। नवंबर 2008, जून 2017 और दिसंबर 2018 में नॉर्थ्रॉप ग्रुम्मन द्वारा एबॉर्ट मोटर का सफलतापूर्वक स्थैतिक परीक्षण (तालिका सं. 05) किया गया था और 2010 में ओरियन के पैड एबॉर्ट 1 परीक्षण और 2019 में एसेंट एबॉर्ट-2 परीक्षण के दौरान सफलतापूर्वक प्रक्षेपण परीक्षण किया गया था।



चित्र सं. 16: लॉन्च एबॉर्ट मोटर / (स्रोत: NASA)

तालिका सं. 05: लॉन्च एबॉर्ट सिस्टम के कुछ महत्वपूर्ण आँकड़े [4]

| क्र.सं. | घटक | पैरामीटर | प्रतिरूपी विवरण |
|---------|---------------|-----------------------------|---------------------------------------|
| 1 | मोटर विवरण | मोटर व्यास, मी. | 0.93 |
| 2 | | मोटर की लंबाई, मी. | 5.68 |
| 3 | मोटर निष्पादन | ज्वलन काल, सेकंड | 4.3 |
| 4 | | अधिकतम प्रणोद, kN | 1833.73 |
| 5 | | कुल आवेग, MN-sec | 4.65 |
| 6 | | औसतन ज्वलन काल प्रणोद, kN | 1160.98 |
| 7 | नोजल | नोजल निर्गम शंकु व्यास, मी. | 0.51 |
| 8 | वज़न, kg | मोटर | 3460.45 |
| 9 | | नोदक | 2154.56 |
| 10 | अन्य | नोदक सूत्रीकरण | TP-H1264, HTPB पॉलिमर, 6% एल्यूमीनियम |
| 11 | | खतरा वर्गीकरण | 1.3 |

4. निष्कर्ष

चंद्रमा पर एक मजबूत मानव वापसी का नेतृत्व करने के लिए आवश्यक सभी प्रमुख घटक चल रहे हैं, और 2022 में NASA की डीप स्पेस ट्रांसपोर्टेशन प्रणाली एकीकरण से पहले परीक्षण अपने अंतिम चरण में हैं। आर्टेमिस I और आर्टेमिस II उड़ान परीक्षण रॉकेट और अंतरिक्ष यान के प्रदर्शन को सत्यापित करेंगे और अमेरिका को एक बार फिर से अंतरिक्ष यात्रियों को चंद्रमा पर वापस लाने के लिए अंतरिक्ष के अग्रिम अनुसंधान और प्रौद्योगिकी को नयी दिशा देगा। NASA अपने सहयोगियों के साथ लैंडर बना

5. संदर्भ

- [1] <https://www.nasa.gov/content/artemis-i-overview>
- [2] https://en.wikipedia.org/wiki/Lunar_Polar_Exploration_Mission
- [3] https://en.wikipedia.org/wiki/Artemis_program
- [4] <https://www.northropgrumman.com/PropulsionProductsCatalog>
- [5] <https://earthsky.org/space/artemis1-our-return-to-moon/mission>
- [6] SLS Booster Development Jeremy J. Redden Orbital ATK, Corinne, UT, 84307

लेखक परिचय –



श्री पूरन सिंह, वर्ष 2014 से भारतीय अंतरिक्ष विभाग के विक्रम साराभाई अनुसंधान केंद्र के अनुभाग आर.पी.पी./एस.ई.आर.पी. (RPP/SPRE) में नियुक्त हैं। वर्तमान में वह वैज्ञानिक ,/अभियंता-SD के पद पर कार्यरत हैं। इसके साथ मार्च ,साथ-2016 को उन्होंने केमिकल यांत्रिकी में स्नातक डिग्री एई.आई.एम. (AMIE), इंस्टीट्यूशन ऑफ इंजीनियर्स (इंडिया), कोलकाता से मात्र 2 वर्ष के अंदर हाँसिल किया। वर्तमान में उनकी प्रमुख जिम्मेदारियाँ ,PSOXL (Strap-on Motor), SPM)Special Purpose Motor(, Igniter, TSM (Thermal Simulation Motor), Gaganyaan CES (Crew Escape System), RLV, ATVP इत्यादि ठोस प्रणोदक मोटर्स के छोटे एवं बड़े वर्ग के ग्रैनों/मोटर्स का उत्पादन ,टिमिंग और फिनिसिंग हैं। इसके अलावा उनकी महत्वपूर्ण जिम्मेदारियों में से एक , विविध बैलिस्टिक मूल्यांकन तकनीक जैसे कि)Agni Burn Rate, Ultrasonic Burn Rate एवं Solid Strand Burn Rate जिसका प्रयोग ,का प्रयोग करके ठोस प्रणोदक मोटरों की ज्वलन दर मापना हैं (PSLV, GSLV Mk-II, GSLV Mk-III, RLV, Gaganyaan, ATVP जैसे प्रक्षेपणयानों के प्रदर्शन का पूर्वानुमान लगाने के लिए किया जाता हैं। उनकी प्रमुख रूची का क्षेत्र रॉकेट प्रणोदन ठोस , ठोस नोदक प्रणोदन , मोटर के दहन, ठोस मोटर की ज्वलन दर मापना इत्यादि हैं।

प्रगति के मार्गदर्शक - अंतरिक्ष अनुसंधान।

अज़हर नेहाल, विकास इंजन एकीकरण विभाग, आई.पी.आर.सी.

१५ अक्टूबर २०२२

मनुष्य बुद्धिमान एवं साहसी प्रजाति है, और उसके ज्ञान की असीमित प्रयास उसे अद्वितीय बनाती है। अतः ब्रह्मांड के छुपे रहस्यों को जानने की जिज्ञासा, और उसपर विजय पाने की आशा, मनुष्य को आज हर परिसीमा लांघने पर मजबूर कर रही है। किन्तु इन सभी रहस्यों में, अंतरिक्ष के छिपे रहस्यों को जानने की उत्सुकता मनुष्य में अधिक है, और यह स्वभाविक भी है। अंतरिक्ष में पृथ्वी, सूर्य, चाँद और अनेक ज्ञात और अज्ञात कड़ी मौजूद है, जो मनुष्य को सालों से विचलित करते आ रहे हैं। अंतरिक्ष की सीमा का अज्ञात होना और उस पर पूर्णतः सफलता नहीं मिल पाना मनुष्य की श्रेष्ठता को चोट पहुँचाता आ रहा है, लेकिन ये साथ ही अनुसंधान के अनेक अवसर भी पैदा कर रहा है।

पहले के समय में मनुष्य की अनुसंधान की क्षमता सिर्फ धरती और उसके रहस्यों तक ही सीमित थी। पर पिछले कुछ दशकों में, जैसे-जैसे अंतरिक्ष और उसके लाभ आम लोगों तक पहुंचने लगे, मनुष्य में अंतरिक्ष पर विजय पाने की प्रयास और भी जाग उठी। उसके पश्चात रॉकेट का आविष्कार हुआ और अंतरिक्ष अनुसंधान का मुख्य दौर चला। उत्तर अमेरिका एवं रूस की शीतयुद्ध, इस लहर को बढ़ावा दे रही थी। हालांकि रूस के यूरी गैगारिन पहले व्यक्ति बनें जो अंतरिक्ष पहुंचने में सक्षम रहे, लेकिन अमेरिका के नील आर्मस्ट्रांग पहले व्यक्ति थे जिन्होंने चाँद पर अपना पहला कदम रखा। यहाँ यह कहना आवश्यक है कि, ये दोनों घटनाएं न केवल अंतरिक्ष अनुसंधान में मील का पत्थर बनें, पर आने वाले दर्शकों में इन घटनाओं ने अंतरिक्ष अनुसंधान को दिशा भी दिखाई।

आज मानव जाति तकनीकी चुनौतियों का सामना कर अंतरिक्ष संबंधी अनेक पड़ावों को पार कर चुका है। इनमें से कुछ मुख्य उदाहरण हैं - अंतरिक्ष यात्रा, अंतरिक्ष स्टेशन, हबल एवं जेम्स वेब दूरबीन, पुनः प्रयोज्य रॉकेट, अंतरिक्ष यान, और दूसरे ग्रहों की समीक्षा। यह सफलताएं इसलिए भी आवश्यक है क्योंकि ये अंतरिक्ष के अज्ञात कठिनाइयों को पार करने में मनुष्य अपने अनुसंधान की सीमा को भी बढ़ावा दे रहा है। इतिहास इसका गवाह है की अंतरिक्ष अनुसंधान संबंधित चुनौतियों पर विजय प्राप्ति मनुष्य को लाभदायक भी साबित हो रही है। इनमें से कुछ सफलताएं हमारे जीवन का हिस्सा भी बन चुकी है। इसके कुछ उदाहरण हैं -

- i. पानी फिल्टर - अंतरिक्ष यान में पानी की पुनः उपयोग की आवश्यकता को देखते हुए, १९६० के दशक में नासा द्वारा ऐसे यंत्र और रसायन का आविष्कार हुआ जो पानी को फिल्टर कर, उसे पुनः उपयोगी बना देता है। इस तकनीक के अनेक रूप आज हम पीने के पानी और स्विमिंग पूल में इस्तेमाल कर रहे हैं।
- ii. इंसुलिन पंप - बाहरी एवं आंतरिक प्रकार के यह यन्त्र मनुष्य को लंबे समय तक सटीक मात्रा में इंसुलिन की खुराक दे सकते हैं। इस तकनीक का आविष्कार, नासा के वाइकिंग यान पर आधारित है और आज के समय में ये लाभदायक साबित हुए हैं।



चित्र १ - इंसुलिन पंप

- iii. स्मरण शक्ति युक्त फोम - इसका आविष्कार, अंतरिक्ष यात्रियों की यात्रा को आरामदायक बनाने के लिए किया गया था। इस फोम की यह खूबी है कि ये झटके की शक्ति को, अपना रूप बदल कर, अपने अंदर समा सकता है, और उस शक्ति के हटने पर वापस अपना रूप धारण कर सकता है। आज इसका प्रयोग हम आपने कई वस्तुओं में करने लगे हैं उदाहरण के लिए फुट बॉल के हेलमेट, गद्दे इत्यादि।



चित्र २ - स्मरण शक्ति युक्त फोम

- iv. कर्णावर्ती प्रत्यारोपण - यह यन्त्र, वाणी की जानकारी को विद्युत चिन्ह में तब्दील कर दिमाग में भेज देता है। इस यन्त्र को चलाने वाली बैटरी, अंतरिक्ष अनुसंधान की देन है और आज ये हमें लाभदायक साबित हो रहे हैं।



चित्र ३ - कर्णावर्ती प्रत्यारोपण

- v. खरोंच प्रतिरोधी लेंस - इस तकनीक का आविष्कार नासा द्वारा अंतरिक्ष यात्रियों के हेलमेट के लिए किया गया था। आज हम इस तकनीक का प्रयोग अपने चश्मे की लेंस में कर रहे हैं।
- vi. इंटरनेट ऑफ थिंग्स - इसका इस्तेमाल अंतरिक्ष स्टेशन के प्रयोगशाला में दूर से ही प्रयोगों को नियंत्रण के लिए किया जाता था। आज इस तकनीक का इस्तेमाल, आम लोगों तक पहुँच चुकी है।



चित्र ४- इंटरनेट ऑफ थिंग्स

- vii. पोषण तत्व - अंतरिक्ष यात्रियों के पोषण के लिए अनेक तत्व बनाए गए जो उनको अंतरिक्ष में जरूरतमंद पोषण देते हैं। आज उन्हीं तत्वों का प्रयोग हम अपने बच्चों को पोषण देने में करते हैं।
- viii. इन्फ्रारेड थर्मामीटर - इस यंत्र को तारों के तापमान को नापने के लिए बनाया गया था। इसी तकनीक का प्रयोग आज हम अनेक जगह तापमान नापने के लिए करते हैं।



चित्र ५- इन्फ्रारेड थर्मामीटर

- ix. लेसिक - इस तकनीक का प्रयोग अंतरिक्ष यान आई.एस.एस. में आई ट्रेकिंग डिवाइस प्रयोग के लिए बनाया गया था। आज इसी तकनीक का प्रयोग हम आँखों की सर्जरी के लिए कर रहे हैं।
- x. बनावटी अंग - यह नासा की अंतरिक्ष अनुसंधान के ही देन हैं, जो हमें आज बनावटी अंग की तकनीक हासिल हुई।



चित्र ६ - बनावटी अंग

दिए गए उदाहरणों के अलावा भी अनेक छोटे-बड़े तकनीकों की खोज आज हमारे समाज में लाभदायक साबित हो रहे हैं। इसलिए यह जरूरी है की हम अंतरिक्ष अनुसंधान में आगे बढ़ते रहें।

हाल की अंतरिक्ष अनुसंधान की दिशा - अंतरिक्ष यात्रा, लंबे समय तक अंतरिक्ष में रहना, दूसरे ग्रहों में स्थापना, दूर उपग्रहों तक पहुँचना, जैसे पड़ावों पर आधारित है। ये सभी पड़ाव मनुष्य के वर्तमान में उपलब्ध तकनीकों से संभव नहीं है। इसलिए यह अनिवार्य है कि हम अंतरिक्ष अनुसंधान में अपना ध्यान बढ़ाते रहे। भविष्य के अंतरिक्ष संबंधी कुछ मुख्य पड़ाव इस प्रकार के हैं -

- i. अंतरिक्ष के गहराइयों तक पहुँचने योग्य अंतरिक्ष यान और लंबे समय तक संचालन शक्ति देने योग्य प्रणोदक - आज के समय में परमाणु शक्ति ही इस पड़ाव पर सफलता के योग्य है। अतः परमाणु शक्ति कि अंतरिक्ष में प्रयोग पर अनुसंधान चल रहा है। इस क्षेत्र में विद्युत प्रणोदक, आयानिक प्रणोदक जैसे तकनीकों पर भी काम चल रहा है, जो हमें लंबे समय तक संचालन शक्ति देने में योग्य हो।



चित्र ७- विद्युत प्रणोदक

- ii. अंतरिक्ष के कबाड़ का संचालन - आज के समय में अंतरिक्ष में कचरे भर रहे हैं। इन कचरों का स्रोत कोई मृत अंतरिक्ष यान या उसके टूटे हुए टुकड़े हो सकते हैं, जो धरती की चक्कर काट रहे हैं। दिन प्रति दिन इनकी संख्या काफी बढ़ रही है और इसका नियंत्रण मुश्किल साबित हुआ है। अतः इनके संचालन के लिए अनुसंधान की आवश्यकता है।



चित्र ८ - धरती के चारों ओर अंतरिक्ष यान

- iii. अंतरिक्ष में ढांचा का निर्माण - आने वाले समय में अंतरिक्ष में निर्माण करना आवश्यक हो जाएगा। इसके हेतु ऐसे ढांचे और पदार्थों की आवश्यकता है, जो हल्का एवं अधिक भार लेने में सक्षम हो। इस क्षेत्र में अनुसंधान के कई अवसर हैं।



चित्र ९ - अन्तर्राष्ट्रीय अन्तरिक्ष स्टेशन

- iv. शक्तिशाली रॉकेट - आने वाले समय में और शक्तिशाली रॉकेट की जरूरत होगी जो अधिक भार को अंतरिक्ष तक पहुंचा सके। इसके लिए दुनिया के सभी अंतरिक्ष संबंधी संगठन इस पर काम कर रहे हैं।
- v. अंतरिक्ष पर्यटन - इस क्षेत्र में हाल की उत्सुकता देख, यह अनुमान लगाया जा रहा है कि आने वाले समय में इसे काफी बढ़ावा मिलेगा। इसलिए अंतरिक्ष पर्यटन के लिए अनेक अनुसंधान के अवसर पैदा हो रहे हैं, जो पर्यटन के खर्च को कम कर सकें।



चित्र १० - अंतरिक्ष पर्यटन

- vi. ग्रहों की औपनिवेशीकरण - मनुष्य प्रजाति की दिशा, एकाधिक ग्रहों पर अपनी स्थापना करना है। इसके लिए ग्रहों की औपनिवेशीकरण की आवश्यकता है, जो अनुसंधान के कई राह खोल सकता है।



चित्र ११ - ग्रहों की औपनिवेशीकरण

- vii. अंतरिक्ष में धातुओं की खोज - अंतरिक्ष में धातुओं की अपार संग्रह है जो मनुष्य के लिए लाभदायक है। इसलिए अंतरिक्ष में इसका खनन आने वाले समय में बन सकता है जो अनुसंधान के कई अवसरों को पैदा करें।



चित्र १२- अंतरिक्ष में धातुओं की खोज

इन पड़ावों के अलावा कई और छोटे-बड़े तकनीकी पड़ाव जैसे अंतरिक्ष में पौधा उगाना, दूसरे ग्रहों में ईंधन की खोज करना और निकालना, अंतरिक्ष यान में असीमित ईंधन होना अथवा एक ईंधन का विकल्प ढूँढना, लंबे समय तक अंतरिक्ष में मनुष्य की शरीर की सीमा को समझना और बढ़ाना, दूरसंचार के नए विकल्प को ढूँढना कुछ ऐसे पड़ाव हैं, जिन पर मनुष्य को विजय हासिल करनी है।

अंत में, यह कहना जरूरी है कि अंतरिक्ष अनुसंधान कुछ नए एवं पेचीदा तथ्यों को पेश कर रहा है जो मनुष्य ने पहले कभी नहीं देखा। परंतु हमें इसे एक अवसर की तरह देख कर इस पर विजय हासिल करने की कोशिश करनी है। इतिहास हमें बताती है कि जब-जब मनुष्य को मुश्किलों का सामना करना पड़ा है, वह उसपर पूरा संघर्ष कर, उस पर विजय पाया है। अतः हम सब को विश्वास करना चाहिए कि आने वाले अंतरिक्ष संबंधी पड़ावों को हम पूर्ण सफलता के साथ, उसके उद्देश्यों को पूरा करेंगे।

संदर्भ

1. https://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/news/b4h-3rd/it-advanced-nasa-water-purification/
2. <https://www.nasa.gov/centers/kennedy/news/facts/nasaspinoff.html>
3. <https://www.nasa.gov/offices/oct/40-years-of-nasa-spinoff/memory-foam>
4. https://spinoff.nasa.gov/Spinoff2017/cg_4.html
5. <https://spinoff.nasa.gov/spinoff1996/43.html>
6. <https://arxiv.org/pdf/2109.05971.pdf>
7. https://www.nasa.gov/pdf/143163main_Space.Food.and.Nutrition.pdf
8. <https://spinoff.nasa.gov/node/9433>
9. <https://spinoff.nasa.gov/node/9845>
10. https://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/benefits/eye_tracking_device/

लेखक परिचय -



अज़हर नेहाल, विकास इंजन एकीकरण विभाग, आई.पी.आर.सी.

अंतरिक्ष अनुसंधान में हाल की प्रगति - नवाचार और उद्भवन के अवसर

**रुपेश कुमार, वैज्ञानिक/इंजीनियर - एससी,
इसरो द्रव नोदन प्रणाली केन्द्र, महेंद्रगिरी**

हमारा प्यारा भारत आज आत्मनिर्भर भारत बनने की दिशा में अग्रसर है। आत्मनिर्भरता के इस संकल्प में भारत का हर एक नागरिक एवं हर एक छात्र अपनी-अपनी भूमिका निभा रहा है। आज भारत इकिशवी सदी में एक महाशक्ति एवं विश्वगुरु बनने की आधारभूत क्षमता एवं सामर्थ्य रखता है। भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान क्षेत्र आत्मनिर्भरता के इसी संकल्प को एक बल प्रदान करता है।

भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान आज विश्व में अपनी विशिष्ट तकनीकी एवं अभियान संचालन क्षमता के साथ एक अलग पहचान बनाई है। आज भारतीय अनुसंधान छात्र जो कुछ वर्षों पहले पूर्ण रूप से अनुसंधान एवं विकास के लिए भारत सरकार के अधिपत्य था, आज वो भारत के निजी एवं सार्वजनिक उद्योगों को इस क्षेत्र में अनुसंधान एवं विकास के लिए प्रोत्साहित कर रहा है।

भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान ने अपने पचास वर्षों के इस सफ़र में अनेको तकनीक का विकास किया है। आज भारत ध्रुवी उपग्रह एवं भू-तुल्यकालिक उपग्रह प्रछेपन में आत्मनिर्भर है। वहीं उपग्रह निर्माण एवं उन्नत उपग्रह प्रोद्योगिकी में भी आत्मनिर्भरता हासिल कर चुका है। भारत अन्तर खगोलीय अभियान करने में अपनी सामर्थ्यता विश्व को प्रदर्शित किया है। भारत के अंतरिक्ष अनुसंधान की सारी उपलब्धियां भारत ने भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संघटन इसरो द्वारा हासिल की हैं। इसरो अंतरिक्ष अनुसंधान एवं विज्ञान के क्षेत्र में एक उच्च कोटि की संस्था है। इसरो ने देश के अंतरिक्ष क्षेत्र में उन्नत तकनीक से लेकर मानव संसाधन की एवं विशिष्ट पूंजी बनाई है। इसरो के इस सफ़र में अनेको निजी एवं सार्वजनिक उद्योगों ने अपनी उत्पादन क्षमता से इसरो का सहयोग किया है।

विश्व एवं प्रोद्योगिकी के बदलते स्वरूप एवं देश के विकास मार्ग में आ रही जरूरतों को ध्यान में रखते हुए वर्ष २०२१ में भारत सरकार ने भारतीय अंतरिक्ष क्षेत्र में एक बहुत ही मत्वपूर्ण निर्णय लेते हुए इस क्षेत्र को निजी एवं सार्वजनिक उद्योगों के लिए खोल दिया। भारत सरकार का यह निर्णय भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम के इतिहास में लिया गया एक बहुमूल्य निर्णय है। भारत सरकार के इस निर्णय ने इन-स्पेस जैसी संस्था को जन्म दिया। इन-स्पेस का मुख्या काम भरता में निजी उद्योगों का भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान एवं नवाचार क्षेत्र में योगदान को बढ़ाना है। भारतीय निजी और सार्वजनिक उद्योगों एवं प्रतिभाशाली स्टार्टअप की काबिलियत आज हर क्षेत्र में दिखाई देती है। अभी तक भारतीय निजी और सार्वजनिक उद्योगों ने भारतीय

अंतरिक्ष कार्यक्रम में अपना योगदान अपनी उत्पादन क्षमता के जरिये दिया है। इस व्यवस्था में भारतीय निजी और सार्वजनिक उद्योग अनुसंधान एवं प्रोद्योगिकी के लिए मुख्यतः इसरो पे निर्भर हुआ करती थी जो निजी उद्योग के विकास में एक मत्वपूर्ण भूमिका निभाई। अंतरिक्ष अनुसंधान विज्ञान के तोर पे एक बहोत ही जटिल एवं आर्थिक तोर पे बहोत ही निवेश युक्त छेत्र रहा है। आज भारत के बदलते हुए आर्थिक एवं सामाजिक स्वरूप लोगो एवं निजी उद्योगों को इस छेत्र की और आकर्षित कर रहा है। अर्थव्यवस्था के दृष्टी से भारत आज विश्व अंतरिक्ष अर्थव्यवस्था में तीन प्रतिशत का योगदान निभा रहा है। विश्व अंतरिक्ष अर्थव्यवस्था आज ३०० बिलियन डॉलर की अर्थव्यवस्था बन चुकी है। अर्थव्यवस्था के दृष्टी से यह छेत्र भारत के लिए बेहत ही महत्वपूर्ण हो जाता है जो भारत के ५ ट्रिलियन अर्थव्यवस्था के सपने को साकार करने में मदद कर सकती है।

अंतरिक्ष अनुसंधान एवं अंतरिक्ष आधारित सेवाओं में निजी छेत्र के योगदान को बढ़ावा देने के लिए भारत सरकार, अनेको प्रयाश कर रही है। भारत सरकार के इस प्रयास को भारत सरकार की संस्था इन-स्पेस, इसरो, निति आयोग एव अनेको और संस्थाएँ अपना योगदान दे रही है। नवाचार एवं उद्भवन में निजी उद्योग एवं स्टार्टअप को प्रोत्साहन देने के लिए अनेको प्रयास किये जा रहे हैं।

अंतरिक्ष अनुसंधान में नवाचार एवं उद्भवन के अवसर को बढ़ावा देने वाले भारत सरकार के कुछ विशिष्ट प्रयास जो आज देश में अंतरिक्ष नवाचार एवं उद्भवन के नये नये अवसर खोल रहे हैं।

१. **आईएसपीए (भारतीय अंतरिक्ष संघ)** - भारतीय अंतरिक्ष संघ का लक्ष्य भारत के अंतरिक्ष क्षेत्र में निजी और सार्वजनिक उद्योगों की भागीदारी, विकास और क्षमता निर्माण के लिए एक समर्थक और सुविधाकर्ता बनना है। भारतीय अंतरिक्ष संघ भारत सरकार के साथ जुड़कर नियामक निकाय, राष्ट्रीय और अंतर्राष्ट्रीय निकाय, और अन्य हितधारकों के साथ-साथ कुशल और उपयुक्त नीतियां और नियामक ढांचे को प्रभावी रूप से तैयार करने एवं निर्माण करने का भी काम करेगी। भारतीय अंतरिक्ष संघ अंतरिक्ष छेत्र के लिए एक सर्वांगीण भूमिका यदा करेगी। इस संघ की मदद से निजी और सार्वजनिक उद्योग एवं नये उद्योगों को अंतरिक्ष अनुसंधान एवं नवाचार में एक बल मिलेगा। निजी और सार्वजनिक उद्योग इसरो की विकसित प्रोद्योगिकी का उपयोग आसानी से कर सकेंगे। भारतीय अंतरिक्ष संघ अंतरिक्ष संसाधनों की आसान उपलब्धता, पहुँच, वहनीयता और कुशल उपयोग के लिए एक मुख्य द्वार की तरह होगा जो देस में अंतरिक्ष अनुसंधान को एक गति प्रदान करेगा

| भारतीय अंतरिक्ष संघ और सार्वजनिक उद्योग के अनुसंधान को प्रचार करने और अंतरराष्ट्रीय सहयोग करने में भी सहायक होगा |

2. **इसरो उद्भवन केंद्र** - इसरो ने बीते एक साल में छह उद्भवन केंद्र की स्थापना की है | ये उद्भवन केंद्र भारत के पूरब में अगरतल्ला, पश्चिम में नागपुर, दक्षिण में त्रिची, उत्तर में जालंधर एवं भोपाल, राउरकेला में स्थापित किये गये हैं | ये उद्भवन केंद्र राष्ट्रीय प्रौद्योगिकी संस्थान में खोले गये हैं जो संस्थान के विद्यार्थियों में अंतरिक्ष अनुसंधान में नवाचार लाने में अपना योगदान दे सकेंगे | इस केंद्र के मध्यम से संस्थान के आस - पास के राज्यों में अंतरिक्ष अनुसंधान में नई प्रतिभा का आकर्षण बढ़ेगा | इसरो इन केंद्रों को अपनी अनुसंधान परियोजना का एक हिस्सा बनाएगा जो अपने नवाचार से इसरो एवं देश का विकास करेंगे |
3. **इन्स्पेस (भारतीय राष्ट्रीय अंतरिक्ष संवर्धन और प्राधिकरण केंद्र)** - इन्स्पेस एनजीपीई (गैर सरकारी निजी संस्था) को बढ़ावा देने के लिए यथा संभव प्रौद्योगिकी, विशेषज्ञता और सुविधाओं को मुफ्त में साँझा करने का एक उपयुक्त तंत्र तैयार कर रहा है | यह केंद्र एक मुख्य द्वार के तौर पे गैर सरकारी निजी संस्थाओं को अंतरिक्ष अनुसंधान एवं नवाचार में प्रोत्साहित करेगी | यह संस्था अंतरिक्ष नीति एवं अंतरिक्ष उपयोग से जुड़े नियम एवं कानून का निर्माण भी करेगी जो गैर सरकारी निजी संस्थानों को एक भरोसा एवं पारदर्शिता देगी | यह केंद्र अंतरराष्ट्रीय सहयोग एवं प्रत्यक्ष विदेशी निवेश के द्वार को भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान के क्षेत्र के लिए खोल दिया है जो इस क्षेत्र के लिए उर्जा का काम करेगी |
4. **अटल थिंकेरिंग लैब** - यह नीति आयोग, इसरो एवं सीबीएसई के साथ मिल के इस योजना पे काम कर रही है |
इस योजना का मुख्य उद्देश्य बच्चों में स्टेम(स - विज्ञान, ट- प्रौद्योगिकी, इ - अभियान्त्रिकी, म - गणित) मानसिकता का विकास करना है जो भविष्य में स्टेम के क्षेत्र में प्रगति लाये. यह पहल एक अनूठी पहल है जो सरकार के प्रोत्साहन को दर्शाता है |
5. **यूक्ति संचिता** - यूक्ति संचिता इसरो की ओर से एक अनूठी पहल है जो भारत में अंतरिक्ष अनुसंधान को एक स्वर्णिम अवसर प्रदान करती है | इसरो ने यूक्ति संचिता के माध्यम से 100 से व ज्यादा अनुसंधान विषय की एक सूची तैयार की है

| यह सूची आज के दौर में उन्नत अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी के विकास के लिए जरूरी अनुसंधान विषय है | इसरो यूपीके संचिता के माध्यम से अनुसंधान के लिए जरूरी सुविधाएं एवं आर्थिक सहायता भी प्रदान कर रही है |

६. **भारतीय स्टार्टअप** - आज भारतीय स्टार्टअप हर क्षेत्र में अपनी कुशलता एवं कौशलियता को प्रदर्शित कर रही है | बीते २ सालों में ३६८ भारतीय स्टार्टअप ने अंतरिक्ष के क्षेत्र में अनुसंधान एवं नवाचार के लिए अपने आप को पंजीकृत किया है | अंतरिक्ष के क्षेत्र में स्टार्टअप की यह संख्या भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान क्षेत्र में बढ़ते हुए अनुकूल वातावरण को दर्शाता है |

उपरोक्त सारे प्रयास ये दर्शाते हैं कि हमारे देश में आज अंतरिक्ष अनुसंधान एवं नवाचार को प्रोत्साहन देने की हर संभव प्रयास किया जा रहा है | ये सारे प्रयास भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान एवं नवाचार में असीम अवसर प्रदान कर रही है | इन सारे प्रयासों को देखते हुए ये कहना गलत नहीं होगा कि अंतरिक्ष अनुसंधान एवं नवाचार के क्षेत्र में भारत अपनी नई गौरव गाथा लिख रहा है |

-: जय हिन्द :-

लेखक परिचय -



में रूपेश कुमार वैज्ञानिक/इंजीनियर एससी इसरो के आईपीआरसी महेंद्रगिरि केंद्र में कार्यरत हूँ। वर्तमान में, मैं एकीकृत क्रायोजेनिक इंजन एवं चरण परीक्षण सुविधा परियोजना के लिए मापयंत्रण प्रणाली के रचना पर काम कर रहा हूँ। मैंने क्रायोजेनिक परीक्षण सुविधाओं के लिए बड़े पैमाने पर (3000 चैनल) डाटा अधिग्रहण प्रणाली के विकास और संचालन के लिए काम किया है। मेरी रुचि का मुख्य क्षेत्र कंप्यूटर सहायता प्राप्त माप और नियंत्रण, सॉफ्टवेयर विकास, डाटा अधिग्रहण और एम्बेडेड सिस्टम के विकास में है।

अंतरिक्ष अनुप्रयोग के लिए मैग्नीशियम मिश्र धातु पर माइक्रो आर्क ऑक्सीकरण

(मनौवर अन्सारी, वैज्ञानिक/इंजीनियर- एससी, आईएसएमपी/एमडीपीजी/आईएसपीई
इसरो जडत्विय प्रणाली एकक)

सार

अंतरिक्ष अनुप्रयोग के लिए यांत्रिक हार्डवेयर के निर्माण के लिए उपयोग की जाने वाली सभी सामग्रियों में मैग्नीशियम मिश्र धातु सबसे हल्की धातु सामग्री है। इसके अलावा, यह ज्ञात है कि मैग्नीशियम और इसके मिश्र धातु में कम घनत्व, उच्च विशिष्ट शक्ति (शक्ति और वजन के अनुपात), उत्कृष्ट आयामी स्थिरता, अच्छा विद्युत चुम्बकीय परिरक्षण, बेहतर अवमंदन क्षमता, अच्छी मशीन क्षमता और पुनरावृत्ति क्षमता जैसे अच्छे गुण होते हैं। इन विशेषताओं के कारण, मैग्नीशियम और इसके मिश्र धातु का व्यापक रूप से कई अनुप्रयोगों जैसे ऑटोमोटिव, एयरोस्पेस और संचार क्षेत्रों में इसके कई अच्छे गुणों के कारण व्यापक रूप से उपयोग किया जाता है। मैग्नीशियम और इसके मिश्र धातु में बहुत खराब घिसटन प्रतिरोध और संक्षारण प्रतिरोध गुण होते हैं, विशेष रूप से आक्रामक वातावरण में क्योंकि मैग्नीशियम की उच्च रासायनिक गतिविधि होती है। संक्षारण प्रतिरोध और घिसटन प्रतिरोध में सुधार के लिए मैग्नीशियम मिश्र धातु हार्डवेयर को क्रोमेट किया जाता है। क्रोमेटिंग सतह पर मैग्नीशियम ऑक्साइड (MgO) परत उत्पन्न करने के लिए एक प्रकार का रूपांतरण कोटिंग है, जो संक्षारण प्रतिरोध को बढ़ाता है, MgO परत की आवश्यक मोटाई प्राप्त करने के लिए विशेष समय के लिए एलोडीन विलयन में वर्कपीस को डुबो कर रखा जाता है। यह देखा गया है कि जब लंबे समय तक संग्रहीत एक क्रोमेटेड मैग्नीशियम मिश्र धातु घटक को खुला वातावरण में छोड़ा जाता है तो इस परत का क्षरण होने लगता है।

इसलिए, माइक्रो आर्क ऑक्सीकरण (एमएओ) का उपयोग संक्षारण प्रतिरोध में सुधार के साथ-साथ मैग्नीशियम मिश्र धातु घटकों के घिसटन प्रतिरोध में सुधार के लिए किया जाता है। शुद्ध मैग्नीशियम और इसके मिश्र धातुओं की सतह पर माइक्रो आर्क ऑक्साइड कोटिंग्स के परिणामस्वरूप उच्च मोटाई, उच्च कठोरता, उत्कृष्ट आसंजन शक्ति और अच्छा घिसटन प्रतिरोध होता है।

परिचय

मैग्नीशियम और इसके मिश्र धातुओं का उपयोग तेजी से एयरोस्पेस और ऑटोमोटिव अनुप्रयोगों के लिए किया जा रहा है क्योंकि ये बहुत हल्का, शक्ति और वजन के अनुपात उच्च होने के साथ-साथ मैग्नीशियम का घनत्व एल्यूमीनियम का दो-तिहाई और आयरन का एक-चौथाई होता है। गैर-धातु सामग्री जिसमें शक्ति और वजन के अनुपात उच्च होती है, का उपयोग मैग्नीशियम मिश्र धातु के स्थान पर नहीं किया जा सकता है क्योंकि सेंसर तंत्र द्वारा उत्पन्न

गर्मी के पर्याप्त अपव्यय की अनुमति देने और इस प्रकार क्लस्टर के भीतर तापमान के समान वितरण को प्राप्त करने के लिए इस हाउसिंग को तापीय प्रवाहकीय होना आवश्यक है। सबसे अधिक उपयोग की जाने वाली सामग्री के साथ मैग्नीशियम मिश्र धातु की विशिष्ट शक्ति तुलना तालिका -1 में नीचे दी गई है:

तालिका 1- विभिन्न सामग्रियों की विशिष्ट शक्ति की तुलना:

| सामग्री | तन्यता ताकत (MPa) | घनत्व (Kg/m ³) | विशिष्ट शक्ति (KN-m/Kg) |
|--------------------------------|-------------------|----------------------------|-------------------------|
| मैग्नीशियम मिश्रधातु | 230 | 1830 | 125 |
| कम कार्बन इस्पात | 365 | 7870 | 46 |
| एल्यूमिनियम मिश्र धातु | 340 | 2700 | 125 |
| टाइटैनीयम मिश्र धातु (Ti6Al4V) | 930 | 4430 | 209 |

मैग्नीशियम मिश्र धातु में एल्यूमीनियम मिश्र धातु के बराबर विशिष्ट शक्ति होती है लेकिन घनत्व कम होता है।

मैग्नीशियम मिश्र धातु (AZ92) के विभिन्न गुण नीचे दिए गए हैं:

(i) रासायनिक संरचना (भार %);

| Al | Cu | Mn | Si | Zn | Ni | Mg |
|---------|-----|----------|-----|---------|-----|---------|
| 8.3-9.7 | 0.3 | 0.15-0.3 | 0.3 | 1.6-2.4 | 0.1 | Balance |

(ii) यांत्रिक और भौतिक गुण: -

| वाईएस (YS) (MPa) | यूटीएस (UTS) (MPa) | ई(E) (GPa) | घनत्व (Density) (kg/m ³) | थकान क्षमता (MPa) |
|------------------|--------------------|------------|--------------------------------------|-------------------|
| 130 | 230 | 50 | 1.83 | 130 |

% बढ़ाव (50 मिमी लंबाई में)

: 3-5

कठोरता (बीएचएन)

: 84 बीएचएन

तापीय चालकता (के)

: 52 डब्ल्यू/एम-के

थर्मल विस्तार के गुणांक, α (0-100 डिग्री सेल्सियस)

: 25×10^{-6}

के-1

(iii) विशेष गुण:-

एयरोस्पेस अनुप्रयोगों के लिए उपयोग की जाने वाली सामग्रियों की तुलना करने के लिए, विभिन्न सामग्रियों के गुण नीचे तालिका 2 में दिए गए हैं:

| धातु | यूटीएस (MPa) | ऊष्मीय चालकता (डब्ल्यू/एम-के) | ताप विस्तार प्रसार गुणांक ($10^{-6} K^{-1}$) | मशीनन्-क्षमता | अवमन्दक | गलनांक ($^{\circ}C$) |
|--------------------------------|--------------|-------------------------------|------------------------------------------------|---------------|------------|------------------------|
| अल्युमीनियम | 340 | 170 | 23.1 | अच्छा | अच्छा | 660 |
| इस्पात (AISI 304) | 550 | 16.3 | 13 | अच्छा | बहुत अच्छा | 1450 |
| मैग्नीशियम मिश्रधातु (AZ92) | 230 | 52 | 25 | बहुत अच्छा | अच्छा | 650 |
| टाइटैनियम मिश्र धातु (Ti6Al4V) | 930 | 7 | 8.6 | खराब | अच्छा | 1668 |

लिका 2- विभिन्न एयरोस्पेस सामग्री के गुण:

ऊपर के आधार पर यह स्पष्ट है कि मैग्नीशियम मिश्र धातु हल्के वजन वाले एयरोस्पेस आवश्यकता के लिए अधिक उपयुक्त है, क्योंकि कम घनत्व, यथोचित उच्च विशिष्ट शक्ति और अच्छी मशीनन् क्षमता पाई जाती है। और संक्षारण प्रतिरोध और घिसटन प्रतिरोध में सुधार के लिए माइक्रो आर्क ऑक्सीकरण लेपन की सिफारिश की जाती है। इन कोटिंग्स का उपयोग उचित योग्यता प्रक्रियाओं के बाद किया जाता है।

एमएओ कोटिंग की योग्यता प्रक्रिया:

आयोजित की जाने वाली योग्यता परीक्षा

1. दृश्य निरीक्षण
2. मोटाई माप
3. आसंजन परीक्षण
4. आर्द्रता परीक्षण

5. तापीय चक्र
6. थर्मो वैक टेस्ट
7. कठोर परीक्षण
8. सौर अवशोषण परीक्षण
9. उत्सर्जन परीक्षण

- (1) दृश्य निरीक्षण: किसी भी प्रकार के मलिनिकरण, बिना ढकी सतह आदि के लिए सभी नमूनों का 10X आवर्धन पर निरीक्षण किया जाना है।
- (2) मोटाई माप: एसटीएम बी 244 के अनुसार एडी करंट विधि द्वारा मोटाई माप की जाती है।
- (3) आसंजन परीक्षण: एक मानक टेप लिया जाता है और पर्याप्त दबाव के साथ नमूने पर चिपकाया जाता है। फिर टेप को जल्दी से खींचा जाता है। कोटिंग को ऊपर बताए अनुसार दृश्य निरीक्षण के अधीन किया जाता है।
एमएओ कोटिंग का आसंजन ऐसा होना चाहिए कि परत के नीचे और एमएओ कोटिंग परतों और मूल धातु पर कोई विफलता न हो।
- (4) आर्द्रता परीक्षण: परीक्षण कूपन को 48 घंटों के लिए 50°C पर 95% RH के आर्द्र वातावरण में रखा जाता है। परीक्षण के बाद के नमूनों को 10X आवर्धन पर कोई दृश्य दोष प्रकट नहीं होना चाहिए।
- (5) तापीय चक्र परिक्षण: परिक्षण कूपन -95°C से 115°C तक तापमान रेंज के अधीन होते हैं। कूपन को अत्यधिक तापमान और परिवेश में 5 से 10 मिनट तक रखा जाता है। साइकिलों की संख्या 1500 है। परीक्षण के बाद कूपनों की दृष्टि से जांच की जाती है जैसा कि ऊपर उल्लेख किया गया है।
- (6) थर्मो वैक टेस्ट: टेस्ट कूपन 10-5 टॉर प्रेशर पर -95°C से 115°C तक तापमान रेंज के अधीन किया जाता है। कूपनों को 5 से 10 मिनट के लिए अत्यधिक तापमान और परिवेश में रखा जाएगा। साइकिलों की संख्या 10 है। परीक्षण के बाद कूपनों की दृष्टि से जांच की जाएगी जैसा कि ऊपर उल्लेख किया गया है।
- (7) कठोरता परीक्षण: एमएओ लेपित सतह की कठोरता नैनो इंडेंटेशन परीक्षण आयोजित करके निर्धारित की जाती है। इस परीक्षण भार में 0.1-2000 μ N के बीच लगाया जाता है, कठोरता मान को विकर कठोरता में मापा जाता है।
- (8) सौर अवशोषण परीक्षण: यह टेस्ट एसटीएस ई903 के तहत स्पेक्ट्रोफोटोमीटर यंत्र में किया जाता है, और इसका मान 0.45 आदर्श माना जाता है।
- (9) उत्सर्जन परीक्षण: यह टेस्ट उत्सर्जन परीक्षण यंत्र से किया जाता है, और इसका मान 0.85 आदर्श माना जाता है।

माइक्रो आर्क ऑक्सीकरण कोटिंग और इसकी प्रक्रिया:

माइक्रो आर्क ऑक्सीकरण (एमएओ) हल्के मिश्र धातुओं की सतह पर ऑक्साइड परतों के उत्पादन की एक रूपांतरण कोटिंग विधि है। एमएओ सतह कोटिंग की खास विशेषता है कि इसके सतह घिसटन प्रतिरोध, संक्षारण प्रतिरोध, थर्मल और रासायनिक स्थिर होता है। यह विधि एल्यूमीनियम, मैग्नीशियम और टाइटेनियम संरचना के मिश्र धातुओं के लिए उपयुक्त है, लेकिन इसे अन्य धातुओं जैसे कि जिंकोनियम, टैंटलम, नाइओबियम और कोबाल्ट पर भी लागू किया जा सकता है।

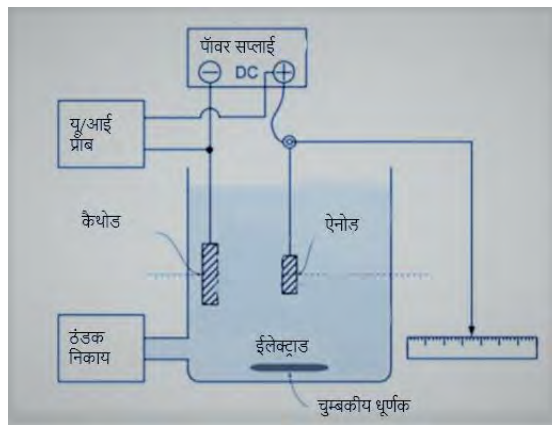
एमएओ कोटिंग एनोडाइजिंग प्रक्रिया के दौरान प्लाज्मा का उपयोग करती है जिसके निम्नलिखित फायदे हैं:

- (क) सख्त सतह का विकास।
- (ख) रासायनिक निष्क्रियता - अधिकांश एमएओ कोटिंग रासायनिक रूप से निष्क्रिय होते हैं।
- (ग) बेहतर आसंजन गुण।
- (घ) दरार मुक्त किनारों।

माइक्रो आर्क ऑक्सीकरण के माध्यम से गठित कोटिंग सतह हार्ड एनोडाइजिंग या स्टील की तुलना में 2 से 4 गुणा अधिक कठोरता प्रदान कर सकती है और घिसटन प्रतिरोध में वृद्धि प्रदान करती है।

माइक्रो आर्क ऑक्सीकरण को प्लाज्मा इलेक्ट्रोलाइटिक ऑक्सीकरण (पीईओ), एनोडिक चिंगारी निक्षेपण (एएसडी), प्लाज्मा रासायनिक ऑक्सीकरण (पीसीओ) भी कहा जाता है। यह कई धातु सामग्री के सतही उपचार के लिए एक रूपांतरण कोटिंग प्रक्रिया है, जो पर्याप्त जलीय विलयन में संक्षारण निष्क्रियता की ओर ले जाता है।

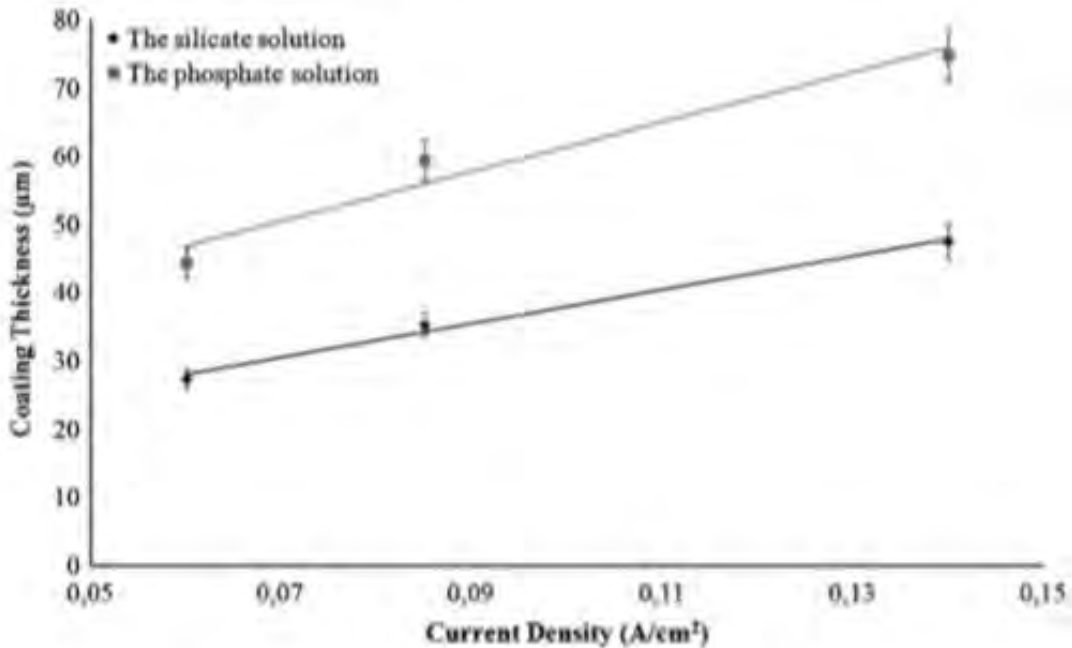
माइक्रो आर्क ऑक्सीकरण कोटिंग करने के लिए बिजली, चुंबकीय उत्तेजक, तांबा पाइप (ठंडक बढ़ाने के लिए), स्टेनलेस स्टील कैथोड और मैग्नीशियम सबस्ट्रेट को एनोड के रूप में इसतेमाल किया जाता है, जैसा कि चित्र में दिखाया गया है। प्रयुक्त इलेक्ट्रोलाइट में इलेक्ट्रोलाइट चालकता को समायोजित करने के लिए सोडियम सिलिकेट, पोटेशियम हाइड्रॉक्साइड, कोटिंग को सघन करने के लिए सोडियम हेक्सामेटाफॉस्फेट का इसतेमाल होता है।



एमएओ प्रक्रिया को क्रमशः एक स्पंदित द्वि-ध्रुवीय विद्युत स्रोत, इलेक्ट्रोलाइट के लिए एक बीकर और इलेक्ट्रोलाइट सेल और शीतलन प्रणाली के रूप में एक स्टेनलेस-स्टील कंडेनसर का उपयोग करके किया गया था। इलेक्ट्रोलाइट या तो सोडियम सिलिकेट ($\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) या सोडियम फॉस्फेट (Na_3PO_4) का उपयोग करके तैयार किया जाता है। आसुत जल में 0.05 M Na_2SiO_3 , 0.01 M Na_3PO_4 का उपयोग करके 1 g/L KOH और 1 g/L KF मिलाकर विलयन तैयार किया जाता है। इलेक्ट्रोलाइट विलयन के तापमान को $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ पर रखने के लिए शीतलन प्रणाली का उपयोग किया गया था। ऑक्साइड कोटिंग्स का उत्पादन 5.5 ए/डीएम² के निरंतर सकारात्मक विद्युत घनत्व और अन्य विद्युत मानकों के साथ 2.5 ए/डीएम² के नकारात्मक घनत्व पर किया गया था: आवृत्ति 200 हर्ट्ज। लगभग 15-17 माइक्रोन पर ऑक्साइड कोटिंग्स की मोटाई को नियंत्रित करने के लिए, एमएओ प्रसंस्करण समय न्यूनतम 10 मिनट है।

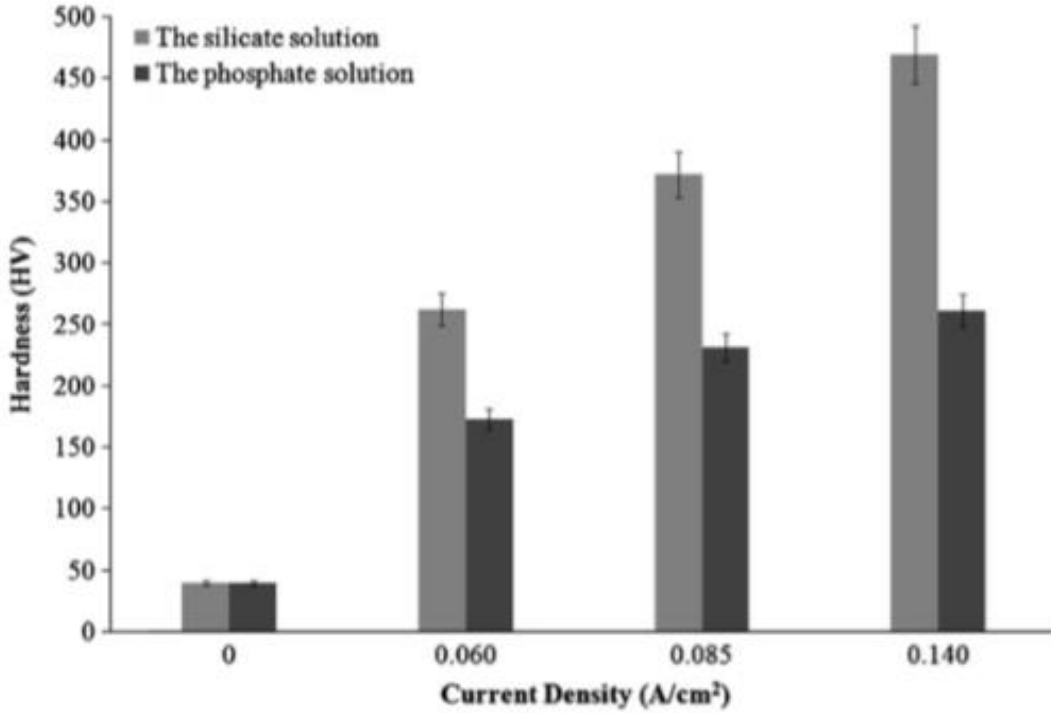
सिलिकेट इलेक्ट्रोलाइट और फॉस्फेट इलेक्ट्रोलाइट में लेपित कोटिंग गुणों की तुलना:

(क) फॉस्फेट इलेक्ट्रोलाइट में उत्पादित परत, सिलिकेट इलेक्ट्रोलाइट में उत्पादित परत से अधिक मोटी होती है। हालांकि, विद्युत घनत्व में वृद्धि के साथ एमएओ परत की मोटाई बढ़ जाती है।



(समान्य विद्युत घनत्व पर सिलिकेट इलेक्ट्रोलाइट और फॉस्फेट इलेक्ट्रोलाइट से प्राप्त सतह की मोटाई की तुलना का ग्राफ)

(ख) सिलिकेट इलेक्ट्रोलाइट में उत्पादित परत में, समान विद्युत घनत्व पर फॉस्फेट इलेक्ट्रोलाइट में उत्पादित परत की तुलना में अधिक कठोरता होती है, क्योंकि $Mg_3(PO_4)_2$ से $MgSiO_4$ कठोर होता है। विद्युत घनत्व में वृद्धि के साथ कोटिंग की कठोरता बढ़ जाती है।

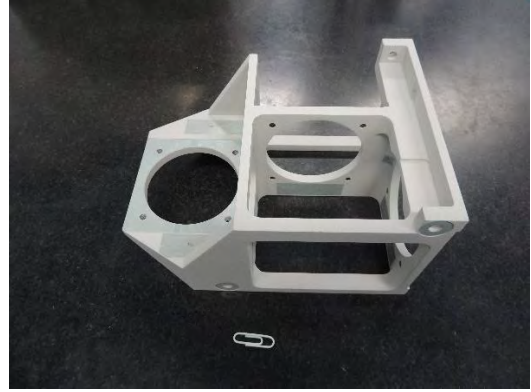
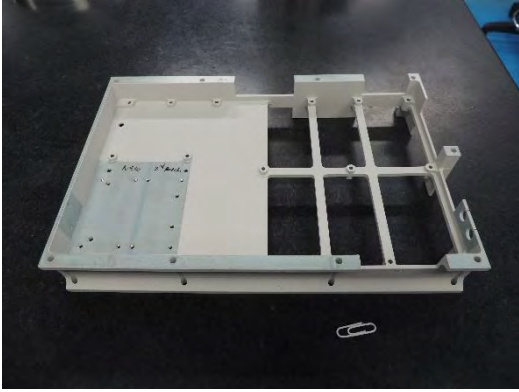


(समान्य विद्युत घनत्व पर सिलिकेट इलेक्ट्रोलाइट और फॉस्फेट इलेक्ट्रोलाइट से प्राप्त सतह की कठोरता की तुलना का ग्राफ)

एमएओ लेपित सतह का गुण और एनोडाइज्ड सतह के गुण के बीच तुलना:

- (क) एमएओ लेपित सतह द्वारा पेश किया गया संक्षारण प्रतिरोध एनोडाइज्ड सतह द्वारा पेश किए गए संक्षारण प्रतिरोध से बेहतर होता है।
- (ख) एमएओ कोटिंग से प्राप्त मोटाई 300 माइक्रोन तक संभव है लेकिन एनोडाइजिंग के मामले में मोटाई 15-20 माइक्रोन तक प्राप्त की जा सकती है।
- (ग) एमएओ कोटिंग में प्राप्त कठोरता 1700 एचवी (विकर कठोरता) तक हासिल किया जा सकता है, लेकिन 500 एचवी (विकर कठोरता) तक एनोडाइजिंग के मामले में हासिल किया जा सकता है।
- (घ) एनोडाइज्ड सतह की तुलना में, एमएओ लेपित सतह में उच्च कठोरता के कारण बेहतर घिसटन प्रतिरोध होता है।
- (ङ) एनोडाइज्ड लेपित सतह की तुलना में, एमएओ लेपित सतह सबस्ट्रेट के साथ बेहतर आसंजन गुण होती है।

माइक्रो आर्क ऑक्सीडाइज्ड किया गया घटक का चित्र



(इलेक्ट्रॉनिक मोड्यूल हाउसिंग)
(कलस्टर)



(हाउसिंग)

निष्कर्ष:

माइक्रो आर्क ऑक्सीकृत मैग्नीशियम घटकों में एनोडाइज्ड मैग्नीशियम घटकों की तुलना में उच्च कठोरता और अच्छा घिसटन प्रतिरोध होता है, जो कम घनत्व, उच्च विशिष्ट शक्ति (ताकत और वजन की अनुपात), उत्कृष्ट आयामी स्थिरता जैसे अन्य गुणों के कारण मैग्नीशियम मिश्र धातु के अंतरिक्ष अनुप्रयोग में किए जाने वाले धातु बनाता है, इसके अलावा मैग्नीशियम मिश्र धातु में अच्छा विद्युत चुम्बकीय परिरक्षण, बेहतर अवमंदन क्षमता, अच्छी मशीन क्षमता और पुनरावृत्ति क्षमता होती है। एमएओ लेपित सतह में बेहतर संक्षारण प्रतिरोध होता है। यदि लेपित हार्डवेयर को लंबे समय तक स्टोर करने की आवश्यकता होती है, तो एनोडाइज्ड/क्रोमेटेड सतह में मैग्नीशियम पाउडर का निर्माण होने लगता है, इस समस्या का समाधान के लिए माइक्रो आर्क ऑक्सीडाइज्ड कोटिंग किया जाता है। उपरोक्त कारणों से एमएओ लेपित मैग्नीशियम मिश्र धातु का व्यापक रूप से अंतरिक्ष अनुप्रयोग में सेंसर और अन्य इलेक्ट्रॉनिक पैकेजों के हाउसिंग के रूप में उपयोग किया जाता है।

संदर्भ/References:

- (1) Characterization and mechanical properties of coating on magnesium by micro arc oxidation; by Salih Durdu & Metin Usta
- (2) Plasma Electrolytic Oxidation (PEO) Process—Processing, Properties, and Applications; by Soumya Sikdar 1, Pramod V. Menezes 2,* , Raven Maccione 1, Timo Jacob 2 and Pradeep L. Menezes 1,*
- (3) Wikipedia 'MAO Coating'
- (4) Qualification process plan (MECS:PMPD:RLG:QT:MgAZ31B:2011), MECS/URSC

लेखक परिचय -



श्री मनौवर अंसारी ,प्रभाग आईएसएमपी, आईआईएसयू में वैज्ञानिक /इंजीनियर-एससी के पद पर कार्यरत हैं। इन्होंने वर्ष 2009 में यांत्रिकी अभियांत्रिकी में डिप्लोमा प्राप्त किया और सन् 2011 में इसरो के आईआईएसयू में इनकी नियुक्ति हुए। इसके बाद इन्होंने वर्ष 2019 यांत्रिकी अभियांत्रिकी में इंजीनियरिंग किया। ये यांत्रिक घटक फैबरीकेशन के क्षेत्र में कार्य कर रहे हैं।

अंतरिक्ष अनुसंधान में हाल की प्रगति - नवाचार और उद्भवन के अवसर

अंतरिक्ष की सफाई

अभय जैन, वरिष्ठ परियोजना सहायक, आईआईएसटी

विज्ञान ने जो प्रगति की है वो सराहनीय है। हमारे जीवन का और दुनिया का एक भी क्षेत्र विज्ञान से अछूता नहीं है। ऐसी ही प्रगति विज्ञान ने अंतरिक्ष में भी की है। पहले तो अंतरिक्ष में मानव का पहुंचना असंभव जैसे लगता था। परंतु हमारे वैज्ञानिकों ने इस असंभव कार्य को संभव कर दिखाया है। जिसमें उनका अद्भुत प्रयास हम सभी को देखने मिलता है। हमारे देश के महान वैज्ञानिक जैसे विक्रम साराभाई और सतीश धवन ने हमारे देश के लोगों को अंतरिक्ष रॉकेट जैसे नई तकनीकी से परिचय कराया है और लोगों को ज्यादा से ज्यादा अंतरिक्ष के बारे में जानने और उसके जरिए पृथ्वी के मौसम आदि जानकारियों को हासिल करने में मददगार उपग्रह जैसे चीजों को निर्माण किया है। जब हम अपने आस-पास गंदगी-कचरा जैसी चीजों को देखते हैं, तो हमारे मन में पहला ख्याल क्या आता है? हम यह सोचते हैं कि हम नाक बंद करें या अपनी आँखें, हमें ये सारी चीजे परेशान करती हैं ये सब देखकर हमें नकारात्मक विचार आते हैं। तो सोचिए अंतरिक्ष में क्या कुछ होता होगा? हम सब जानते हैं पिछले दशकों में पृथ्वी की तरफ से कितने सारे उपग्रह अंतरिक्ष में भेजे गए हैं जो अंतरिक्ष में जाकर रुक गए हैं, और एक समय के बाद वो बेकार हो जाते हैं, तो क्या उन बेकार हो चुके उपग्रहों को हम वापस पृथ्वी पर ला सकते हैं?

जानिए क्या है अंतरिक्ष कचरा

जैसा कि हम सभी जानते हैं कि अंतरिक्ष में न हवा है, न पानी है। अंतरिक्ष ऐसा स्थान है जहाँ पृथ्वी की तरह का वातावरण नहीं है। अंतरिक्ष अवशिष्ट को अंतरिक्ष कचरा या अंतरिक्ष प्रदूषण कहा जा सकता है। ये वे निष्क्रिय चीजें होती हैं जो पृथ्वी की कक्षा में तैरती रहती हैं। इस कचरे में खराब अंतरिक्ष यान, मिशन से जुड़ी चीजें, रॉकेट के टूटे हुए टुकड़े, अंतरिक्षयान से निकले ठोस और तरल पदार्थ और कण जैसी बेकार की चीजें शामिल होती हैं, ये चीजें किसी काम नहीं आती, लेकिन नुकसान जरूर करती हैं। अंतरिक्ष का कचरा, अंतरिक्ष यान के लिए जोखिम साबित होता है।

अंतरिक्ष कवाड़ या अंतरिक्ष अवशिष्ट पृथ्वी की चारों ओर कक्षा में मनुष्य द्वारा बनाई गई वस्तुएं हैं जो ध्रुव किसी उपयोगी उद्देश्य की पूर्ति नहीं करती हैं।

कचरे के बढ़ती समस्या

केवल धरती पर ही नहीं इंसान ने साफ - सुथरे और शून्य अंतरिक्ष में भी कचरा जमा कर दिया है, इतना कचरा जो भविष्य के लिए एक बड़ा खतरा बन सकता है, वैज्ञानिकों के अनुसार धरती पर कचरे के बाद अंतरिक्ष में कचरे की बड़ी समस्या है। और यह समस्या तेजी से बढ़ती

जा रही है। भारी मात्रा में कचरा तेज रफतार के साथ घूमने लगे हैं, इन सभी के एक दूसरे के टकराने पर इनके और भी छोटे टुकड़े हो गए हैं और ये सभी टुकड़े कचरे के कप में अंतरिक्ष में तेज रफतार में घूम रहे हैं। इस कचरे के चलते सबसे ज्यादा जोखिम वाला स्थान पृथ्वी से 420 कि.मी. की ऊंचाई पर है। ये कचरे के टुकड़े पृथ्वी के चारों तरफ एक वलय के रूप में दिखाई देते हैं।

अंतरिक्ष में बढ़ते कचरे की वजह से उपग्रह के लिए वातावरण असुरक्षित होता जा रहा है, क्योंकि बहुत से उपग्रह उसी कक्षा में स्थापित किए जाते हैं। ऐसा कोई भी टुकड़ा या खराब उपग्रह किसी अंतरिक्ष यान से भी टकरा सकता है। अमेरिकी रक्षा मंत्रालय पेटागन के अनुसार अंतरिक्ष में घूम रहा कचरा आपस में टकराकर एक प्रतिक्रिया कर रहा है, जिससे धरती के संचार तंत्र पर खराब असर पड़ सकता है ये कचरा हमारे वायुमंडल के लिए भी काफी खतरनाक हो सकता है। अगर कोई बड़ा टुकड़ा पूरी तरह नष्ट हुए बिना हमारे वायुमंडल में आ जाए तो विनाशक असर हो सकता है।

बीते छह दशक से भी अधिक समय से जिस तरह अंतरिक्ष में दुनियाभर के देश की गतिविधियां बढ़ रही हैं, उससे कचरे के बढ़ने की आशंका है, कम होने की नहीं। कचरे को लेकर साल 2013 में एक अध्याय हुआ था जिसमें पता चला कि मौजूद एक से एक सेंटीमीटर के कचरे की संख्या 6,70,000 से भी ज्यादा है, अगर अंतरिक्ष में कोई कचरा होगा, तो वे खतरा पैदा करेगा ही, कचरे से नुकसान की घटनाएं इतिहास में भरी पड़ी हैं एक बार तो दो उपग्रह ही आपस में टकरा गए थे। अंतरिक्ष के इस कचरे को सभी देश अपने अपने हिसाब से ट्रैक करते हैं, भारत के श्रीहरिकोटा के पास मल्टी आब्जेक्ट ट्रैकिंग रडार है, जिससे अंतरिक्ष के कचरे का अनुवर्तन होता है।

इस कचरे का दुष्प्रभाव यह है कि यह निष्क्रिय कचरा सक्रिय चीजों के लिए भी खतरा बनता जा रहा है। उपग्रहों को उनके कार्यों के आधार निचली कक्षा, मध्यम कक्षा, उच्च कक्षा में प्रक्षेपित किया जाता है पृथ्वी से लगभग 2000 किलोमीटर की ऊंचाई पर स्थित निचली कक्षा में सक्रिय और निष्क्रिय दोनों ही तरह की उपग्रह की बड़ी भारी भीड़ है। निचली कक्षा में तेज रफतार से पृथ्वी का चक्कर लगाने वाले उपग्रह की भरमार है कुछ उपग्रह तो केवल 90 मिनट में ही पृथ्वी का एक चक्कर लगा लेते हैं ऐसे में एक छोटी सी चीज भी इन उपग्रह को काफी नुकसान पहुंचा सकते हैं, क्योंकि उपग्रह या उनसे निकले टुकड़ों की लगभग 8 मीटर प्रति सेकेंड या 28,00 किलोमीटर प्रति घंटे की रफतार से कक्षा में घूमते रहते हैं।

जब 75 टन का स्पेस सेंटर स्काइलैप गिरा इससे कुछ साल पहले-चीनी स्पेश स्टेशन घियांगो भी समुद्र में गिरकर नष्ट हो गया था। पहले तो ये धरती के वायुमंडल में आकर आग का

गोला बना और फिर प्रशांत महासागर में गिर गया। 1979 में नासा का स्पेस स्काइलैव समुद्र में गिरकर नष्ट हो गया था। ये 75 टन का था। वे कचरा पृथ्वी की कक्षा में घूमता रहता है, ना तो ये नीचे आता है और ना ही ऊपर ये कचरा उपग्रह के अलावा वहां मौजूद अन्य अंतरिक्षयान और अंतरिक्ष स्टेशन के लिए भी खतरे से कम नहीं है।



देश-विदेशों के बीच बढ़ती प्रतिस्पर्धा

दुनिया के ताकतवर देशों के बीच धरती के साथ-साथ अंतरिक्ष में भी प्रतिस्पर्धा जारी है जिसे आमतौर पर 'स्पेस रेस' कहा जाता है आसान भाषा में हम कह सकते कि देश अंतरिक्ष में अपना दबदबा कायम करने की होड में लगे हुए हैं। इसी होड की वजह से धरती की निचली कक्षा में ढेर सारा कचरा पैदा हो गया है, जो वही घूमता रहता है बेशक कचरे को साफ करने की कवायद की जाती है लेकिन इसके लिए प्रयास नहीं किए जाते बल्कि एक दूसरे पर कचरा फैलाने का दोष मढ़ते हुए सभी देश कचरा फैलाने का काम खुद व खुद करते हैं। नासा का अनुमान है रोजाना कम से कम कचरे का एक टुकड़ा तो पृथ्वी पर गिरता है या फिर पृथ्वी के वातावरण में आकार जल जाता है।



अंतरिक्ष में बढ़ता मानव का हस्तक्षेप -

अंतरिक्ष में कचरा हर दिन बढ़ता जा रहा है। सबसे पहले अंतरिक्ष में जो कचरा मिला था वह तांबे के सुइयों का एक बडल था। इसको अमेरिकी सेना ने अंतरिक्ष में भेजा था। ताकि अमेरिकी सेना के साथ संचार में आ रही समस्या के बारे में पता लगाया जा सके। इसके बाद इस समस्या को दूर करने के लिए अमेरिका ने लाखों की संख्या में तांबे की सुइयों को अंतरिक्ष में भेज दिया। इसको आयन मंडल की विकल्प के रूप में भेजा गया था। इसके बाद से अंतरिक्ष में कचरा लगातार बढ़ रहा है जो पृथ्वी के लिए एक बड़ा खतरा साबित हो सकता है।

नवंबर 2021 में रूस ने डिस्ट्रिक्टिव डायरेक्ट सेन्ट मिलाइल परीक्षण किया था, जिसमें उन्होंने खुद के एक उपग्रह को मिसाइल से खत्म कर दिया था। इसके कारण अंतरिक्ष में बहुत सारा मलवा जमा हो गया था और साल 2007 में चीन ने भी इसी तरह का परीक्षण किया था। लगभग एक महीना पहले भी यह खबर आई थी कि रूस का एक रॉकेट अंतरिक्ष में फट गया जिसके कारण अंतरिक्ष में और कचरा जमा हो गया है।



अभी तक ऐसे फेंका जाता था कचरा (कचरा प्रबंधन)

अभी तक अंतरिक्ष के कचरे को निपटाना थोड़ा मुश्किल प्रक्रिया थी। अंतरिक्ष स्टेशन में सामान लाने वाले सिग्नल कार्गो यान के खाली होने के बाद कचरा भर कर वापस पृथ्वी की ओर छोड़ दिया जाता था। जब ये अंतरिक्ष यान पृथ्वी की कक्षा में आते तो वही जल जाता और कचरा भी जल जाता था। ये प्रक्रिया मुश्किल इसलिए थी क्योंकि हर बार कचरे को फेंकने के लिए कार्गो यान का इंजन चलाना पड़ता था। जैनोराँक की सीईओ डॉ. एमिला विल्सन का कहना है, ये विशप एयरलॉक का पहला डेपलॉयमेंट है। हम इसे आईएसएस से कचरा प्रबंधन की एक बेहतर तकनीक के रूप में देख रहे हैं।

चूंकि धरती का करीब 70 फीसदी हिस्सा पानी है, इसलिए ज्यादातर कचरा भी इन्हीं क्षेत्रों में आकर गिरता है। जैसे धरती पर कचरे का पहाड़ बन जाता है ठीक वैसी ही स्थिति इस समय अंतरिक्ष में भी बनी हुई है। वैज्ञानिकों का कहना है कि कचरा गिरने से किसी तरह के नुकसान

की बात सामने नहीं आई है, क्योंकि ये कचरा पृथ्वी के वातावरण में प्रवेश करते ही जलकर नष्ट हो जाता है, लेकिन अगर कोई बड़ा टुकड़ा पूरी तरह नष्ट ना हो और हमारे वायुमंडल में प्रवेश कर ले, तो उससे विनाशक प्रभाव पैदा हो सकते हैं इसी साल मई महीने में चीन के रॉकेट का मलवा हिंद महासागर में गिरा था, चीन के सबसे बड़े रॉकेट प्रमोचन मार्च-फरवरी का मलवा भी वातावरण में प्रवेश करते ही जलने लगा था। फिर इसका अवशेष पानी में जाकर गिर गए।

क्या अंतरिक्ष में नहीं आता कोई गाड़ी वाला?

अंतरिक्ष में रह रहे अंतरिक्षयात्री के लिए कचरा प्रबंधन एक बड़ी समस्या है। कचरे के प्रबंधन का तरीका पहले से मौजूद है। लेकिन अब एक नई तरह की तकनीक का टेस्ट किया गया है। इस कचरा प्रबंधन तकनीक के जरिए लगभग 78 किलोग्राम कचरा इंटरनेशनल स्पेस स्टेशन से निकाला गया है। कचरे से भरे बैग को स्टेशन के कामर्शियल विशप एयरलॉक के जरिए निकाला गया है। कचरा प्रबंधन की ये अपनी तरह की पहली टेक्नोलॉजी है, जिसे जॉनसन स्पेस सेंटर और एक प्राइवेट कंपनी नैरोराक्स की ओर से जारी एक बयान में कहा गया कि ये टेक्नीक आईएसएस से कचरे को निकलने का एक आधुनिक और कुशल मॉडल है। ये भविष्य के सभी वाणिज्यिक स्पेस स्टेशनों के लिए महत्वपूर्ण उपयोगिता पर प्रकाश डालती है।

कैसे काम करती है नई तकनीक (समस्या की दिशा में नए प्रयोग)

नई तकनीक में नई तरह के कचरे के कंटेनर लगे रहते हैं। एयरलॉक पहले आईएसएस के साथ जुड़ जाता है, जहां अंतरिक्ष यात्री इसमें कचरा भर देते हैं इसमें लगभग 272 किलोग्राम कचरा भर सकते हैं और इसका मुँह पृथ्वी की ओर कर खाली कर दिया जाता है। जहाँ कचरे का बैग धीरे-धीरे पृथ्वी की कक्षा में आकर जल जाता है।

इससे कोई भी स्पेस मलवा नहीं इकट्ठा होता। बाद में एयरलॉक फिर से इस्तेमाल में आता है। इससे भविष्य में अंतरिक्ष में उपग्रह बना कर लॉन्च करने की योजना है। ऐसे हर बार फेंके गए कचरे में फोम और बैकिंग के सामान कार्गो वाले बैग, अंतरिक्ष यात्रियों के गंदे कपड़े और खराब हो चुके हाइजीन सामान है।

अमेरिका के यूटा विश्वविद्यालय के शोधकर्ताओं का कहना है कि अंतरिक्ष में काफी अधिक कचरा भर गया है जिसकी वजह से धरती के चारों तरफ यानि जैसे छल्ले का निर्माण करना पड़ेगा। इस छल्ले को बनाने के लिए मैग्नेट टेक्नोलॉजी का इस्तेमाल किया जाएगा। मगर ऐसा नहीं किया गया तो अंतरिक्ष में बढ़ते कचरे की वजह से अंतरिक्षयान और उपग्रह टकरा सकते हैं।

कचरे को कैसे इकट्ठा करते हैं।

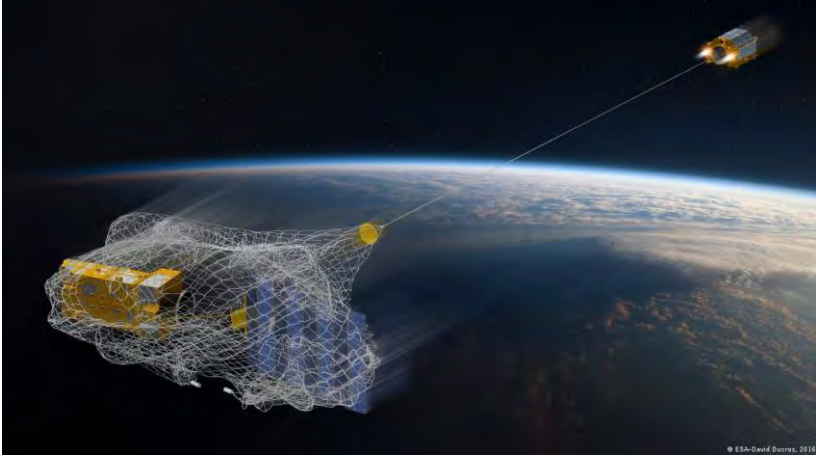
हाल ही में एक जापानी स्टार्टअप कंपनी में एक ऐसा उपग्रह लॉन्च किया है जो बुरे या खराब हो चुके उपग्रहों और उसके अवशेषों का पता लगाएगा। और पृथ्वी पर वापस लाकर उन्हें नष्ट करेगा। एस्ट्रोस्केल नाम के इस व्यवसायिक उपग्रह आपरेटर का यह प्रोजेक्ट अपनी तरह का पहला है 'लेकिन अंतरिक्ष से कचरा हटाने के लिए यह पहला प्रोजेक्ट नहीं है खगोलीय कचरे को हटाने के लिए कई विचारों पर काम चल रहा है। यूरोपीय स्पेस एजेंसी ने साल 2025 में किलपर स्पेस लॉन्च करने की योजना बनाया है अभी तक का यह अंतरिक्ष कचरा साफ करने के लिए पहला अभियान माना जा रहा था, किलपर स्पेस स्टार्टअप से ईएसए का साल 2019 में ही इसके लिए करार हो गया था। इसका मुख्य लक्ष्य साल 2015 में लान्च हुए 100 किलो वजनी है।

अंतरिक्ष में कचरा को साफ करने के लिए Clean Space- 1 मिशन

यूरोपियन स्पेस एजेंसी ने अंतरिक्ष में जमे कचरे को साफ करने की जवाबदेही ली है, कहा जाता है कि अंतरिक्ष में पहली बार मलवा हटाने का काम हो रहा है इस मिशन का नाम Clean Space- 1 है जो Clean Space नाम के स्विस स्टार्टअप की मदद से शुरू होगी। किलयर स्पेश के फाउंडर और सीईओ ल्यूक पिगुए ने कहा है कि इस तरह के मिशन के लिए यही समय सही है। आज अंतरिक्ष में लगभग 2000 लाइव उपग्रह हैं, 3000 से ज्यादा बेकार हैं। अंतरिक्ष में काम के कम और बेकार की ज्यादा उपग्रह मौजूद हैं और ये बेकार उपग्रह की संख्या बढ़ती जाएगी इसलिए इनकी सफाई करना बहुत ही अनिवार्य है।

यहां खराब उपग्रह को हटाने के लिए माल ढोने वाले ट्रक की जरूरत होगा। नासा और ESA के अध्ययनों से मालूम पड़ता है कि इसका एक ही तरीका है बड़े मलवे को सक्रिय रूप से हटाना। इसके लिए एक नए प्रोजेक्ट के जादिए जरूरी गाइडेस, नेविगेशन और कंट्रोल टेक्नोलॉजी, उनके मिलने की जगह और उन्हें पकड़ने के तरीको का विकास करना बहुत ही जरूरी है। इस प्रोजेक्ट को एक्टिव डेबेरिस रिमूबल- इन-ऑर्बिट सर्विसिंग कहा जाता है। इसके नतीजों को Clean Space - 1 पर उपयोग किया जाएगा।

कैसे काम करेगा ये प्रोजेक्ट 2013 में ईएसए के वेगा लॉन्चर की दूसरी उड़ान के बाद, किलयर-स्पेस-1 मिशन वेस्पा को करीब 660 किमी से 800 किमी की ऊंचाई की कक्षा में छोड़ा जाएगा। वेस्पा का द्रव्यमान 100 किलो है जो एक छोटे सैटेलाइट के साइज का है किलयर स्पेस - 1500 किलोमीटर की निचली कक्षा में चेंजर को छोड़ेगा। जो कक्षा में लक्ष्य को खोजेगा और ESA की निगरानी में इसके रोबोटिक आर्म्स कचरे को पकड़ेगे इसके बाद चजर और वेस्पा दोनों को डीऑर्बिट किया जाएगा और वातावरण में जला दिया जाएगा।



जापान ने भी किया परीक्षण

जापान की एक कंपनी एस्ट्रोस्केल ने भी स्पेस क्लीनिंग में कदम बढ़ाया है और इसके लिए एक्सपेरिमेंट किया। इस मिशन का नाम End of Life services by astroscale - demonstration

रखा गया था। ये दो उपग्रह से मिलकर बनाया गया है और इसे उड़ने वाला मैग्नेटिक रो ट्रक, भी कहा जा सकता है। इसमें बेहत शक्तिशाली चुंबक लगे हैं। मैग्नेट की मदद से कचरे को पकड़ लिया जाता है।

अंतरिक्ष के कचरे को लेकर पूरे विश्व में चिंता

धरती के कचरे के बाद असली सबसे बड़ी समस्या अंतरिक्ष में कचरे की है। और यह समस्या तेजी से बढ़ती जा रही है। इसके लिए यूरोपीय स्पेस एजेंसी ने स्विट्जरलैंड की स्टार्टअप कंपनी (Clean Space, SA) से करीब 10.20 करोड़ डॉलर का समझौता किया है। यूरोपीय स्पेस एजेंसी ने इस अभियान के लिए उसे साल 2019 में चुना था। क्लियर स्पेस का प्रक्षेपण साल 2025 में होगा वही अंतरिक्ष के कचरे से निपटने के लिए ब्रिटेन अपने डेमो मिशन की शुरुआत कर चुका है।

12 मई को गुजरात के आनंद जिले के तीन गाँवों में आसमान से धातु के रहस्यमयी गोले गिरने की घटना सामने आई थी, भौतिक अनुसंधान प्रयोगशाला (पीआरएल) द्वारा जब इन धातु के गोलों की जाँच हुई तब सामने आया कि ये असल में उपग्रह का मलबा था। इसे अंतरिक्ष कचरा कहा जा सकता है। वैज्ञानिकों ने चेतावनी दी है कि उपग्रह का बढ़ता कचरा धरती के लिए खतरा बन सकता है। अमेरिकी स्पेस एजेंसी NASA के अनुमान के मुताबिक अंतरिक्ष में इस समय 20 हजार टन से भी ज्यादा छोटे-बड़े उपकरण कचरा बन चुके हैं और पृथ्वी की निचली कक्षा में चक्कर लगा रहे हैं।

क्या वो बेकार टुकड़े फिर से काम में लाए जा सकते हैं? क्या उनसे अंतरिक्ष में जाने वाले अंतरिक्ष यात्रियों के लिए खतरे का सबब बन सकते हैं? क्या ये अंतरिक्ष में रहकर हमारे पर्यावरण में कोई समस्या खड़ी कर सकते हैं? क्या ये आपस में कभी टकरायेंगे नहीं और तब क्या होगा? ये पृथ्वी पर रहने वाले हम इंसानों, जानवरों और पर्यावरण के लिए खतरे की घंटी नहीं है? ये सारी समस्याएं इसी ओर इशारा करती हैं कि हमें इस गंभीर समस्या का बहुत जल्दी कुछ निवारण सोचना चाहिए।

उपसंहार

अंतरिक्ष कचरे से निपटने के लिए देश-विदेशों द्वारा कई प्रयास किए गए हैं और लगातार इस विषय में प्रयास किए जा रहे हैं। अमेरिका, जापान रूस आदि के साथ-साथ हमारे भारत में इस पर ध्यान रखते हुए ऐसे उपग्रह का निर्माण किया जा रहा है जो भविष्य में अंतरिक्ष में कचरा फैलाए बगैर अपने उद्देश्य की पूर्ति करेंगे। इसके लिए जरूरी है कि उपग्रह का निर्माण इस प्रकार किया जाए कि वे दुबारा इस्तेमाल में लिए जा सके या फिर अधिक समय तक वे अंतरिक्ष में बने रहकर हमारे उद्देश्य की पूर्ति करते हैं।

लेखिक परिचय



अभय जैन, ने स्नातक की उपाधि वाणिज्य में सन 2011 में प्राप्त की। वर्तमान में सन 2022 से वरिष्ठ परियोजना सहायक के रूप में कार्यरत है।

अंतरिक्ष की दुनिया में भारत के बढ़ते कदम

कुमारी शालू, द्रव नोदन प्रणाली केंद्र, बेंगलूरु

प्रस्तावना

भारत में अंतरिक्ष अनुसंधान का आरंभ 60 के दशक में हुआ तथा वर्ष 1969 में इसरो (Indian Space and Research Organisation) की स्थापना हुई। भारत ने पिछले 50 वर्षों में अंतरिक्ष अनुसंधान के क्षेत्र में कई कीर्तिमान बनाए हैं। मौजूदा समय में विभिन्न देश तथा निजी कंपनियाँ अंतरिक्ष के वाणिज्यिक उपयोग के लिये प्रयास कर रही हैं। ऐसा अनुमान लगाया जा रहा है कि वर्ष 2025 तक वैश्विक अंतरिक्ष उद्योग का आकार बढ़कर 550 बिलियन डॉलर हो जाएगा। इस संदर्भ में भारत भी अंतरिक्ष का उपयोग वाणिज्यिक लाभ के लिये करने पर विचार कर रहा है। ज्ञात हो कि भारतीय अंतरिक्ष एजेंसी इसरो ने ऐसी क्षमता विकसित कर ली है जिसके बल पर वह अंतरिक्ष में महत्वपूर्ण भूमिका निभा सकती है।

अंतरिक्ष के आर्थिक उपयोग की संभावनाएँ

मौजूदा समय में विश्व की कई कंपनियाँ अंतरिक्ष की वाणिज्यिक दौड़ में शामिल हुई हैं। इन कंपनियों ने विश्व को अंतरिक्ष के आर्थिक उपयोग के लिये सोचने को प्रोत्साहित किया है। वर्तमान में वैश्विक अंतरिक्ष उद्योग का आकार 350 बिलियन डॉलर है। इसके वर्ष 2025 तक बढ़कर 550 बिलियन डॉलर होने की संभावना है। इस प्रकार अंतरिक्ष एक महत्वपूर्ण बाजार के रूप में विकसित हो रहा है। इसरो ने अंतरिक्ष के क्षेत्र में महत्वपूर्ण उपलब्धियाँ हासिल की हैं किंतु भारत का अंतरिक्ष उद्योग 7 बिलियन डॉलर के आस-पास है, जो वैश्विक बाजार का केवल 2 प्रतिशत ही है। भारत के अंतरिक्ष उद्योग के इस आकार में ब्रॉडबैंड तथा DTH सेवाओं का हिस्सा करीब दो-तिहाई है। यह भी ध्यान देने योग्य है कि भारत द्वारा उपयोग किये जा रहे एक तिहाई ट्रांसपॉंडर विदेशी उपग्रहों से लीज़ पर लिये गए हैं तथा भारत में जैसे-जैसे संचार के क्षेत्र की मांग में वृद्धि होगी, उसी अनुपात में विदेशी ट्रांसपॉंडरों की संख्या में वृद्धि होगी। उपर्युक्त परिस्थिति से ऐसा आभास होता है कि भारत अंतरिक्ष के वाणिज्यिक उपयोग में अभी काफी पीछे है तथा इस क्षेत्र में अधिक विकास करने की आवश्यकता है। इसी को ध्यान में रखते हुए भारत सरकार ने हालिया बजट में NSIL (New Space India Limited) की वाणिज्यिक प्रतिबद्धता को दोहराया है। ऐसा अनुमान लगाया जा रहा है कि वर्ष 2030 तक वैश्विक स्तर पर 17 हजार छोटे उपग्रहों को प्रक्षेपित किया जाएगा। इसके लिये इसरो SSLV (Small Satellite Launch Vehicle) के निर्माण की योजना पर कार्य कर रहा है। PSLV तथा SSLV मिलकर भविष्य में उपलब्ध होने वाले बाजार के लिये कम लागत पर लोजिस्टिक उपलब्ध करा सकते हैं।

निजी क्षेत्र की सहभागिता

भारत में अंतरिक्ष के लिये निजी क्षेत्र की भूमिका को सीमित रखा गया है। सिर्फ कम महत्वपूर्ण कार्यों के लिये ही निजी क्षेत्र की सेवाएँ ली जाती रहीं हैं। उपकरणों को बनाना और जोड़ना तथा परीक्षण (Assembly, Integration and Testing-AIT) जैसे महत्वपूर्ण कार्य अभी भी इसरो ही करता है। यह ध्यान देने योग्य है कि विश्व का सबसे बड़ा अंतरिक्ष क्षेत्र का संस्थान नासा (NASA) भी निजी क्षेत्र की सहायता लेता रहा है। मौजूदा समय में भारत में नवीन अंतरिक्ष से संबंधित 20 से अधिक स्टार्ट-अप मौजूद हैं। इन उद्यमों का दृष्टिकोण पारंपरिक विक्रेता/आपूर्तिकर्ता मॉडल से भिन्न है। ये स्टार्ट-अप सीधे व्यापार से जुड़कर या सीधे उपभोक्ता से जुड़कर व्यापार की संभावनाएँ तलाश रहे हैं। जिस प्रकार विभिन्न स्वतंत्र एप्प निर्माताओं को सीधे एंड्राइड और एप्पल प्लेटफॉर्म में प्रवेश की अनुमति दी गई उसने स्मार्ट फ़ोन के उपयोग में क्रांति को जन्म दिया। इसी प्रकार अंतरिक्ष के क्षेत्र में निजी क्षेत्र को स्थान देकर इस क्षेत्र की संभावनाओं में वृद्धि की जा सकती है तथा यह भारत के दृष्टिकोण से भी लाभकारी होगा।

भारत में पहले से ही डिजिटल इंडिया, स्टार्टअप इंडिया, स्किल इंडिया जैसे कार्यक्रम तथा स्मार्ट सिटी जैसे मिशन चलाए जा रहे हैं। यह कार्यक्रम भारत में न्यू स्पेस स्टार्टअप को सहयोग प्रदान कर सकते हैं। ऐसे स्टार्टअप विभिन्न तकनीकों और सेवाओं का निर्माण कर सकते हैं तथा इसरो वैश्विक उपभोक्ता वर्ग (देश तथा निजी संस्थान) को आकर्षित कर सकता है। इस प्रकार इसरो और स्टार्टअप तथा विभिन्न निजी कंपनियाँ भागीदारी करके आर्थिक लाभ कमा सकते हैं।

किंतु भारत में निजी क्षेत्र को प्रोत्साहन देने वाली सरकारी नीतियों की कमी रही है। वर्ष 2017 में संसद में एक विधेयक पेश किया गया था, जिसमें निजी क्षेत्र को प्रोत्साहित करने वाले प्रावधानों की कमी थी। हालाँकि यह विधेयक निरस्त हो गया है। देश की सेटकॉम (SatCom) नीति से सबक लेते हुए सरकार को इस क्षेत्र के लिये नीति बनानी चाहिये तथा निजी क्षेत्र भी सरकार से विधि निर्माण के माध्यम से प्रोत्साहन देने की उम्मीद कर रहा है। यदि भारत में भी न्यू स्पेस की अवधारणा को लागू कर उसके लाभ प्राप्त करने हैं तो सरकार को निजी क्षेत्र को नीतिगत प्रोत्साहन देना होगा।

इसरो (ISRO)

भारत के लिये इसरो का महत्व

स्थापना के पश्चात् भारत के लिये इसरो ने कई कार्यक्रमों एवं अनुसंधानों को सफल बनाया है। इसने न सिर्फ भारत के कल्याण के लिये बल्कि भारत को विश्व के समक्ष सॉफ्ट पॉवर

के रूप में स्थापित करने में भी महत्वपूर्ण भूमिका निभाई है। अंतरिक्ष कार्यक्रम के आरंभिक काल में भारत ने अपनी आवश्यकता के लिये इसका उपयोग आरंभ किया।

- देश में दूरसंचार, प्रसारण और ब्रॉडबैंड अवसंरचना के क्षेत्र में विकास के लिये इसरो ने उपग्रह संचार के माध्यम से कार्यक्रमों को चलाया। इसमें प्रमुख भूमिका INSAT और GSAT उपग्रहों की रही। वर्तमान में भारत संचार सेवाओं के लिये 200 से अधिक ट्रांसपोंडरों (Transponders) का उपयोग हो रहा है। इन उपग्रहों के माध्यम से भारत में दूरसंचार, टेलीमेडिसिन, टेलीविज़न, ब्रॉडबैंड, रेडियो, आपदा प्रबंधन, खोज और बचाव अभियान जैसी सेवाएँ प्रदान कर पाना संभव हुआ है।
- भारत में इसरो की दूसरी महत्वपूर्ण भूमिका भू-पर्यवेक्षण (Earth Observation) के क्षेत्र में रही है। भारत में मौसम पूर्वानुमान, आपदा प्रबंधन, संसाधनों की मैपिंग करना तथा भू-पर्यवेक्षण के माध्यम से नियोजन करना आदि के लिये भू-पर्यवेक्षण तकनीक की आवश्यकता होती है। मौसम की सटीक जानकारी के द्वारा कृषि और जल प्रबंधन तथा आपदा के समय वक्त रहते बचाव कार्य इसी तकनीक के द्वारा संभव हो सका। भारत में वन सर्वेक्षण रिपोर्ट भी इसी तकनीक द्वारा तैयार होती है। भारत में 1980 के दशक में दूर-संवेदी उपग्रह (Indian Remote Sensing-IRS) का उपयोग हो रहा था किंतु वर्तमान में भारत में अधिक उच्च क्षमता वाले उपग्रह RISAT, कार्टोसैट (Cartosat), रिसोर्ससैट (Resourcesat) आदि श्रृंखला के उपग्रहों का उपयोग किया जा रहा है। इन उपग्रहों ने भारत को प्राकृतिक कारकों से बचाव के प्रति अधिक सक्षम बनाया है।
- तीसरा महत्वपूर्ण क्षेत्र उपग्रह आधारित नौवहन (Navigation) है। नौवहन तकनीक का उपयोग भारत में वायु सेवाओं को मज़बूत बनाने तथा इसकी गुणवत्ता को सुधारने के लिये होता है। साथ ही वर्तमान समय में वायु आधारित सुरक्षा चुनौतियाँ भी कम नहीं हैं। इनको ध्यान में रखकर भारत ने गगन (GPS-aided GEO augmented-GAGAN) कार्यक्रम की शुरुआत की। भारत ने कुछ समय पूर्व ही इस कार्यक्रम से आगे बढ़ते हुए IRNSS (Indian Regional Navigation Satellite System) लॉन्च किया है जो 7 उपग्रहों पर आधारित है। ये उपग्रह भू-तुल्यकालिक (Geostationary) भू-संक्रमणकारी (Geosynchronous) कक्षा में स्थापित किये गए हैं। IRNSS भारत को वस्तुओं की सटीक स्थिति का आभास कराने में सहायक है। यह न सिर्फ नौवहन बल्कि रक्षा के क्षेत्र में भी महत्वपूर्ण रूप से उपयोगी है। यह ध्यान देने योग्य है कि इस तरह की तकनीक सिर्फ कुछ ही देशों के पास उपलब्ध है भारत IRNSS के निर्माण से पूर्व अमेरिकी जीपीएस (Global Positioning System) पर निर्भर था। भारत ने वर्ष 2016 में IRNSS के नाम में परिवर्तन करके इसे नाविक (Navigation with Indian Constellation-NavIC) कर दिया है।

इसरो के उपर्युक्त प्रयास एक सक्षम प्रमोचन यान तकनीक (Launch-vehicle Technology) के होने से ही संभव हो सके हैं। भारत ने इस तकनीक की

शुरुआत SLV (Satellite Launch Vehicle) तथा ASLV (Augmented Satellite Launch Vehicle) से की। आगे चलकर भारत ने PSLV (Polar Satellite Launch Vehicle) तकनीक का विकास किया और यह तकनीक भारत के अंतरिक्ष कार्यक्रमों के लिये एक मील का पत्थर साबित हुई है। PSLV द्वारा भारत अब तक 46 अभियानों को सफल बना चुका है। भारत अब GSLV (Geosynchronous Satellite Launch Vehicle) के मार्क III वैरिएंट पर कार्य कर रहा है। GSLV का मार्क III 3.5 MT के पेलोड को जियोसिंक्रोनस कक्षा (Geosynchronous Orbit) में स्थापित कर सकता है। इसकी तुलना फ्राँसीसी प्रमोचन यान एरियन-5 (Ariane-5) से की जा रही है एरियन-5 की क्षमता 5 MT तक के पेलोड ले जाने की है। भारत में PSLV तथा GSLV की सफलता ने अतीत में चंद्रयान-1 तथा मंगल मिशन को सफल बनाया है। अब भारत चंद्रयान-2 तथा गगनयान कार्यक्रम पर कार्य कर रहा है। गगनयान कार्यक्रम को वर्ष 2022 में अंजाम दिया जाना है। इस मिशन के माध्यम से भारत मानव को अंतरिक्ष में भेजने की योजना बना रहा है। उपर्युक्त कार्यक्रम भारत की सफल प्रमोचन यान तकनीक के माध्यम से ही संभव हो सके हैं।

पिछले कई वर्षों में इसरो ने विभिन्न कंपनियों से साझेदारी की है। ये कंपनियाँ विशेषकर सार्वजनिक क्षेत्र से संबंधित होती हैं, जैसे- HAL (Hindustan Aeronautics Limited), MSCL, BEL (Bharat Electronics Limited) आदि। कुछ कंपनियाँ निजी क्षेत्र से भी जुड़ी हुई हैं जैसे L&T, गोदरेज, वालचंदनगर इंडस्ट्री आदि। किंतु निजी क्षेत्र की कंपनियाँ सिर्फ कलपुर्जे एवं द्वितीयक और तृतीयक स्तर की सेवाएँ ही उपलब्ध कराती हैं। कुल मिलाकर भारत में अंतरिक्ष तकनीक के संदर्भ में निजी क्षेत्र की भागीदारी नगण्य बनी हुई है।

यह क्यों मायने रखता है?

भारत में अंतरिक्ष विज्ञान की सीमाओं को आगे बढ़ाने में इसरो का योगदान महत्वपूर्ण रहा है। इस क्षेत्र को खोलने से भारत में प्रभाव पड़ेगा लेकिन वैश्विक रूप से. प्रो. के. विजयराघवन ने बताया कि ये सुधार असाधारण तरीकों से मात्रा और गुणवत्ता दोनों को बढ़ाने के अवसर के साथ आते हैं."

इन-स्पेस भारत के अंतरिक्ष अन्वेषण में निजी संस्थाओं के लिए एक संतुलित प्लेइंग फील्ड प्रदान करेगा जिससे राष्ट्र की अंतरिक्ष परिसंपत्तियों का अधिकतम उपयोग करने के लिए नियामक वातावरण को प्रोत्साहित किया जा सके. शिवन ने कहा, "निजी पार्टियों का सहयोग अंतरिक्ष क्षेत्र को खोलने और अंतरिक्ष आधारित अनुप्रयोगों और सेवाओं को सभी के लिए अधिक व्यापक रूप से सुलभ बनाने के हमारे प्रयासों को मजबूत करेगा". इन-स्पेस अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी और बुनियादी ढांचे के नवान्वेषी उपयोग के माध्यम से इसरो के अनुसंधान और

विकास (आर एंड डी) गतिविधियों में सुधार करने में मदद करेगा. अंतरिक्ष क्षेत्र में उन्नत क्षमताओं के साथ, इन-स्पेस पहल एक निर्धारक कारक होगा जो अंतरिक्ष अनुसंधान में देश को समृद्ध बनाने में मदद करेगा.

इन-स्पेस पहल भविष्य की ओर एक कदम है. इस एजेंसी का उद्देश्य 'सप्लाई-चालित' मॉडल से 'मांग-चालित' मॉडल में भारत की अंतरिक्ष गतिविधियों को बदलना है. इसका उद्देश्य लॉन्च वाहन और सैटेलाइट उत्पादन, सेवाओं और अंतरिक्ष आधारित सेवाओं में आने वाली संभावनाओं का मार्ग प्रशस्त करना है.

अंतरिक्ष क्षेत्र में भारत की क्षमता को अनलॉक करना

चंद्रयान और मंगलयान जैसी महत्वाकांक्षी परियोजनाओं की शानदार सफलता के बाद, भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम अगले चरण के लिए तैयार है. 1969 से राष्ट्र के प्रयासों का नेतृत्व करते हुए, भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो) वर्तमान में गगनयान - भारत का पहला मानव स्पेसफ्लाइट मिशन शुरू करने के लिए काम कर रहा है.

'हमने तय किया है कि 2022 तक, जब भारत आजादी के 75 साल पूरे करेगा, या उससे पहले, भारत का कोई बेटा या बेटा अपने हाथों में तिरंगा [भारतीय ध्वज] लेकर अंतरिक्ष में जाएगा,' भारतीय प्रधानमंत्री नरेंद्र मोदी ने बीते साल 2018 में घोषणा की थी. राज्य के प्रमुख के दृष्टिकोण के अनुरूप, अंतरिक्ष क्षेत्र में निजी भागीदारी की सुविधा प्रदान करने के लिए विज्ञान विभाग (डॉस) के तहत एक स्वतंत्र नोडल एजेंसी तैयार की गई है. इस नई एजेंसी को भारतीय राष्ट्रीय अंतरिक्ष प्रमोशन और प्राधिकरण केंद्र (इन-स्पेस) कहा जाता है, जिसका उद्देश्य भारत के अंतरिक्ष गतिविधियों में निजी क्षेत्र से अधिक भागीदारी सुनिश्चित करना है.

युविका

युवा विज्ञानी कार्यक्रम (युविका) इसरो द्वारा संचालित एक आवासीय प्रशिक्षण कार्यक्रम है। युविका-2022 का आयोजन 16 से 28 मई 2022 के दौरान निर्धारित किया गया है, जिसके लिए देश के सभी राज्यों तथा संघ क्षेत्रों से 150 छात्रों का चयन किया गया है। इस प्रशिक्षण का संचालन वी.एस.एस.सी.-तिरुवनंतपुरम, यू.आर.एस.सी.-बेंगलूरु, सैक-अहमदाबाद, एन.आर.एस.सी.-हैदराबाद तथा उ.पू.-सैक-शिलांग नामक इसरो के 5 केंद्रों में किया जा रहा है। इस कार्यक्रम में क्लॉस रूम लेक्चर, व्यवहारिक क्रियाकलाप, प्रतिष्ठित वैज्ञानिकों के साथ चर्चा, प्रयोगशाला / सुविधाओं का दौरा, स्कॉई गेजिंग, रोबोटिक एसेंबली, कैनसैट परीक्षण इत्यादि शामिल हैं। इन सभी छात्रों को भारत के अंतरिक्ष पत्तन, एस.डी.एस.सी. शार, श्रीहरिकोटा का दौरा करवाया जाएगा तथा अध्यक्ष, इसरो के साथ प्रत्यक्ष रूप से चर्चा करने का अवसर मिलेगा।

इन-स्पेस: भारतीय स्पेस एक्सप्लोरेशन के भविष्य को नया रूप देना

अंतरिक्ष अनुसंधान के क्षितिजों को व्यापक बनाने के लिए भारत के नए प्रयासों के भाग के रूप में इन-स्पेस पहल की घोषणा की गई थी. सिंगल-विंडो नोडल एजेंसी इसरो और गैर-सरकारी निजी संस्थाओं (एनजीपीई) के बीच काम करती है, जो भारत के अंतरिक्ष अन्वेषण गतिविधियों में एनजीपीई की भागीदारी को तेज करती है.

निष्कर्ष

भारत का अतीत अंतरिक्ष के क्षेत्र में कामयाबी भरा रहा है। किंतु वर्तमान में अंतरिक्ष नवीन संभावनाओं को जन्म दे रहा है। इन संभावनाओं का भागी बनने के लिये भारत को भी महत्त्वपूर्ण प्रयास करने होंगे। इसके लिये पिछले कुछ वर्षों में इसरो के बजट में भी वृद्धि की गई है। लेकिन इसरो की क्षमता मांग के अनुपात में अभी भी कम बनी हुई है। इस क्षमता में वृद्धि करने के लिये निजी क्षेत्र को भी भागीदार बनाना होगा। इसके लिये विधान और नीतियों द्वारा प्रोत्साहन देने की आवश्यकता है। भारत पहले ही अंतरिक्ष की उपयोगिता और महत्त्व को समझते हुए डिफेंस स्पेस एजेंसी तथा अंतरिक्ष प्रतिरक्षा तथा अनुसंधान संगठन के गठन की योजना पर कार्य कर रहा है। अतः इसरो को अपनी असैन्य पहचान को बल देना चाहिये साथ ही स्वयं को वाणिज्यिक क्षेत्र से भी जोड़ने की योजना बनानी चाहिये। सरकार को भी विधान और नीति के ज़रिये अंतरिक्ष क्षेत्र के विकास को प्रोत्साहित करना चाहिये। विश्व की अंतरिक्ष अर्थव्यवस्था में भारत की अगले दशक तक 10 प्रतिशत तक भागीदारी बढ़ाने के प्रयास करना चाहिये। इसके लिये इसरो को निजी क्षेत्र तथा न्यू स्पेस उद्यमों को भी अपने साथ एक प्लेटफार्म पर लाकर प्रयास करना होगा।

अंतरिक्ष-मौसम प्रभावों का अध्ययन करने के लिए पृथ्वी के ऊपरी वायुमंडल के अंतरिक्ष आधारित स्वस्थाने प्रेक्षण के महत्त्व और उसकी संभावना पर विचार विमर्श करने के लिए इसरो ने 10 मई 2022 को वर्चुअल मोड में 'भू-निकट अंतरिक्ष एवं अनुप्रयोगों का विज्ञान' विषय पर वायविकी अनुसंधान पर एक राष्ट्रीय बैठक का आयोजन किया था। इस बैठक में भारत सरकार के अनेक मंत्रालयों के प्रतिनिधि और ख्यातिप्राप्त अनेक शैक्षणिक संस्थाओं के शिक्षाविद् एवं वैज्ञानिक शामिल हुए।

इसरो प्रमुख ने में एक पुराने साक्षात्कार के दौरान इस पहल में अपना आत्मविश्वास व्यक्त किया, '[प्रधानमंत्री ने 2022 का लक्ष्य दिया है और इसे पूरा करना हमारा कर्तव्य है ... हमने क्यू माँड्यूल और एस्केप सिस्टम जैसी कई तकनीकों को पूरा किया है. परियोजना चल रही है; अब हमें लक्ष्य को प्राथमिकता देने और प्राप्त करने की आवश्यकता है.]'

विशेषज्ञों के अनुसार नई पॉलिसी से अंतरिक्ष उद्योग को भारत के संचार बुनियादी ढांचे की कमी को पूरा करने में भी मदद मिलेगी. गगनयान जैसे अग्रणी मिशनों के साथ, निजी क्षेत्र से जुड़ाव बढ़ने की संभावना भारत के अंतरिक्ष कार्यक्रम के लिए एक नए युग की शुरुआत कर सकती है.

संदर्भ

www.psa.gov.in

www.drishtias.com

hi.wikipedia.org

लेखिका परिचय



मैं कुमारी शालू बिहार राज्य के नालंदा जिले की रहने वाली हूँ । मैंने अपना स्नातक (बीसीए) इंदिरा गांधी राष्ट्रीय खुला विश्वविद्यालय से 2016 में किया है। 15 अप्रैल 2019 से द्रव नोदन प्रणाली केंद्र, बेंगलूरु में हिंदी टंकक के पद पर कार्यरत हूँ ।

अंतरिक्ष अनुसंधान में इसरो- कार्यान्वयन एवं उपलब्धियाँ

अवकाश कुमार गुप्ता, वरिष्ठ सहायक (स्थानापन्न), द्रव नोदन प्रणाली केन्द्र, बेंगलूरु

परिचय:

अंतरिक्ष ने प्रारम्भ से ही मानव को अपनी ओर आकर्षित किया है। पहले मनुष्य अपनी कल्पना और कहानियों के माध्यम से अन्तरिक्ष की सैर किया करता था। अपनी इस कल्पना को साकार करने के संकल्प के साथ मानव ने अन्तरिक्ष अनुसन्धान प्रारम्भ किया और उसे 20वीं सदी के मध्य के दशक में इस क्षेत्र में अभूतपूर्व सफलता प्राप्त हो ही गई। आज मनुष्य न केवल अन्तरिक्ष के कई रहस्यों को जान गया है, बल्कि वह अन्तरिक्ष की सैर करने के अपने सपने को भी साकार कर चुका है।

आज़ादी के बाद से अब तक भारत ने अंतरिक्ष का सफर शानदार तरीके से तय किया है। साइकिल व बैलगाड़ी से शुरू हुई हमारी अंतरिक्ष यात्रा मंगल और चाँद तक पहुँच गई है। आज भारत मानव को अंतरिक्ष में भेजने की तैयारी कर रहा है।

भारत में आधुनिक अंतरिक्ष कार्यक्रम के जनक डॉ. विक्रम साराभाई थे। भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम का प्राथमिक उद्देश्य राष्ट्रीय हित में अंतरिक्ष तकनीक एवं उसके अनुप्रयोगों का विकास करना है। भारतीय अनुसंधान ने पूरे देश में अपनी एक ऐसी छाप छोड़ी है कि यदि उनके द्वारा किए गए खर्चों का आंकलन किया जाए तो वह अन्य देशों द्वारा खर्चे जाने वाले आंकड़ों से काफी हद तक कम है।

हाल के दिनों में भारत ने अंतरिक्ष अनुसंधान पर बहुत अधिक प्रगति की है और उद्योगों ने भी अंतरिक्ष कार्यक्रमों में अपनी सहभागिता बढ़ाई है। अंतरिक्ष अनुसंधान में हुई हाल की प्रगति निम्नवत है:

इसरो प्रौद्योगिकी अन्तरण:

भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम में भारतीय अंतरिक्ष केन्द्रों द्वारा विकसित उत्पादों की जानकारीयों/प्रौद्योगिकियों को अन्तरित करने के लिए एक सुव्यवस्थित व सुपरिभाषित नीति का अनुसरण किया जाता है। इस नीति के अनेक उद्देश्य हैं। यथा, विविध अंतरिक्ष कार्यक्रमों में भारतीय उद्योगों की सहभागिता, व्यावसायिक क्षेत्रों में उनका उपयोग करके प्रौद्योगिकियों से अधिकाधिक लाभ कमाना। इस नीति के क्रियान्वयन द्वारा प्रौद्योगिकी अन्तरण के अलावा और भी कई उल्लेखनीय परिणाम प्राप्त हुआ है। उपग्रह संचार, प्रसारण, मौसम-विज्ञान सेवाओं तथा स्थानिक सूचना सेवाओं से संबंधित विभिन्न उत्पाद व सेवाएं उपलब्ध कर, उद्योगों ने अंतरिक्ष कार्यक्रमों में अपनी सहभागिता बढ़ाई है। अस्सी के दशक के आरंभिक काल में स्थापित की गई प्रौद्योगिक अन्तरण व्यवस्था के तहत

इसरो केन्द्रों को व्यावसायिक लाभ कमाने के लिए तकनीकी जानकारी अंतरित करने का अधिकार है। अब तक इलेक्ट्रॉनिकी व कंप्यूटर आधारित तंत्रों, विशेष पॉलिमर रसायनों, विद्युत-प्रकाशीय उपकरणों, यांत्रिक उपस्करों तथा उपग्रह संचार, प्रसारण, मौसम-विज्ञान संबंधित भू-तंत्रों से जुड़ी 3000 से अधिक प्रौद्योगिकियों का अंतरण किया जा चुका है। इसके अलावा इसरो अपनी बौद्धिक संपदा अधिकारों के संग्रह में भी निवेश करता रहा है। इस संग्रह में अब 270 पेटेंट, 45 कॉपीराइट तथा 10 ट्रेडमार्क शामिल हैं। हालांकि इस क्षेत्र में भी इसरो की मंशा अपने केन्द्रों द्वारा विकसित प्रौद्योगिकियों की रक्षा करना ही रही है परन्तु साथ ही हमारी कोशिश प्रौद्योगिकी अन्तरणों अथवा अनुज्ञप्तियों द्वारा अपने इन संसाधनों को अधिकतम व्यावसायिक लाभ कमाने योग्य बनाने की भी रही है।

विश्वविद्यालय/शैक्षणिक संस्थान उपग्रह:

इसरो ने संचार, सुदूर संवेदन एवं खगोलविज्ञान हेतु उपग्रह बनाने जैसी अपनी गतिविधियों से शैक्षणिक संस्थानों को प्रभावित किया है। चंद्रयान-1 के प्रमोचन ने प्रयोगात्मक विद्यार्थी उपग्रह बनाने की दिशा में, विश्वविद्यालयों एवं संस्थापनों में रुचि बढ़ायी है। सक्षम विश्वविद्यालय एवं संस्थान निम्नलिखित तरीकों से इसरो के मार्गनिर्देशन एवं सहायता से अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी के विकास में अपना योगदान कर सकते हैं।

(क) नीतभार विकास (विश्वविद्यालयों/संस्थानों द्वारा):

हर उपग्रह नीतभार का वहन करता है, नीतभार मिशन लक्ष्य प्राप्त करने हेतु वांछित प्रकार्य निष्पादित करता है।

इस विकल्प के तहत, इसरो के सहयोग से विश्वविद्यालयों या संस्थानों द्वारा केवल नीतभार विकसित किए जाते हैं और इसरो के उपग्रह मिशनों के साथ प्रमोचित किए जाते हैं। प्रमोचन के पश्चात इसरो, नीतभार आंकड़ा अर्जित करेगा और इन आंकड़ों को आगे की कार्रवाई एवं विश्लेषण हेतु विश्वविद्यालयों/संस्थानों को वितरित किया जाएगा।

(ख) विश्वविद्यालयों/संस्थानों द्वारा उपग्रह डिजाइन एवं संविरचन:

इसके तहत, विश्वविद्यालयों को उपग्रह बस एवं नीतभार की अभिकल्पना, संविरचन एवं जांच करनी है तथा प्रमोचन हेतु समेकित अंतरिक्षयान सुपूर्द करना है। डिजाइनिंग, संविरचन एवं जांच में तकनीकी निर्देशन इसरो द्वारा मुहैया कराया जाएगा। अंतरिक्ष मिशन हेतु कुछ क्रांतिक सामग्री भी इसरो द्वारा मुहैया कराई जाएगी। डिजाइन एवं जांच परिणाम की इसरो टीम द्वारा समीक्षा की जाएगी। इस विकल्प के तहत, एक से अधिक विश्वविद्यालय/संस्थान भाग ले सकते हैं। उनमें से एक इसरो के लिए केंद्र बिंदु होगा। प्रमोचन पश्चात, प्राप्त आंकड़ा संग्रहित किया जाएगा और विश्वविद्यालय/संस्थानों को वितरित किया जाएगा।

उपग्रह नौवहन :

उपग्रह नौवहन सेवा वाणिज्यिक एवं सामरिक अनुप्रयोगों की प्रणाली पर आधारित उभरती हुई उपग्रह प्रणाली है। इसरो, नागरिक उड्डयन आवश्यकताओं की बढ़ती हुई मांगों को पूरा करने तथा स्वतंत्र उपग्रह नौवहन प्रणाली पर आधारित अवस्थिति, नौवहन एवं कालन की प्रयोक्ता आवश्यकताएं पूरा करने हेतु उपग्रह आधारित नौवहन सेवाएं मुहैया कराने के लिए प्रतिबद्ध है। नागरिक उड्डयन की आवश्यकताएँ पूरी करने हेतु इसरो जी.पी.एस. समर्थित भू संवर्धित नौवहन (गगन) प्रणाली की स्थापना करने के लिए भारतीय विमानपत्तन प्राधिकरण (ए.ए.आई.) के साथ संयुक्त रूप से कार्य किया। स्वदेशी प्रणाली पर आधारित अवस्थिति, नौवहन एवं कालन सेवाओं की आवश्यकताएँ पूरी करने हेतु, इसरो भारतीय प्रादेशिक नौवहन उपग्रह प्रणाली (आई.आर.एन.एस.एस.) नामक प्रादेशिक उपग्रह नौवहन प्रणाली विकसित किया।

(क) जी.पी.एस. समर्थित भू संवर्धित नौवहन (गगन):

यह भारतीय विमानपत्तन प्राधिकरण (ए.ए.आई.) के साथ संयुक्त रूप से कार्यान्वित उपग्रह आधारित संवर्धन प्रणाली (एस.बी.ए.एस.) है। नागरिक उड्डयन अनुप्रयोगों हेतु आवश्यक परिशुद्धता एवं विश्वसनीयता के साथ उपग्रह आधारित नौवहन सेवाएं मुहैया कराना एवं भारतीय वायु अंतरिक्ष में बेहतर वायु यातायात प्रबंधन मुहैया कराना, गगन के मुख्य उद्देश्य हैं। यह प्रणाली अन्य अंतर्राष्ट्रीय एस.बी.ए.एस. प्रणालियों के साथ अंतर-प्रचालनीय होगी तथा प्रादेशिक परिधियों में बिना रुकावट नौवहन मुहैया करायेगी।

(ख) भारतीय प्रादेशिक नौवहन उपग्रह प्रणाली (आई.आर.एन.एस.एस.): नाविक

यह राष्ट्रीय अनुप्रयोगों हेतु स्वतंत्र भारतीय उपग्रह आधारित स्थिति निर्धारण प्रणाली है। इसका मुख्य उद्देश्य है, भारत एवं इसके पड़ोसी देशों में विश्वसनीय अवस्थिति, नौवहन एवं कालन सेवाएं मुहैया कराना तथा प्रयोक्ता हेतु उत्तम ढंग से परिशुद्धता प्रदान करना।

न्यूस्पेस इंडिया लिमिटेड (एनसिल):

न्यूस्पेस इंडिया लिमिटेड (एनसिल) का निगमीकरण 06 मार्च 2019 को (कंपनी अधिनियम, 2013 के तहत) अंतरिक्ष विभाग (अं.वि.) के प्रशासनिक नियंत्रण में भारत सरकार के पूर्ण स्वामित्व वाली कंपनी के रूप में हुआ है। एनसिल भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो) का वाणिज्यिक अंग है। इसका मुख्य दायित्व भारतीय उद्योगों को उच्च प्रौद्योगिकी अंतरिक्ष संबंधित गतिविधियां शुरू करने के लिए सक्रिय बनाना है। साथ ही, यह भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रमों से निर्मित उत्पादों तथा सेवाओं के उन्नयन तथा वाणिज्यिक उपयोग के लिए भी उत्तरदायी है। एनसिल अपने ग्राहकों की आवश्यकताओं का समाधान करने के लिए भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम की प्रमाणित विरासत तथा इसरो की अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी की विभिन्न शाखाओं के बृहत् अनुभव पर कार्य करता है।

एनसिल के मुख्य कार्य निम्नवत हैं:

- क) उद्योग के माध्यम से ध्रुवीय उपग्रह प्रमोचक रॉकेट (पी.एस.एल.वी.) तथा लघु उपग्रह प्रमोचक रॉकेट का उत्पादन ।
- ख) प्रमोचन सेवाएं तथा प्रेषानुकर पट्टाधारी, सुदूर संवेदन एवं मिशन समर्थन सेवाओं जैसे, अंतरिक्ष आधारित अनुप्रयोगों के साथ अंतरिक्ष आधारित सेवाओं का उत्पादन एवं बाजारीकरण ।
- ग) प्रयोक्ता आवश्यकताओं (संचार एवं भू-प्रेक्षण दोनों) के अनुसार उपग्रहों का निर्माण।
- घ) इसरो के केंद्रों/यूनिटों तथा अंतरिक्ष विभाग के संस्थापित संस्थानों द्वारा विकसित प्रौद्योगिकी का अंतरण ।
- ङ) इसरो की गतिविधियों से उत्पन्न स्पिन ऑफ प्रौद्योगिकियों तथा उत्पादों/सेवाओं का बाजारीकरण ।
- च) परामर्श सेवाएं ।

‘भारतीय राष्ट्रीय अंतरिक्ष संवर्द्धन तथा प्रमाणीकरण केंद्र’ (Indian National Space Promotion and Authorization Centre-IN-SPACe)

- सरकार द्वारा प्रस्तावित यह निकाय, भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (Indian Space Research Organisation-ISRO) एवं उस प्रत्येक व्यक्ति तथा संस्था के मध्य एक कड़ी का कार्य करेगा, जो अंतरिक्ष संबंधी गतिविधियों में भाग लेना चाहते हैं अथवा भारत के अंतरिक्ष संसाधनों का उपयोग करना चाहते हैं।
- प्रस्तावित निकाय अंतरिक्ष परिसंपत्तियों एवं गतिविधियों के सामाजिक-आर्थिक उपयोग को बढ़ावा देने का कार्य भी करेगा।
- इन-स्पेस (IN-SPACe) भारतीय अंतरिक्ष अवसंरचना का उपयोग करने हेतु निजी क्षेत्र की कंपनियों को समान अवसर उपलब्ध कराएगा।

अंतरिक्ष विभाग के साथ स्टार्ट-अप पंजीकरण

भारतीय अंतरिक्ष विभाग और इसरो को निजी क्षेत्र के लिए खोले जाने के लगभग दो वर्षों में 55 से अधिक स्टार्ट-अप्स को भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो), अंतरिक्ष विभाग के साथ पंजीकृत किया गया है।

प्रयोजित अनुसंधान (रेसपॉन्ड)

भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन द्वारा एक ऐसा कार्यक्रम तैयार किया गया है जिसके अंतर्गत भारत में शोध छात्रों को अंतरिक्ष विज्ञान, अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी तथा अंतरिक्ष अनुप्रयोगों पर अनुसंधान व विकास क्रियाकलापों के लिए आर्थिक सहायता उपलब्ध कराई जाती है। इसरो द्वारा प्रयोजित इस अनुसंधान कार्यक्रम को रेस्पॉन्ड (RESPOND) कहा जाता है। कुछ विशेष मामलों में गैर शैक्षणिक अनुसंधान व विकास प्रयोगशालाओं को भी इस कार्यक्रम के अंतर्गत सहायता दी जा सकती है। रेस्पॉन्ड का लक्ष्य भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रमों के लिए प्रासंगिक उत्कृष्ट अनुसंधान कार्यों को प्रोत्साहित करना है। भारतीय अंतरिक्ष

कार्यक्रम का मुख्य लक्ष्य, राष्ट्रीय विकास हेतु अंतरिक्ष विज्ञान व प्रौद्योगिकी क्षेत्र में उन्नत अनुसंधान का उपयोग व उनसे भारत की जनता को अधिकतम लाभ पहुंचाना है।

अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी उद्भवन केंद्र(एस-टीआईसी)/Space Technology Incubation Centers [S-TIC]

अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी के लिए अकादमिक-उद्योग पारिस्थितिकी तंत्र को विकसित करने और अनुसंधान करने के लिए नवीन विचारों / अनुसंधान योग्यता के साथ युवा शिक्षाविदों को आकर्षित और पोषित करने के लिए, इसरो ने हमारे देश के 6 क्षेत्रों, मध्य, पूर्व, उत्तर, उत्तर-पूर्व, दक्षिण और पश्चिम में अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी ऊष्मायन केंद्र की स्थापना की है। यह युवा शिक्षाविदों को अंतरिक्ष ग्रेड घटकों/तत्वों में अपने अभिनव विचारों/अनुसंधान योग्यता को महसूस करने में सक्षम करेगा, जिसका उपयोग अंतरिक्ष अनुप्रयोगों के लिए किया जा सकता है, और भविष्य के स्टार्ट-अप की स्थापना के लिए उनका मार्गदर्शन करेगा।

अंतरिक्ष नवीनीकरण केंद्र/Space Innovation Centre

उद्योग के साथ-साथ शिक्षा के माध्यम से अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी में अनुसंधान एवं विकास को बढ़ावा देने के लिए चल रहे प्रयासों के अनुरूप, इसरो ने वीर सुरेंद्र साई प्रौद्योगिकी विश्वविद्यालय (वीएसएसयूटी), बुर्ला, संबलपुर, ओडिशा के सहयोग से अपने परिसर के भीतर वीर सुरेंद्र साई अंतरिक्ष नवाचार केंद्र (वीएसएसएसआईसी), संबलपुर में स्थापना की है। इस VSSUT स्पेस इनोवेशन रिसर्च लैब का उद्देश्य अंतरिक्ष विज्ञान और प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में अनुसंधान और विकास को बढ़ावा और प्रोत्साहित करना है।

निष्कर्ष

भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम ने अपनी खोज की दिशा में महत्वपूर्ण प्रगति स्थापित की है। महत्वपूर्ण प्रौद्योगिकियों में महारत हासिल की और अंतरिक्ष अन्वेषण में महत्वपूर्ण मील के पत्थर देखे। बड़े बूस्टर, तरल प्रणोदक इंजन, भारी ढलाई के लिए आवश्यक बुनियादी ढाँचा, रिमोट के क्षेत्र में उन्नत भारी लॉन्चरों और मिशनों के लिए क्रायोजेनिक बूस्टर संवेदन, संचार और नौवहन उपग्रहों के साथ-साथ अंतरिक्ष विज्ञान भी किया गया है। दूर-शिक्षा जैसे अंतरिक्ष अनुप्रयोगों के कार्यक्रमों का नवाचार और विस्तार और डायरेक्ट-टू-होम टेलीविजन के माध्यम से आपदा प्रबंधन सहायता और आउटरीच आदि से समाज को लाभ प्रदान करने में भारतीय अंतरिक्ष प्रणालियों द्वारा निभाई गई अपनी बढ़ती भूमिका को प्रत्यक्ष दोहरा रहा है। इस प्रकार, भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम, अपने उद्देश्य को पूरा करने के लिए सभी मोर्चों पर सफलतापूर्वक लक्ष्य हासिल कर अग्रसर है।

संदर्भ

www.isro.gov.in

www.drishtias.com

hi.wikipedia.org

लेखक परिचय -



लेखक का नाम अवकाश कुमार गुप्ता है तथा द्रव नोदन प्रणाली केन्द्र, बेंगलूरु में 06.05.2016 से कार्यरत हैं और वर्तमान में वरिष्ठ सहायक (स्थानापन्न) के पद पर हैं। लेखक मूलरूप से उत्तर प्रदेश के गाजीपुर जिले के दिलदारनगर से सम्बंध रखते हैं और उनकी प्रारम्भिक शिक्षा वही से हुई। लेखक ने एम.सी.ए (M.C.A) से परास्नातक किया हैं ।

भारतीय अंतरिक्ष के क्षेत्र में नीति नवाचार

(सुमित कुमार, वरि. सहायक, एलबी 68823,
वित्त एवं लेखा अनुभाग, द्रव नोदन प्रणाली केंद्र, बेंगलुरु)

प्रस्तावना:

“तोड़ दो यह क्षितिज मैं भी देख लूँ उस पार क्या है,
जा रहे जिस पंथ से युग कल्प उसका छोर क्या है।
सिंधु की निःसीमता पर लघु लहर का लास कैसा,
दीप लघु शिर पर धरे आलोक का आकाश कैसा।।”

सभ्यता की शुरुआत से ही मानव अंतरिक्ष की रोमांचक कल्पनाएँ करता रहा है। इन रोमांचक कल्पनाओं में अंतरिक्ष कभी आध्यात्म का विषय बना तो कभी कविताओं और दंत-कथाओं का। पारलौकिकतावाद से प्रभावित होकर कभी मानव ने अपनी कल्पना के स्वर्ग और नरक अंतरिक्ष में स्थापित कर दिये तो कभी मानवतावाद के प्रभाव में आकर पृथ्वी को केंद्र में रखा और अंतरिक्ष को उसकी परिधि मान लिया।

धीरे-धीरे जब सभ्यता और समझ विकसित हुई तो मानव ने अंतरिक्ष के रहस्यों को समझने के लिये प्रेक्षण यंत्र बनाएँ, जिनमें दूरबीनें प्रमुख थीं। इसके बाद प्रारम्भ हुआ विज्ञान के माध्यम से अंतरिक्ष को समझने का प्रयास। इस क्रम में आर्यभट्ट से लेकर गैलीलियो, कॉपरनिकस, भास्कर एवं न्यूटन तक प्रयास होते रहे। न्यूटन के बाद आधुनिक अंतरिक्ष विज्ञान का विकास हुआ, जो आज इतना परिपक्व हो गया है कि हम मानव को अंतरिक्ष में भेजने के साथ अंतरिक्ष पर्यटन एवं अंतरिक्ष कॉलोनियाँ बसाने की भी कल्पना करने लगे हैं। भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम का प्राथमिक उद्देश्य राष्ट्रीय हित में अंतरिक्ष तकनीक एवं उसके अनुप्रयोगों का विकास करना है। भारत ने जब अपने अंतरिक्ष कार्यक्रम की शुरुआत की थी तो कई विकसित देशों ने इसका मजाक बनाया था, परंतु भारत ने अपने कम बजट में भी उच्च अंतरिक्ष तकनीक को हासिल करने में सफलता प्राप्त की और आज वह श्रेष्ठ अंतरिक्ष तकनीक वाले देशों की कतार में शामिल है।

नीति नवाचार : निजी भागीदारी बदलेगी अंतरिक्ष कार्यक्रम की तस्वीर

डॉ विक्रम साराभाई की दूरदर्शिता और उसके बाद प्रोफेसर सतीश धवन के प्रयासों से भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम का विकास इस तरह से किया गया कि सामाजिक लाभ के लिए भी राष्ट्रीय अंतरिक्ष तंत्र बनाया जा सके। सैटेलाइट मेकिंग प्रक्रिया में निजी क्षेत्र का सहयोग ले रहा है इसरो। इसरो पृथ्वी के पर्यवेक्षण, संचार प्रणाली, मौसम विज्ञान सहित कई तरह के मिशन पर काम कर चुका है। यहां तक कि आज इसरो चंद्रयान, मंगलयान, आदित्य और गगनयान जैसे मिशनों पर काम कर रहा है। इनके लिए जरूरी इंफ्रास्ट्रक्चर और मानव विशेषज्ञ सब स्वदेश में ही उपलब्ध हैं। भारत सरकार ने देश के विभिन्न इसरो केंद्रों पर अच्छी क्षमताओं और योग्यताओं

के साथ उत्तम इंफ्रास्ट्रक्चर सुविधाओं के निर्माण में अच्छा खासा निवेश किया है। हालांकि अब डिजिटल इंडिया और ई-गवर्नेंस के साथ आंतरिक व बाहरी सुरक्षा खतरों जैसी नई जरूरतों ने अधिक संख्या में सैटेलाइट प्रक्षेपण करने की आवश्यकता बढ़ा दी है।

अंतरिक्ष कार्यक्रम ने मानवता को मौका दिया है कि वह इसका इस्तेमाल विज्ञान और सामाजिक कार्यों के लिए करे। कुछ विकसित देशों में इंफ्रास्ट्रक्चर में अच्छा निवेश हुआ है। साथ ही वहां प्रतिभा की भी भरमार है। डॉ. विक्रम साराभाई की दूरदर्शिता और उसके बाद प्रोफेसर सतीश धवन के प्रयासों से भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम का विकास इस तरह से किया गया कि सामाजिक लाभ के लिए भी राष्ट्रीय अंतरिक्ष तंत्र बनाया जा सके। भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो) द्वारा चलाया जा रहा भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम तेजी से आगे बढ़ रहा है। 60 साल लंबी यात्रा में इसरो पृथ्वी के पर्यवेक्षण, संचार प्रणाली नौपरिवहन और मौसम विज्ञान सहित कई तरह के मिशन पर काम कर चुका है।

साथ ही मित्र देशों के अंतरिक्ष कार्यक्रम के लिए भारत की संभावनाएं भी धीरे-धीरे उभर रही हैं। अतिरिक्त आवश्यकताएं पूरी करने के लिए इसरो में मानव संसाधन पर्याप्त नहीं हैं। इसलिए इसरो ने सैटेलाइट बनाने की प्रक्रिया के लिए बाहरी उद्योग से सहयोग मांगा है। जो टीम सफलतापूर्वक इसके लिए चुनी गई है, उसे अवसर दिया गया है कि एक समानान्तर रेखा बना कर ऐसी सैटेलाइट बनाए, जो दोहराने योग्य और नियमित तौर पर प्रक्षेपण करने लायक हों। वर्ष 2016 से जहाजरानी, पृथ्वी पर्यवेक्षण और संचार सैटेलाइट का कार्य बाहरी यानी निजी क्षेत्र से आने वाले कुछ चयनित और प्रशिक्षित लोगों को दिया गया है, जो इसरो केंद्रों में यह काम कर रहे हैं। सैटेलाइट बनाने के लिए बाहरी उद्योगों को भागीदार बनाने के बाद अब इसरो ने बाहरी औद्योगिक पार्टनर चिह्नित करने शुरू कर दिए हैं, जो शुरुआती चरण में इसरो टीम के साथ सैटेलाइट बनाने के लिए बाहरी उद्योगों को भागीदार बनाने के बाद अब इसरो ने बाहरी औद्योगिक पार्टनर चिह्नित करने शुरू कर दिए हैं, जो शुरुआती चरण में इसरो टीम के साथ पीएसएलवी के लिए आवश्यक क्षमता विकसित करना सीख सकते हैं। इसके बाद जीएसएलवी एम-3 के स्तर तक पहुंच सकते हैं। शुरुआती चरणों में हो सकता है इसरो औद्योगिक साझेदारों की सहायता करे, लेकिन धीरे-धीरे उम्मीद की जा रही है कि वे राष्ट्रीय अंतरिक्ष नीति के तहत राष्ट्रीय व अंतरराष्ट्रीय ग्राहकों के सैटेलाइट और प्रमोचकों के लिए आगे आएंगे। संभावनाओं से भरे माहौल में इतना सामर्थ्य है कि देश में उत्कृष्ट और प्रतिस्पर्धी अंतरिक्ष उद्योग तैयार हो सकें। सैटेलाइट बनाने और उन्हें प्रक्षेपण करने के लिए पूरी तरह से तैयार अंतरिक्ष उद्योग से अपेक्षित है कि वह सस्ता अंतरिक्ष परिवहन तंत्र उपलब्ध करवाए। साथ ही संचार, जहाजरानी और पृथ्वी पर्यवेक्षण में नवाचार के साथ समाधान प्रस्तुत करे। अपेक्षा की जाती है कि इसरो के अनुसंधान एवं विकास संबंधी विभाग नई तकनीक और अंतरिक्ष की नई सीमाएं विकसित करने के सारे प्रयास करेंगे। नई तकनीक व व्यावसायिक रूप से प्रतिस्पर्धा सैटेलाइट बनाने और उनके

प्रक्षेपण संबंधी कार्यभार उद्योगों पर छोड़ दिया जाएगा। कुशल एवं योग्य मानव संसाधन के लिए अपेक्षित है कि इसरो और निजी उद्योग स्वस्थ प्रतिस्पर्द्धा के साथ देश के शैक्षणिक संस्थानों से प्रतिभाशाली छात्रों को अच्छे प्रस्ताव देकर चुनें।

अंतरिक्ष क्षेत्र में भारत की क्षमता को अनलॉक करना

चंद्रयान और मंगलयान जैसी महत्वाकांक्षी परियोजनाओं की शानदार सफलता के बाद, भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम अगले चरण के लिए तैयार है। 1969 से राष्ट्र के प्रयासों का नेतृत्व करते हुए, भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो) वर्तमान में गगनयान - भारत का पहला मानव अंतरिक्ष यान मिशन शुरू करने के लिए काम कर रहा है। इस मिशन की घोषणा भारतीय प्रधानमंत्री ने साल 2018 में की थी कि साल 2022 तक, जब भारत आजादी के 75 साल पूरे करेगा, उस समय तक भारत का कोई बेटा या बेटा अपने हाथों में तिरंगा लेकर अंतरिक्ष में जाएगा।

निजी क्षेत्र की इकाइयों को एक निश्चित नीतिगत और नियामक वातावरण उपलब्ध कराना ताकि वे अपनी क्षमताओं के विकास में निवेश कर सकें। निजी कंपनियों को उपग्रहों के निर्माण, प्रक्षेपणों और अंतरिक्ष आधारित गतिविधियों के लिए बराबरी के मौके उपलब्ध कराना। ग्रहों की खोज और बाहरी अंतरिक्ष की यात्रा जैसी अग्रिम परियोजनाओं को भी निजी क्षेत्र के लिए खोला जाना। इससे भारत के अंतरिक्ष कार्यक्रम को विस्तार और सरकारी खर्च पर निर्भरता घटाने के नजरिए से बड़ा सहयोग मिलने की मिलने की उम्मीद है। देश में प्रक्षेपण वाहन प्रणालियों के व्यवसाय में निजी क्षेत्र के सबसे बड़े खिलाड़ी लासेन एंड टूब्रो के डिफेंस एंड स्मार्ट टेक्नोलॉजीज के निदेशक और वरिष्ठ उपाध्यक्ष जयंत पाटिल इन सुधारों को 'सकारात्मक बदलाव' के रूप में देखते हैं। क्या सचमुच इन कंपनियों को अंतरिक्ष के क्षेत्र में मुनाफा दिख रहा है? अभी किसी को ठीक से नहीं पता कि अंतरिक्ष कारोबार में कमाई का स्वरूप क्या होगा। ज्यादातर कंपनियाइसमें दीर्घकालिक निवेश के इरादे से उतरी हैं, जिसमें पहली नजर मुनाफे पर नहीं, भविष्य की तकनीक पर पकड़ बनाने की होती है। इस सबसे अंतरिक्ष क्षेत्र में सक्रियता काफी बढ़ गई है, जो अपने आप में स्वागतयोग्य है। निजी क्षेत्र की इकाइयों को एक निश्चित नीतिगत और नियामक वातावरण उपलब्ध कराना ताकि वे अपनी क्षमताओं के विकास में निवेश कर सकें।

इन-स्पेस: भारतीय स्पेस अन्वेषण के भविष्य को नया रूप देना

राज्य के प्रमुख के दृष्टिकोण के अनुरूप, अंतरिक्ष क्षेत्र में निजी भागीदारी की सुविधा प्रदान करने के लिए अंतरिक्ष विभाग (डॉस) के तहत एक स्वतंत्र नोडल एजेंसी तैयार की गई है। इस नई एजेंसी को भारतीय राष्ट्रीय अंतरिक्ष प्रमोशन और प्राधिकरण केंद्र (इन-स्पेस) कहा जाता है, जिसका उद्देश्य भारत के अंतरिक्ष गतिविधियों में निजी क्षेत्र से अधिक भागीदारी सुनिश्चित

करना है। अंतरिक्ष अनुसंधान के क्षितिजों को व्यापक बनाने के लिए भारत के नए प्रयासों के भाग के रूप में इन-स्पेस पहल की घोषणा की गई थी। संपर्क नोडल एजेंसी इसरो और गैर-सरकारी निजी संस्थाओं (एनजीपीई) के बीच काम करती है, जो भारत के अंतरिक्ष अन्वेषण गतिविधियों में एनजीपीई की भागीदारी को तेज करती है। इन-स्पेस अंतरिक्ष विभाग के तहत एक नियामक निकाय है, एक ऐसा निकाय जो भारत में अंतरिक्ष गतिविधियों को सक्षम और नियंत्रित करता है।

अंतरिक्ष गतिविधियों में एनजीपीई की भागीदारी को प्रोत्साहित करने के लिए प्रौद्योगिकी, बुनियादी ढांचे और विशेषज्ञता को शेयर करने की अनुमति देने के लिए इन-स्पेस में एक बना बनाया तंत्र होगा। सार्वजनिक और निजी क्षेत्रों के बीच अंतरिक्ष अन्वेषण के विस्तार को बढ़ाते हुए, यह पहल भारत की अंतरिक्ष अर्थव्यवस्था को बढ़ाने में मदद करेगी। अगस्त 2020 में "अंतरिक्ष क्षेत्र में भारत की क्षमताओं को अनलॉक करने" पर एक वेबिनार में इन-स्पेस के संगठन और संचालन का वर्णन करते हुए और निजी क्षेत्र के लिए अंतरिक्ष गतिविधियों को अंजाम देने के लिए तंत्र को सक्षम करने के बारे में बात करते हुए। ऑनलाइन ब्रीफिंग में इस पहल की घोषणा करते हुए, इसरो प्रमुख ने कहा कि अंतरिक्ष में तकनीकी, कानूनी सुरक्षा और सुरक्षित गतिविधि संवर्धन के साथ-साथ निगरानी के उद्देश्यों के लिए अपने स्वयं के निदेशालय होंगे ताकि वे एक स्वतंत्र निर्णय ले सकें। इसरो प्रमुख मानते हैं कि यह प्रयास एक 'प्रमुख सुधार' है। निजी क्षेत्र को रॉकेट बनाना, सैटेलाइट बनाना, कमर्शियल आधार पर प्रक्षेपण सेवाएं प्रदान करना और इसरो के इंटरप्लेनेटरी मिशन का हिस्सा बनने जैसी स्पेस गतिविधियां करने में सक्षम किया जाएगा।

यह क्यों मायने रखता है?

भारत में अंतरिक्ष विज्ञान की सीमाओं को आगे बढ़ाने में इसरो का योगदान महत्वपूर्ण रहा है। इस क्षेत्र को खोलने से वैश्विक पटल पर भारत का नाम होगा। इन-स्पेस भारत के अंतरिक्ष अन्वेषण में निजी संस्थाओं के लिए एक संतुलन प्रदान करेगा जिससे राष्ट्र की अंतरिक्ष परिसंपत्तियों का अधिकतम उपयोग करने के लिए नियामक वातावरण को प्रोत्साहित किया जा सके। इसरो के भूत पूर्व प्रमुख श्री के शिवन ने कहा था। "निजी पार्टियों का सहयोग अंतरिक्ष क्षेत्र को खोलने और अंतरिक्ष आधारित अनुप्रयोगों और सेवाओं को सभी के लिए अधिक व्यापक रूप से सुलभ बनाने के हमारे प्रयासों को मजबूत करेगा"। इन-स्पेस अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी और बुनियादी ढांचे के नवान्वेषी उपयोग के माध्यम से इसरो के अनुसंधान और विकास (आर एंड डी) गतिविधियों में सुधार करने में मदद करेगा। अंतरिक्ष क्षेत्र में उन्नत क्षमताओं के साथ, इन-स्पेस पहल एक निर्धारक कारक होगा जो अंतरिक्ष अनुसंधान में देश को समृद्ध बनाने में मदद करेगा। इन-स्पेस पहल भविष्य की ओर एक कदम है। इस एजेंसी का उद्देश्य 'सप्लाई-चालित' मॉडल से 'मांग-चालित' मॉडल में भारत की अंतरिक्ष गतिविधियों को बदलना है।

विशेषज्ञों के अनुसार, नई पॉलिसी से अंतरिक्ष उद्योग को भारत के संचार बुनियादी ढांचे की कमी को पूरा करने में भी मदद मिलेगी। गगनयान जैसे अग्रणी मिशनों के साथ, निजी क्षेत्र से जुड़ाव बढ़ने की संभावना भारत के अंतरिक्ष कार्यक्रम के लिए एक नए युग की शुरुआत कर सकती है। आज इसरो सालाना 10 उपग्रह प्रक्षेपण करती है, कई सारी नई योजनाएं भी इंटरज़ार में हैं, विदेशों से भी प्रक्षेपण का प्रस्ताव मिलता है। जैसे-जैसे इसरो पर काम का भार बढ़ता गया, इसरो पर अपने उत्पादन की जिम्मेदारी को दूसरों को सौंपने का दबाव भी तेज होता गया। इसके तहत उच्च स्तर वाले साझेदारों की जरूरत है। इसरो पहले से ही 150 कंपनियों के साथ काम करती है। इनमें से ज्यादातर निजी क्षेत्र की हैं, इस तरह का गठबंधन साल दर साल बढ़ता जा रहा है। तुलना के लिए हम देख सकते हैं कि नासा 400 निजी कंपनियों के साथ काम करती है। भारत में उपग्रह निर्माण के काम का एक बड़ा हिस्सा पहले से ही बाहरी एजेंसियों के हाथ में है।

सार्वजनिक या निजी बाहरी कंपनियों को भारतीय अंतरिक्ष क्षेत्र में उतारने का विचार इस प्रकार था कि धीरे-धीरे भारतीय उद्योग में क्षमताओं का विकास कर औद्योगिक आधार को बड़ा किया जाएगा और उन्नत तकनीकों के लिए एक नई आपूर्ति श्रृंखला खोली जाएगी। दूसरी तरफ इसरो सिर्फ शोध और विकास, नई तकनीकों, अंतरिक्ष खोज और रक्षा आधारित उपकरणों पर अपना ध्यान केंद्रित करेगी। भारत की दूसरी शोध संस्थाओं या फिर अमेरिका की नासा की तरह इसरो भी बड़े पैमाने पर उत्पादन के लिए नहीं बनी है। इसलिए लंबे वक्त से अपने लिए जरूरी चीजों के ठेके देती रही है। इसमें औज़ार उत्पादन, उपग्रह के लिए रॉकेट प्रक्षेपणर्स शामिल हैं। यह ठेके निजी और सार्वजनिक क्षेत्र, दोनों तरह की कंपनियों को मिलते रहे हैं। इस दौरान मूल प्रक्षेपण प्रक्रिया और प्रणाली संयोजन समेत सभी अहम गतिविधियां इसरो के पास ही रही हैं।

युवा विज्ञानी कार्यक्रम (युविका) - 2022

युवा विज्ञानी कार्यक्रम (युविका) इसरो द्वारा संचालित एक आवासीय प्रशिक्षण कार्यक्रम है। युविका-2022 का आयोजन 16 से 28 मई 2022 के दौरान निर्धारित किया गया, जिसके लिए देश के सभी राज्यों तथा संघ क्षेत्रों से 150 छात्रों का चयन किया गया। इस प्रशिक्षण का संचालन वी.एस.एस.सी.-तिरुवनंतपुरम, यू.आर.एस.सी.-बेंगलूरु, सैक-अहमदाबाद, एन.आर.एस.सी.-हैदराबाद तथा उ.पू.-सैक-शिलांग नामक इसरो के 5 केंद्रों में किया गया। इस कार्यक्रम में क्लॉस रूम लेक्चर, व्यवहारिक क्रियाकलाप, प्रतिष्ठित वैज्ञानिकों के साथ चर्चा, प्रयोगशाला / सुविधाओं का दौरा, स्कॉई गोज़िंग, रोबोटिक एसेंबली, कैनसैट परीक्षण इत्यादि शामिल हुए।

इस कार्यक्रम के लिए लगभग 1 लाख छात्रों ने आवेदन दिया था। अंतिम रूप से शैक्षिक अंकों तथा अन्य सह-पाठ्यक्रम गतिविधियों के आधार पर 150 छात्रों का चयन किया -2022 का उद्घाटन किया गया। सभी को संबोधित करते हुए सचिव, अंतरिक्ष विभाग अध्यक्ष, इसरो ने सभी छात्रों का स्वागत किया तथा उनसे अगले दो स्पताह में मिलने वाले सभी वरिष्ठ वैज्ञानिकों

तथा प्रौद्योगिकी विदों के साथ चर्चा करने के अवसर का पूरा लाभ उठाने का आग्रह किया। उन्होंने छात्रों को इंजीनियरी, तारा भौतिकी, खगोलीय जीवविज्ञान, गणित, भौतिक विज्ञान, रसायन शास्त्र, कंप्यूटर विज्ञान आदि जैसे क्षेत्रों तथा इनसे संबंधित व्यापक अवसरों के बारे में समझाया। उन्होंने यह भी बताया कि यह सभी क्षेत्र वास्तव में अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी के अभिन्न अंग हैं, परंतु लोगों को इनकी जानकारी नहीं है।

28 मई 2022 को सतीश धवन अंतरिक्ष केंद्र (एस.डी.एस.सी.), श्रीहरिकोटा में संपन्न समापन समारोह के साथ युवा विज्ञानी कार्यक्रम, युविका - 2022 समाप्त हुआ। इस अवसर पर, अध्यक्ष इसरो/सचिव अंतरिक्ष विभाग ने विद्यार्थियों के साथ वार्तालाप किया और देश के 36 राज्यों या संघ शासित प्रदेशों से आए 153 विद्यार्थियों को प्रमाणपत्र दिया।

निष्कर्ष

अंतरिक्ष क्षेत्र का खोला जाना समयानुकूल है। निजी क्षेत्र के बड़े खिलाड़ियों जैसे टेस्ला के एलन मस्क के उद्यम 'स्पेस एक्स' तथा अमेजन के जेफ बेजोस के अंतरिक्ष व्यवसाय 'ब्ल्यू ओरिजिन' के प्रवेश के साथ अंतरिक्ष की दौड़ की प्रकृति तथा भविष्य में नाटकीय बदलाव हुए हैं। बीते वर्षों में इसरो ने प्रक्षेपण यानों और उपग्रह प्रणालियों के निर्माण में निजी क्षेत्र की इकाइयों की सेवाएं ली हैं जिसके चलते अब निजी और सरकारी, दोनों कंपनियां रॉकेट और उपग्रह प्रणालियों करीब 50 प्रतिशत हिस्सोंपुर्जों की आपूर्ति करती हैं। निजी क्षेत्र को भी समान अवसर उपलब्ध कराने - का सुधार करने के बाद रॉकेट प्रक्षेपण और उपग्रह निर्माण के क्षेत्रों से इसरो का एकाधिकार समाप्त हो जाएगा और इस दिशा में निजी क्षेत्र का बड़े पैमाने पर प्रवेश संभव हो सकेगा।

युवा विज्ञानी कार्यक्रम द्वारा इसरो ने अपने युवा वैज्ञानिकों को पढ़ने की आदत विकसित करने और विज्ञान, प्रौद्योगिकी, अभियांत्रिकी, गणित आदि के क्षेत्रों में योगदान करने के लिए उत्साह पैदा करने की सलाह दी। इसरो ने विद्यार्थियों से आग्रह किया कि वे अपने विद्यालयों और क्षेत्रों में अंतरिक्ष क्रियाकलापों का संवर्धन करने के लिए इसरो के राजदूत बनें।

संदर्भ:

- <https://www.isro.gov.in/>
- <https://wikipedia.org/>

लेखक परिचय



लेखक ने अपनी स्नातक(बीसीए) वर्ष 2010 में नई दिल्ली से पूरा किया तथा वर्ष 2014 में इन्दिरा गांधी राष्ट्रीय खुला विश्वविद्यालय, नई दिल्ली से (एमसीए) की डिग्री प्राप्त की। वर्तमान में *द्रव नोदन प्रणाली केंद्र, बेंगलुरु* के *वित्त एवं लेखा अनुभाग* में वरि. सहायक के पद पर कार्यरत हैं।

अंतरिक्ष अनुसंधान क्षेत्र में इसरो की उपलब्धियाँ - भावी योजनाएं

नेहा केसरवानी, द्रव नोदन प्रणाली केंद्र, बेंगलूरु

प्रस्तावना

शुरुआत से ही मानव अंतरिक्ष की रोमांचक कल्पनाएँ करता रहा है। इन रोमांचक कल्पनाओं में अंतरिक्ष कभी आध्यात्म का विषय बना तो कभी कविताओं और दंत-कथाओं का। धीरे-धीरे जब सभ्यता और समझ विकसित हुई तो मानव ने अंतरिक्ष के रहस्यों को समझने के लिये प्रेक्षण यंत्र बनाएँ, जिनमें दूरबीनें प्रमुख थीं। इसके बाद प्रारम्भ हुआ विज्ञान के माध्यम से अंतरिक्ष को समझने का प्रयास। इस क्रम में आर्यभट्ट से लेकर गैलीलियो, कॉपरनिकस, भास्कर एवं न्यूटन तक प्रयास होते रहे। न्यूटन के बाद आधुनिक अंतरिक्ष विज्ञान का विकास हुआ, जो आज इतना परिपक्व हो गया है कि हम मानव को अंतरिक्ष में भेजने के साथ अंतरिक्ष पर्यटन एवं अंतरिक्ष कॉलोनियाँ बसाने की भी कल्पना करने लगे हैं।

भारत में आधुनिक अंतरिक्ष कार्यक्रम के जनक डॉ. विक्रम साराभाई थे। भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम का प्राथमिक उद्देश्य राष्ट्रीय हित में अंतरिक्ष तकनीक एवं उसके अनुप्रयोगों का विकास करना है।

हाल में भारत की अंतरिक्ष उपलब्धियाँ

भारत की अंतरिक्ष क्षेत्र की उपलब्धियों की बात करें तो भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो) ने हालिया वर्षों में ऐसी कई उपलब्धियाँ हासिल की हैं, जिसने अंतरिक्ष विज्ञान में अग्रणी कहे जाने वाले अमेरिका और रूस जैसे देशों को भी चौंकाया है। उनमें से ही कुछ इस प्रकार हैं:

- 28 फरवरी 2021 को इसरो ने पीएसएलवी-सी51 से UNITYsat लॉन्च किया। ये छात्रों द्वारा बनाया गया एक सैटेलाइट था जो अपने साथ ब्राज़ील के सैटेलाइट एमेजोनिया-1 समेत 18 अन्य उपग्रह लेकर गया था। इन मिशन में अमेरिका के 13 सैटेलाइट भी थे। 2021 में ये इसरो का पहला लॉन्च था। इस लॉन्च में भगवद्गीता और प्रधानमंत्री नरेंद्र मोदी की तस्वीर भी अंतरिक्ष में भेजी गई थी। इस सफल प्रक्षेपण के साथ ही भारत की तरफ से लॉन्च किए जाने वाले विदेशी सैटेलाइटों की संख्या बढ़कर 342 हो गई।
- इसरो के चंद्रयान-2 ने चंद्रमा के ध्रुवीय क्षेत्र (जिसे चंद्रमा का Dark Side भी कहा जाता है) पर Water Ice खोजा। चंद्रयान-2 ने चंद्रमा के उस हिस्से में Water Ice खोजा है जो हमेशा अंधेरे में ही रहता है। चंद्रमा के उत्तरी और दक्षिणी ध्रुव हमेशा अंधेरे में रहते हैं क्योंकि इन क्षेत्रों पर सूरज की थोड़ी सी भी रौशनी नहीं पड़ती। चंद्रमा के सतह का ये सबसे ठंडा इलाका है।

- सौरमंडल के बाहर खोजा जुपिटर से बड़ा Exoplanet - इसरो के वैज्ञानिकों ने जुपिटर से 1.4 गुना बड़ा एक्सोप्लैनेट खोज निकाला. अहमदाबाद स्थित डिपार्टमेंट ऑफ स्पेस के फ़िज़िक्स रिसर्च लैबोरेट्री ने एक्सोप्लैनेट की खोज की.
- मंगलयान ने अंतरिक्ष में पूरे किए 7 साल - भारत के मंगलयान ने मंगल ग्रह के ऑरबिट में 7 साल पूरे कर लिए. गौरतलब है कि मंगलयान को 6 महीने के मिशन के लिए ही बनाया गया था. बता दें कि इस मिशन को 5 नवंबर, 2013 को लॉन्च किया गया था और इसने 24 सितंबर, 2014 को मंगल का एक चक्कर पूरा किया.
- चंद्रयान 2 ने पूरे किए चंद्रमा के 9000 चक्कर - इसरो ने 2021 में 2 दिन का लूनर साइंस वर्कशॉप का आयोजन किया. इस वर्कशॉप के दौरान पूर्व इसरो अध्यक्ष डॉ के सिवन ने जानकारी दी कि चंद्रयान 2 ने चंद्रमा के 9000 चक्कर पूरे कर लिए.
- कोविड से लड़ने के लिए विकसित किए 3 वेंटिलेटर - पूरी दुनिया कोविड19 से लड़ रही है. इसरो ने देशवासियों की मदद करने की पहल की और 3 वेंटिलेटर विकसित किए. इसरो ने इनके क्लनीनिकल यूज़ के लिए इन वेंटिलेटर्स की तकनीक शेयर करने की भी पेशकश की. ये वेंटिलेटर कम लागत से बनाए गए और ये पोर्टेबल भी हैं.
- 22 जनवरी 2020 को बंगलूरु में भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (ISRO), इंटरनेशनल एकेडमी ऑफ एस्ट्रोनॉटिक्स (IAA) और एस्ट्रोनॉटिकल सोसाइटी ऑफ इंडिया (ASI) के पहले सम्मेलन में इसरो द्वारा मानवयुक्त गगनयान मिशन हेतु एक अर्द्ध-मानवीय महिला रोबोट 'व्योममित्र' को लॉन्च किया।
- 11 दिसंबर 2019 को इसरो ने पीएसएलवी सी-48 रॉकेट के साथ रीसैट-2बीआर1 लॉन्च किया।
- 27 मार्च 2019 को भारत ने मिशन शक्ति को सफलतापूर्वक अंजाम देते हुए एंटी-सैटेलाइट मिसाइल (A-SAT) से तीन मिनट में एक लाइव भारतीय सैटेलाइट को सफलतापूर्वक नष्ट कर दिया।
- 11 अप्रैल 2018 को इसरो ने नेवीगेशन सैटेलाइट IRNSS लॉन्च किया। यह स्वदेशी तकनीक से निर्मित नेवीगेशन सैटेलाइट है। इसके साथ ही भारत के पास अब अमेरिका के जीपीएस सिस्टम की तरह अपना नेवीगेशन सिस्टम है।
- 5 जून 2017 को इसरो ने देश का सबसे भारी रॉकेट GSLV MK 3 लॉन्च किया। यह अपने साथ 3,136 किग्रा का सैटेलाइट जीसैट-19 साथ लेकर गया। इससे पहले 2,300 किग्रा से भारी सैटेलाइटों के प्रक्षेपण के लिये विदेशी प्रक्षेपकों पर निर्भर रहना पड़ता था।
- 5 मई 2017 को दक्षिण एशिया उपग्रह को श्रीहरिकोटा उपग्रह प्रक्षेपण केंद्र से प्रक्षेपित कर दिया गया। यह उपग्रह पाकिस्तान को छोड़कर अन्य सभी सार्क (SAARC) देशों के लिए एक

उपग्रह के समान था। इस उपग्रह के द्वारा पड़ोसी देशों के हॉटलाइन से जल्दी संपर्क बनाने, टी.वी. प्रसारण, भारतीय सीमा पर हलचल को रोकना आदि कार्य किए जा सकते हैं।

- 14 फरवरी 2017 को इसरो ने पीएसएलवी के जरिये एक साथ 104 सैटेलाइट लॉन्च कर विश्व में कीर्तिमान स्थापित किया। इससे पहले इसरो ने वर्ष 2016 में एकसाथ 20 सैटेलाइट प्रक्षेपित किया था जबकि विश्व में सबसे अधिक रूस ने वर्ष 2014 में 37 सैटेलाइट लॉन्च कर रिकार्ड बनाया था। इस अभियान में भेजे गए 104 उपग्रहों में से तीन भारत के थे और शेष 101 उपग्रह इज़राइल, कज़ाखस्तान, नीदरलैंड, स्विटज़रलैंड और संयुक्त राज्य अमेरिका के थे।
- 25 सितंबर 2014 को भारत ने मंगल ग्रह की कक्षा में सफलतापूर्वक मंगलयान स्थापित किया। इसकी उपलब्धि का अंदाजा इसी बात से लगाया जा सकता है कि भारत ऐसा पहला देश था, जिसने अपने पहले ही प्रयास में यह उपलब्धि हासिल की।

अंतरिक्ष अनुसंधान एवं विकास गतिविधियाँ

देश में दूरसंचार, प्रसारण और ब्रॉडबैंड अवसंरचना के क्षेत्र में विकास के लिये इसरो ने उपग्रह संचार के माध्यम से कार्यक्रमों को चलाया। इसमें प्रमुख भूमिका **INSAT** और **GSAT** उपग्रहों की रही। वर्तमान में भारत संचार सेवाओं के लिये 200 से अधिक ट्रांसपोंडरों (Transponders) का उपयोग हो रहा है। इन उपग्रहों के माध्यम से भारत में दूरसंचार, टेलीमेडिसिन, टेलीविज़न, ब्रॉडबैंड, रेडियो, आपदा प्रबंधन, खोज और बचाव अभियान जैसी सेवाएँ प्रदान कर पाना संभव हुआ है।

भारत में इसरो की दूसरी महत्वपूर्ण भूमिका **भू-पर्यवेक्षण** (Earth Observation) के क्षेत्र में रही है। भारत में मौसम पूर्वानुमान, आपदा प्रबंधन, संसाधनों की मैपिंग करना तथा भू-पर्यवेक्षण के माध्यम से नियोजन करना आदि के लिये भू-पर्यवेक्षण तकनीक की आवश्यकता होती है।

तीसरा महत्वपूर्ण क्षेत्र उपग्रह आधारित **नौवहन** है। नौवहन तकनीक को ध्यान में रखकर भारत ने **गगन** कार्यक्रम की शुरुआत की। भारत ने कुछ समय पूर्व ही इस कार्यक्रम से आगे बढ़ते हुए **IRNSS** लॉन्च किया है जो 7 उपग्रहों पर आधारित है। भारत ने वर्ष 2016 में IRNSS के नाम में परिवर्तन करके इसे **नाविक** (Navigation with Indian Constellation-NAVIC) कर दिया है।

हाल ही में न्यू स्पेस इंडिया लिमिटेड (New Space India Limited-NSIL) का आधिकारिक रूप से बंगलूरु में उद्घाटन किया गया है। गौरतलब है कि न्यू स्पेस इंडिया लिमिटेड इसरो की एक वाणिज्यिक शाखा है। अंतरिक्ष के क्षेत्र में इसरो द्वारा की गई अनुसंधान और विकास गतिविधियों के व्यावसायिक उपयोग हेतु न्यू स्पेस इंडिया लिमिटेड को 100 करोड़ रुपए की अधिकृत शेयर पूंजी (पेड-अप कैपिटल 10 करोड़ रुपए) के साथ 6 मार्च, 2019 को लॉन्च किया

गया था। यह 'एंट्रिक्स कॉर्पोरेशन' के बाद इसरो की दूसरी व्यावसायिक शाखा है। एंट्रिक्स कॉर्पोरेशन को मुख्य रूप से वर्ष 1992 में इसरो के विदेशी उपग्रहों के वाणिज्यिक प्रक्षेपण की सुविधा हेतु स्थापित किया गया था।

11 जनवरी, 2021 को एक उत्साहजनक ऑनलाइन कार्यक्रम में अटल नवाचार मिशन, नीति आयोग और भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो) ने घोषणा की कि इसरो स्कूल के छात्रों के लिए एसटीईएम, अंतरिक्ष शिक्षा और अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी से संबंधित नवाचारों के क्षेत्र में शिक्षा को बढ़ावा देने के लिए देश के 100 अटल टिकरिंग लैब्स (एटीएल) अपनाएगा।

इस अवसर पर इसरो के पूर्व अध्यक्ष डॉ. के. सिवन ने संबोधित करते हुए, यह उम्मीद जाहिर की कि इस कदम से नवाचार और स्कूली बच्चों को परम्परागत शिक्षण के मुकाबले प्रयोगात्मक शिक्षण की भावना को बढ़ावा देने में मदद मिलेगी। उन्होंने यह भी कहा कि परियोजना आधारित शिक्षा से स्कूल के दिनों से ही अनुसंधान के प्रति युवाओं के दृष्टिकोण में सुधार आएगा। इसरो के इस सहयोग से एटीएल स्कूलों के युवा छात्रों को अंतरिक्ष प्रौद्योगिकियों सीखने और देश के लिए नवाचार करने के अवसर उपलब्ध होंगे।

इसरो की भावी परियोजनाएँ

“इंसान हमेशा धरती पर नहीं रहेगा, विलुप्त हो जाएगा, इसलिए अंतरिक्ष में भेज रहे हैं मानव, नई पृथ्वी की तलाश जरूरी” - इसरो अध्यक्ष डॉ एस सोमनाथ

भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (ISRO) प्रमुख डॉ एस सोमनाथ ने कहा है कि इंसान हमेशा धरती पर नहीं रहेगा। ऐसे में किसी नई पृथ्वी की तलाश जरूरी है। उन्होंने भविष्य की चिंता को लेकर कहा कि धरती पर इंसानों की जिंदगी काफी सीमित है। बेंगलुरु में आयोजित हयमून स्पेस फ्लाइट में गगनयान की जरूरतों पर बोलते हुए इसरो प्रमुख ने कहा कि इंसानों ने अगर रहने के लिए नई जगह नहीं चुनी तो एक न एक दिन धरती के साथ-साथ इंसान भी खत्म हो जाएंगे।

उन्होंने यह भी कहा कि चंद्रमा और मंगल पर एस्टेरॉयड्स की बमबारी होती रहती है। वहां वायुमंडल न होने की वजह से वो इससे बच नहीं पाते। लेकिन धरती के पास वायुमंडल है। जिसकी वजह से इंसान एस्टेरॉयड्स के वार से बच जाते हैं। उन्होंने कहा कि डायनासोर मारे गए क्योंकि उनमें बुद्धि नहीं थी। लेकिन इंसान बुद्धिमान हैं। उन्हें नई जगह तलाशनी होगी। भारत के कदम अगर चंद्रमा पर नहीं पड़े तो भविष्य में दुनिया भर के लोग भारत को चंद्रमा से बाहर कर देंगे। इसके लिहाज से भारत ने अंटार्कटिका में अपने तीन स्टेशन बनाए हैं। हम सबसे पहले मंगल पर पहुंचे। उन्होंने गगनयान को सिर्फ एक नया प्रयास बताते हुए कहा कि आजादी के

100 साल होने पर भारत अपना अंतरिक्ष में अपना स्पेस स्टेशन बना चुका होगा। हम सिर्फ गगनयान तक नहीं रुकेंगे।

अंतरिक्ष की बड़ी खोज में भारत को शामिल किया जाए। यहां हमें इसरो के तीन प्रमुख मिशन- गगनयान, आदित्य एल-1 और चंद्रयान-3 के बारे में जानने की जरूरत है।

गगनयान परियोजना

अंतरिक्ष के क्षेत्र में देश को एक से बढ़कर एक उपलब्धियों से गौरवान्वित करने वाले भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो) ने 14 जुलाई 2021 को एक और बड़ी उपलब्धि की दिशा में कदम बढ़ाया है। इस दिन इसरो ने गगनयान के विकास इंजन का तीसरा हॉट टेस्ट किया और यह परीक्षण पूरी तरह सफल रहा। परीक्षण के दौरान तमिलनाडु के महेन्द्रगिरी स्थित इसरो प्रोपल्शन कॉम्प्लेक्स में इंजन को 240 सेकंड तक चलाया गया। मानव आधारित जीएसएलवी एमके3 मिसाइल पर के कोर एल110 लिक्विड स्टेज पर यह परीक्षण पूरा हुआ। भारतीय अंतरिक्ष एजेंसी को इस सफलता पर आम नागरिकों ने भी हर्ष व्यक्त किया है। दुनिया के जाने-माने उद्योगपति और अंतरिक्ष गतिविधियों में खासी दिलचस्पी रखने वाले अमेरिकी कंपनी टेस्ला के मुखिया एलन मस्क ने भी इस कामयाबी के लिए ट्विटर पर इसरो और भारत को बधाई दी है।

गगनयान परियोजना के लिए इसरो की यह बड़ी कामयाबी कई लिहाज से मायने रखती है। ऐसा इसलिए, क्योंकि यह इसरो का पहला मानवीय अंतरिक्ष अभियान है, जिसमें उसने तीन भारतीयों को अपने दम पर अंतरिक्ष में भेजने का लक्ष्य तय किया है। इस कारण इस लक्ष्य की पूर्ति में हर सफल पड़ाव से उसका हौसला बढ़ना स्वाभाविक है। गगनयान मिशन का उद्देश्य मानव-युक्त भारतीय अंतरिक्ष यान को पृथ्वी की परिक्रमा के लिए अंतरिक्ष में भेजना और फिर उसे धरती पर सुरक्षित वापस लाने की क्षमता का प्रदर्शन करने का है। इसके तहत अंतरिक्ष-यान को इस प्रकार तैयार किया गया है कि वह अंतरिक्ष में तीन लोगों को ले जाने में सक्षम हो सके। इसके साथ ही यह परियोजना में प्रयुक्त किए जाने वाले यान को उन्नत संस्करण डॉकिंग क्षमता से लैस किया जाएगा। अपने पहले मानवयुक्त मिशन के तहत तीन भारतीय अंतरिक्ष यात्रियों का दल सात दिनों के लिए 400 किमी यानी 250 मील की ऊंचाई पर पृथ्वी की परिक्रमा करेगा।

गगनयान मिशन के अंतर्गत भारतीय वायु सेना के एक ग्रुप कैप्टन और तीन विंग कमांडरों को अंतरिक्ष में जाने के लिए चयनित किया गया है। ये सभी रूसी लॉन्च सेवा प्रदाता ग्लाव्कास्मास में अंतरिक्ष की परस्थितियों के अनुसार ढलने की एक वर्ष की ट्रेनिंग पूरी कर चुके हैं। अब यह भावी अंतरिक्ष यात्री इसरो के डिजाइन किए गए ट्रेनिंग मॉड्यूल से ट्रेनिंग लेंगे। शॉर्टलिस्ट किए गए अंतरिक्ष यात्रियों को वर्तमान में मिशन के लिए प्रशिक्षित किया जा रहा है। इसके अलावा,

क्रू रिकवरी ऑपरेशन के लिए पूर्वाभ्यास और नाममात्र मिशन के लिए विस्तृत परिचालन आवश्यकताओं को अंतिम रूप दिया गया है। सूक्ष्म गुरुत्व प्रयोगों के लिए संकल्पनात्मक डिजाइनों की समीक्षा की जा रही है।

गगनयान मिशन के लिए, इसरो ने स्वदेशी रूप से नई तकनीकों का विकास किया है जिसमें मानव-रेटेड लॉन्च वाहन, क्रू एस्केप सिस्टम, एक रहने योग्य कक्षीय मॉड्यूल और एक जीवन समर्थन प्रणाली शामिल है। सभी प्रणालियों और उप-प्रणालियों की डिजाइनिंग पूरी हो चुकी है, और प्रत्येक प्रणाली की प्राप्ति प्रगति के विभिन्न चरणों में है। ऑर्बिटल मॉड्यूल के लिए इंटीग्रेशन फैसिलिटी का निर्माण लगभग पूरा हो चुका है।

अगस्त 2021 में, इसरो ने मानव-रेटेड क्रायोजेनिक इंजन के लिए एक लंबी अवधि की योग्यता परीक्षण और मानव-रेटेड जियोसिंक्रोनस सैटेलाइट लॉन्च व्हीकल (GSLV Mk-III) वाहन के कोर L110 तरल चरण के लिए विकास इंजन के पहले चरण के परीक्षण को पूरा किया। इस परीक्षण के पूरा होने के साथ, मिशन की इंजन योग्यता आवश्यकताओं को सफलतापूर्वक पूरा किया गया।

आदित्य एल-1

सूर्य का अध्ययन करने के लिए भारत का पहला मिशन आदित्य एल-1 का लक्ष्य सूर्य-पृथ्वी प्रणाली के लैंग्रैजियन बिंदु 1 (एल 1) के चारों ओर प्रभामंडल कक्षा में 400 किलोग्राम उपग्रह को बिना किसी ग्रहण के सूर्य को लगातार देखने का है। जबकि शुरुआत में केवल एक पेलोड - विजिबल एमिशन लाइन कोरोनोग्राफ (वीईएलसी) की योजना बनाई गई थी, उपग्रह अब पृथ्वी से 1.5 मिलियन किमी की दूरी पर स्थित एल 1 के आसपास हेलो कक्षा में छह पेलोड ले जाने के लिए निर्धारित है। आदित्य एल-1 के पेलोड में शामिल हैं:

- **विजिबल एमिशन लाइन कोरोनोग्राफ (वीईएलसी):** इंडियन इंस्टीट्यूट ऑफ एस्ट्रोफिजिक्स (आईआईए) द्वारा विकसित, वीडिओ क्लिपिंग क्षेत्र और सौर कोरोना के अन्य मापदंडों के इमेजिंग और अध्ययन में संलग्न होगा- सूर्य की बाहरी परतें हजारों किलोमीटर ऊपर तक फैली हुई हैं।
- **सोलर अल्ट्रावायलेट इमेजिंग टेलीस्कोप (SUIT):** इंटर-यूनिवर्सिटी सेंटर फॉर एस्ट्रोनॉमी एंड एस्ट्रोफिजिक्स (IUCAA) द्वारा बनाया गया, SUIT पराबैंगनी (200-400 एनएम) बैंड में स्थानिक रूप से हल किए गए सौर फोटोस्फीयर और क्रोमोस्फीयर की छवि बनाएगा। यह सौर विकिरण और इसकी विविधताओं को भी मापेगा।
- **आदित्य सोलर विंड पार्टिकल एक्सपेरिमेंट (ASPEX):** भौतिक अनुसंधान प्रयोगशाला (PRL) द्वारा डिजाइन और विकसित, ASPEX सौर पवन गुणों, इसके वितरण और इसकी वर्णक्रमीय विशेषताओं का अध्ययन करेगा।

- **आदित्य (PAPA) के लिए प्लाज्मा विश्लेषक पैकेज** : अंतरिक्ष भौतिकी प्रयोगशाला (SPL) और VSSC द्वारा संयुक्त रूप से विकसित, PAPA सौर पवन की संरचना और इसके ऊर्जा वितरण का विश्लेषण करेगा।
- **सोलर लो एनर्जी एक्स-रे स्पेक्ट्रोमीटर (SoLEXS)**: इसरो सैटेलाइट सेंटर (ISAC) द्वारा बनाया गया, SoLEXS अपने ताप तंत्र का अध्ययन करने के लिए सूर्य के कोरोना में एक्स-रे फ्लेयर्स की निगरानी करेगा।
- **हाई एनर्जी L1 ऑर्बिटिंग एक्स-रे स्पेक्ट्रोमीटर (HEL1OS)**: ISAC , उदयपुर सोलर ऑब्जर्वेटरी (USO) और PRL का एक संयुक्त उद्यम, HEL1OS सौर कोरोना में गतिशील घटनाओं का निरीक्षण करेगा और विस्फोट की घटनाओं के दौरान कणों को तेज करने के लिए उपयोग की जाने वाली ऊर्जा का अनुमान लगाएगा, जैसे कि फ्लेयर्स और कोरोनल मास इजेक्शन के रूप में।
- **मैग्नेटोमीटर**: ISAC और लेबोरेटरी फॉर इलेक्ट्रो-ऑप्टिक सिस्टम्स (LEOS) द्वारा संयुक्त रूप से विकसित, मैग्नेटोमीटर इंटरप्लेनेटरी मैग्नेटिक फील्ड के परिमाण और प्रकृति को मापेगा - सौर कोरोना से निकलने वाला और सौर मंडल में फैले सौर चुंबकीय क्षेत्र।

चंद्रयान-3

इसरो का लक्ष्य चंद्रयान -3 को चंद्रमा पर 'नरम भूमि' के प्रयास में लॉन्च करना है। चंद्रयान-2 से मिली सीख और राष्ट्रीय स्तर की समिति के सुझावों के आधार पर कई हार्डवेयर घटकों का विशेष परीक्षण सफलतापूर्वक पूरा कर लिया गया है।

22 जुलाई, 2019 को, चंद्रयान -2 के रॉकेट ने विक्रम लैंडर और उसमें रखे प्रज्ञान रोवर के साथ सफलतापूर्वक उड़ान भरी। लैंडर को 7 सितंबर, 2019 को चंद्र दक्षिणी ध्रुव के पास, भूमध्य रेखा के दक्षिण में 71 डिग्री और पूर्व में 22.8 डिग्री पर 'सॉफ्ट-लैंड' (यानी बिना दुर्घटनाग्रस्त चंद्र सतह पर अंतरिक्ष यान की लैंडिंग) के लिए निर्धारित किया गया था। इसके उतरने के दो घंटे बाद, हैच खुलने वाली थी, रैंप को नीचे करके रोवर को लुढ़कने दिया। छह पहियों वाले, सौर ऊर्जा से चलने वाले रोवर को एक बार में दक्षिण चंद्र सतह 500 मीटर का पता लगाने और लैंडर को इसके परिणाम भेजने के लिए डिज़ाइन किया गया था जो कि परिक्रमा करने वाले उपग्रह (चंद्रयान -1) के साथ संचार में होगा।

हालांकि, 7 सितंबर, 2019 को, विक्रम लैंडर द्वारा अपना लैंडिंग क्रम शुरू करने के बाद, 'पाइप ब्रेकिंग चरण' के दौरान ऊंचाई और वेग में एक बड़ा विचलन था। जबकि लैंडर 30 किमी से 2 किमी तक आसानी से उतरा, इसने इसरो के डीप स्पेस एंटीना के साथ संचार खो दिया और चंद्रमा की सतह पर गिर गया - एक कठिन लैंडिंग। 3 दिसंबर, 2019 को नासा द्वारा अंदर फंसे रोवर के साथ दुर्घटनाग्रस्त लैंडर का पता लगाया गया था।

उपसंहार

भारत ने जब अपने अंतरिक्ष कार्यक्रम की शुरुआत की थी तो कई विकसित देशों ने इसका मजाक बनाया था, परंतु भारत ने अपने कम बजट में भी उच्च अंतरिक्ष तकनीक को हासिल करने में सफलता प्राप्त की और आज वह श्रेष्ठ अंतरिक्ष तकनीक वाले देशों की कतार में शामिल है। अंतरिक्ष विज्ञान के क्षेत्र में भारत ने निरंतर प्रगति की है और कई मामलों में साबित कर दिखाया है कि दुनिया के किसी भी विकसित देश से वह पीछे नहीं है। अब कई देश भारत के प्रक्षेपण यान से अपने उपग्रहों को अंतरिक्ष में भेजने लगे हैं, इनमें ऐसे देश भी शामिल हैं जिनके पास उपग्रह प्रक्षेपण की उन्नत तकनीक है। भारत द्वारा एक-साथ 104 उपग्रहों का प्रक्षेपण इस बात का ज्वलंत उदाहरण है। इस तरह उपग्रह प्रक्षेपण कारोबार में भारत तेज़ी से आगे बढ़ रहा है। इसी प्रगति की एक उल्लेखनीय उपलब्धि **मिशन शक्ति** है।

लेखिका परिचय



मैं नेहा केसरवानी उत्तर प्रदेश राज्य के प्रयागराज जिले की रहने वाली हूँ । मैंने अपना परा-स्नातक (एमएससी-आईटी) पंजाब तकनीकी विश्वविद्यालय से सन् 2012 में किया है । मैंने 23 दिसंबर 2013 को द्रव नोदन प्रणाली केंद्र, बेंगलूरु में हिंदी टंकक का पद धारण किया और 01.07.2017 से वरिष्ठ सहायक के पद पर कार्यरत हूँ ।
