भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम में स्वदेशी उद्योगों एवं संस्थाओं का योगदान

तकनीकी हिंदी सेमिनार - 2012

27 जून, 2012

SAC
अंतरिक्ष उपयोग केंद्र

डेकू DECU
विकास एवं शैक्षिक संचार यूनिट

भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन, अहमदाबाद

आ.सी.किरण कुमार
निदेशक
A.S. Kiran Kumar
Director

भारत सरकार GOVERNMENT OF INDIA
अंतरिक्ष विभाग DEPARTMENT OF SPACE
अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र
SPACE APPLICATIONS CENTRE
अहमदाबाद AHMEDABAD - 380 015
(भारत) (INDIA)
दूरभाष PHONE : +91-79-26913344, 26928401
फैक्स/FAX : +91-79-26915843
ई-मेल E-mail : director@sac.isro.gov.in

संदेश

मुझे खुशी है कि हर वर्ष की तरह इस वर्ष भी अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र/विकास एवं शैक्षिक संचार यूनिट में हिन्दी तकनीकी संगोष्ठी का आयोजन किया जा रहा है। संगोष्ठी का विषय **"भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रमों में स्वदेशी उद्योगों एवं संस्थाओं का योगदान"** रखा गया है। समकालीन भारतीय परिदृश्य में यह विषय अत्यधिक प्रासंगिक एवं उपयोगी है। इसरो के अंतरिक्ष कार्यक्रम मूलतः जन कल्याण और सामाजिक उत्थान के लिए अंतरिक्ष के उपयोग से जुड़े हुए हैं, साथ ही साथ अंतरिक्ष हार्डवेयरों के विकास एवं निर्माण के लिए भारत के सार्वजनिक और निजी उद्योगों को अपना भागीदार बनाया। इससे भारतीय उद्योगों को तकनीकीगत एवं आर्थिक, दोनों प्रकार से संबल मिलता रहा है। संगोष्ठी हेतु प्राप्त आलेखों में इन्हीं बिन्दुओं पर गहन परिचर्चा प्रस्तुत की गई है।

सामान्यतः, अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में हो रही गतिविधियों के बारे में उपलब्ध साहित्य अंग्रेजी भाषा में ही लिखा जाता रहा है, लेकिन प्रतिवर्ष इसरो के विभिन्न केन्द्र/यूनिटों में आयोजित हो रही तकनीकी हिन्दी संगोष्ठियों ने इन्हीं विषयों को सरल हिन्दी में भी उपलब्ध कराया है। अंतरिक्ष विभाग/इसरो के विभिन्न केन्द्र/यूनिट जितने समर्पण से साथ अंतरिक्ष कार्यक्रमों के लिए काम कर रहें हैं, हिन्दी के प्रचार प्रसार के लिए ऐसे कार्यक्रम आयोजित कर उतनी ही निष्ठा से राजभाषा संबंधी संवैधानिक उत्तरदायित्वों का निर्वहन कर रहे हैं।

मैं संगोष्ठी के सभी प्रतिभागी लेखकों, आयोजन समिति 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 सहभागियों के स्मृति-पटल पर चिरकाल तक अंकित रहे।

आ सी किरण कुमार
(आ.सी. किरण कुमार)

अहमदाबाद
जून २१, २०१२

भारत सरकार
अन्तरिक्ष विभाग
विकास एवं शैक्षिक संचार यूनिट
आंबावाडी विस्तार डाक घर,
अहमदाबाद-380 015. भारत
दुरभाष : +91-79-2691 2000, 2691 5000
फैक्स : +91-79-2691 5845, 2691 5814

Government of India
Department of Space
DEVELOPMENT AND EDUCATIONAL
COMMUNICATION UNIT
Ambawadi Vistar P. O.
Ahmedabad-380 015. India
Telephone : +91-79-2691 2000, 2691 5000
Fax : +91-79-2691 5845, 2691 5814

विलास पलसुले
निदेशक

संदेश

भारत की अधिकांश जनता की भाषा में अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी से जुड़े विषयों पर चर्चा के अवसर निश्चित रूप से दुर्लभ हैं, इसीलिए इस प्रकार की संगोष्ठियों के माध्यम से तकनीकी विषयों पर हिन्दी में परिचर्चा के अवसर मुझे हमेशा उत्साहित करते हैं। इस संगोष्ठी का विषय **"भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रमों में स्वदेशी उद्योगों एवं संस्थाओं का योगदान"** वर्तमान परिदृश्य में अत्यधिक उपयोगी एवं प्रासंगिक है। यह अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी के साथ-साथ भारतीय आर्थिक और औद्योगिक पहलू को भी स्पर्श करता है।

सामान्यतः ऐसे विषयों की चर्चा नीतिगत निर्णयों के लिए संबंधित तकनीकी या अन्य समितियों तक ही सीमित रहती हैं, लेकिन वर्ष 2012-13 की इस तकनीकी हिन्दी संगोष्ठी ने सभी प्रतिभागियों को अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी अनुसंधान एवं विकास कार्यो के लिए हो रही सार्वजनिक-निजी भागीदारी (पीपीपी) पर विचार-विनिमय और परिचर्चा का अवसर प्रदान किया है।

हिन्दी हमारे देश की राजभाषा ही नहीं, बल्कि हमारे दिलों की धड़कन है। आप सभी मुझ से सहमत होंगे कि तकनीकी विषयों पर इस प्रकार की हिन्दी संगोष्ठियों के आयोजन से हिन्दी बोलने समझने वाले लोगों में तकनीकी विषयों के बारे में जागरूकता बढ़ती है और इसरो के वैज्ञानिकों को तकनीकी विषयों पर हिन्दी में मौलिक चिन्तन प्रस्तुत करने की प्रेरणा भी मिलती है। इसीलिए, जब भी मैं इस प्रकार के कार्यक्रमों का हिस्सा बनता हूँ तो मुझे हार्दिक संतुष्टि मिलती है। संघ की राजभाषा और तकनीकी विषयों का यह बेजोड़ मेल राजभाषा कार्यान्वयन की दिशा में अंतरिक्ष विभाग का एक अनूठा प्रयास है।

मेरी ओर से संगोष्ठी के सफल आयोजन के लिए हार्दिक शुभकामनाएं।

विलास पलसुले

(विलास पलसुले)

भारत सरकार GOVERNMENT OF INDIA
अंतरिक्ष विभाग DEPARTMENT OF SPACE
अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र
SPACE APPLICATIONS CENTRE
अहमदाबाद AHMEDABAD - 380 015
(भारत) (INDIA)
दूरभाष PHONE : +91-79-26913315, 26928403
फैक्स/FAX : +91-79-26915844
e-mail : controller@sac.isro.gov.in

डी.बी.भट्ट
नियंत्रक/ अध्यक्ष तकनीकी हिंदी सेमिनार, 2012

संदेश

यह हमारे लिए अत्यंत हर्ष का विषय है कि अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र/ विकास एवं शैक्षिक संचार यूनिट में **"भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम में स्वदेशी उद्योगों एवं संस्थाओं का योगदान"** विषय पर तकनीकी हिंदी संगोष्ठी का आयोजन किया जा रहा है। संगोष्ठी का विषय सरकार और निजी उद्यमों के बीच तकनीकी और औद्योगिक सेवाओं के आदान-प्रदान पर केन्द्रित है। अंतरिक्ष कार्यक्रमों में उद्योग जगत की परोक्ष भागीदारी से इसरो को अपने अनुसंधान पर ध्यान केन्द्रित करने के लिए अधिक समय मिल जाता है और अंतरिक्ष हार्डवेयर के निर्माण कार्य से संबंधित तकनीकी और डिजाइनों के हस्तांतरण से उद्योगों को बाजार में बेहतर अवसर मिलते हैं।

अंतरिक्ष कार्यक्रमों के क्षेत्र में अग्रणी रहते हुए राजभाषा कार्यान्वयन की दिशा में अच्छा कार्यनिष्पादन करना अंतरिक्ष विभाग/ इसरो की पहचान बन गई है। यह संगोष्ठी हमें राजभाषा कार्यान्वयन के क्षेत्र में एक कदम और आगे ले जाएगी। संगोष्ठी के लिए सभी प्रतिभागियों ने सारगर्भित एवं ज्ञानवर्धक आलेख प्रस्तुत किए हैं। आलेख संग्रह में 30 आलेखों को स्थान दिया गया है, मुझे आशा है कि संगोष्ठी का आलेख-संग्रह जिज्ञासुओं के लिए हिन्दी में एक अच्छा संदर्भ-ग्रंथ सिद्ध होगा।

ऐसे कार्यक्रम लेखकों, विभिन्न समितियों के सदस्यों और अन्य सभी सहयोगियों के सतत् प्रयासों और श्रम से सफल होते हैं। आयोजन समिति के अध्यक्ष के नाते मैं, सभी समिति-सदस्यों, प्रतिभागियों और प्रत्यक्ष-परोक्ष रूप से योगदान देने वाले प्रत्येक व्यक्ति को धन्यवाद देता हूँ।

कार्यक्रम की सफलता के लिए मेरी ओर से हार्दिक शुभकामनाएं।

डी.बी.भट्ट

(डी.बी.भट्ट)
नियंत्रक, सैक

आर.पी. दूबे
ग्रुप निदेशक, पीपीजी/
अध्यक्ष, मूल्यांकन समिति,
तकनीकी हिंदी सेमिनार, 2012

संपादकीय

हिन्दी कार्यान्वयन को तकनीकी क्षेत्र में बढ़ावा देने के उद्देश्य से प्रत्येक वर्ष हमारे केंद्र में तकनीकी हिन्दी सेमिनार आयोजित किया जाता है । इस वर्ष भी 27 जून, 2012 को **"भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम में स्वदेशी उद्योगों एवं संस्थाओं का योगदान"** विषय पर तकनीकी हिन्दी संगोष्ठी का आयोजन किया जा रहा है ।

भारत पिछले चार दशकों से अंतरिक्ष विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में कार्यरत है । इसमें स्वदेशी उद्योगों की भूमिका उल्लेखनीय है । इसरो का एक मुख्य उद्देश्य है कि अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी के लाभ आम आदमी तक पहुँचे तथा इस उद्देश्य को पूर्ण करने में इसरो काफी हद तक सफल भी रहा है । इस सफलता में स्वदेशी उद्योगों एवं संस्थाओं ने महत्वपूर्ण भूमिका निभाई है । अतः उपर्युक्त विषय पर इस वर्ष आयोजित तकनीकी हिन्दी संगोष्ठी का आयोजन समीचीन है ।

सेमिनार में 30 लेख प्रस्तुत किए जा रहे हैं । ये लेख तीन सत्रों के अंतर्गत प्रस्तुत किए जाएंगे । ये सत्र हैं- नीतभार प्रौद्योगिकी, स्वदेशी उद्योगों एवं संस्थाओं का योगदान एवं संविरचन प्रौद्योगिकी ।

संगोष्ठी में प्रस्तुत किए जाने वाले लेखों का मूल्यांकन करते समय लेखों की गुणवत्ता एवं सहज भाषा पर विशेष ध्यान दिया गया । इस कार्य में मूल्यांकन समिति के सभी सदस्यों ने अपना योगदान प्रदान किया । अतः बहुमूल्य सहयोग प्रदान करने के लिए मैं मूल्यांकन समिति के सभी सदस्यों का आभार व्यक्त करता हूँ ।

संगोष्ठी के सफल आयोजन की शुभकामनाओं के साथ ।

(आर. पी. दूबे)

(बी.आर. राजपूत)
वरिष्ठ हिन्दी अधिकारी/
सदस्य सचिव, संगोष्ठी आयोजन समिति

आभार

आज हिन्दी भारत की ही नहीं, अपितु विश्व की सर्वाधिक बोली और समझी जाने वाली भाषाओं में से एक है। स्वतंत्रता के पूर्व हिन्दी ने सारे देश को एक सूत्र में जोड़ने में महत्वपूर्ण भूमिका निभायी। संभवतः इसी कारण संविधान सभा ने हिन्दी को भारत संघ की राजभाषा बनने का गौरव प्रदान किया । संविधान के भाग-17, अनुच्छेद 351 में राजभाषा हिन्दी के प्रचार-प्रसार हेतु प्रावधान भी बनाया गया, जिसके अंतर्गत हिन्दी के विकास एवं प्रचार-प्रसार को संघ सरकार के राजभाषा संबंधी कर्तव्यों में शामिल किया गया। इसी अनुक्रम में, अंतरिक्ष विभाग/ भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन ने विविध तकनीकी और वैज्ञानिक प्रकृति के विषयों पर अपने केन्द्र/ युनिटों में हिन्दी संगोष्ठियों का आयोजन शुरू किया। वर्तमान में, प्रति वर्ष अंवि/इसरो के विभिन्न केन्द्र/ यूनिट तकनीकी संगोष्ठियों का आयोजन कर रहे हैं। इन संगोष्ठियों में प्राप्त आलेखों के लेख-संग्रह भी प्रकाशित किये जाते हैं, जिनसे हर साल हजारों पृष्ठों के तकनीकी साहित्य का सृजन हो रहा है। निश्चित रूप से, यह लेख संग्रह तकनीकी विषयों पर हिन्दी के उपयोगी दस्तावेज सिद्ध होगा।

संगोष्ठियों 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।

सर्वप्रथम, मैं निदेशक, सैक और निदेशक, डेकू का तहेदिल से आभारी हूँ, जिन्होंने समय-समय पर अपना अमूल्य मार्गदर्शन दिया और संगोष्ठी से जुड़े विभिन्न मामलों पर समिति द्वारा लिए गए निर्णयों को तुरंत अनुमोदन प्रदान किया।

संगोष्ठी आयोजन समिति के अध्यक्ष की भूमिका अत्यंत महत्वपूर्ण होती है, इसके लिए मैं आयोजन समिति के अध्यक्ष हमारे नियंत्रक, सैक और अन्य सदस्यों के प्रति आभारी हूँ। प्राप्त आलेखों के यथासमय मूल्यांकन करने के लिए मूल्यांकन समिति, लेख-संग्रह के कवर पृष्ठों की डिज़ाइनिंग के लिए प्रलेख समिति एवं डेकू और संगोष्ठी के क्रय व अन्य लॉजिस्टिक सहयोग के लिए सुप्रचालन समिति का हृदय से आभारी हूँ।

अच्छे आलेखों के बिना संगोष्ठी की कल्पना भी नहीं की जा सकती। इसलिए, मैं विशेष रूप से लेखकों का आभारी हूँ, जिन्होंने बड़ी मेहनत से सारगर्भित एवं उपयोगी लेख लिखे और संगोष्ठी में प्रस्तुत किया। इस संगोष्ठी से जुड़े प्रत्येक व्यक्ति के प्रति भी मैं आभारी हूँ, धन्यवाद।

(बी.आर. राजपूत)

हिन्दी तकनीकी संगोष्ठी – 2012

संगोष्ठी समिति

डी.बी. भट्ट	अध्यक्ष
आर.पी. दुबे	सदस्य
डी.के. दास	सदस्य
रचना पटनायक	सदस्य
सी.एन. लाल	सदस्य
विक्रम देसाई	सदस्य
नितिन भावसार	सदस्य
जी. राधाकृष्णन् नायर	सदस्य
श्रीलताकुमारी अम्मा पी.	सदस्य
स्मिता शाह	सदस्य
बी.आर. राजपूत	सदस्य-सचिव

मूल्यांकन समिति

आर.पी. दुबे	अध्यक्ष
डॉ. नीरा चतुर्वेदी	सदस्य
असित भट्टाचार्य	सदस्य
राजेश खंडेलवाल	सदस्य
डॉ. सी.एम. किस्तवाल	सदस्य
डॉ. बी.एस. मुंजाल	सदस्य
नीलू एस. सेठ	सदस्य- सचिव

सुप्रचालन समिति

डी.के. दास	अध्यक्ष
दिनेश अग्रवाल	सदस्य
वरि.कैटरिंग प्रबंधक/प्रतिनिधि	सदस्य
हंसा जोशी	सदस्य
सतीश कुमार पांडे	सदस्य
सी.एन. लाल	सदस्य-सचिव

प्रलेख समिति

नितिन भावसार	अध्यक्ष
रचना पटनायक	सदस्य
डॉ. पुनीत स्वरूप	सदस्य
एस.जी. वैष्णव	सदस्य
रजनी सेमवाल	सदस्य-सचिव

*****

अनुक्रमणिका

सं.	विषय	लेखक का नाम	पृष्ठ सं.
	सत्र – 1 नीतभार प्रौद्योगिकी		
1.	"नौसंचालन उपग्रह आईआरएनएसएस – 1A में नया L5-बैंड प्रणाली प्रवर्धक"	संजय आर. पंचाल एवं विशाल आंबलिया	1
2.	संचार उपग्रह नीतभारों में स्वदेशी उत्पादों के विकास के आयाम	यू.एम. दवे एवं वी.के. जैन	7
3.	इनसेट-3डी के कैमरा इलेक्ट्रानिक्स पैकेज का संरचनात्मक विश्लेषण	वी.एस. जगदीश	14
4.	एकखंड सूक्ष्मतरंग एकीकृत परिपथ पर आधारित के.यू.-बैंड अभिग्राही	सुदेश कुमार जैन, बी.जी. वाघेला, रति सिंह, डी.के.सिंह, सुरिन्दर सिंह	22
5.	उद्योग आधारित प्रबल भू-वर्हिगमन प्रणाली	माधव दास, अजय कुमार सिंह, संजय त्रिवेदी, जैमिन तन्ना, बी.एस.रामन, नीलेश.एम.देसाई	27
6.	सी बेंड प्रेषी/ग्राही- मोड्यूलो (T/R Modules) का विकास एवम भारतीय उद्योगों का योगदान	पूनम प्रदीप कुमार , निधि सिंह, सी .ए. वी. एन. राव	32
7.	अंतरिक्ष उपयोगों के लिए माइक्रोवेव पैकेज का विकास	आर.आर भावसार / संदीप सोमाणी अर्पिता उपाध्याय	38
8.	RISAT-1 रडार के अंकीय आधार-बैंड तंत्रों के अभिकल्प सत्यापन मॉडल (DVM) का उद्योग द्वारा विकास	रिंकु अग्रवाल, जयमिन तन्ना, राहुल धिंगानी, शालिनी गंगेले, आर.सैंथिल कुमार, जे.जी.वाछानी एवं निलेश एम.देसाई	44
9.	रीसैट-1(RISAT-1) हेतु COTS औद्योगिक मॉड्यूल आधारित हार्डवेयर तीव्र दृश्य संश्लेषित्र द्वारक रडार (सार) संसाधित्र	रितेश कुमार शर्मा, अभिषेक कुणाल, शिवानी, बी. सरवना कुमार, रमेश गामेती, जे.जे. वाछानी एवं निलेश एम. देसाई	53
10.	रीसैट-1 एन्टेना की टाईल इलेक्ट्रानिकी एवं युगपत नियंत्रक के संविरचन में स्वदेशी उद्योगों का योगदान	संजय कसोदनिया, हिमांशु पटेल, मनीष गुप्ता, संजय त्रिवेदी, निलेश देसाई	59
11.	संचार उपग्रह आधारित बचाव एवं सहायता उपकरण – डीएटी (डिस्ट्रेस एलर्ट ट्रांसमीटर – डी.ए.टी.)	जीतेन्द्र खर्डे एवं लीना कोहली कपूर	64
12.	उपग्रह नीतभार निर्माण हेतु पीसीबी संविचरण (फैब्रिकेशन) में उद्योगों की भूमिका	दिलीपकुमार मेहता एवं अरुण बिंदल	69
13.	स्केटरोमीटर नीतभार हेतु अति-संकीर्ण निस्यन्दक (ultra narrow band filter) का अभिकल्प एवं उसके निर्माण में भारतीय उद्योग का योगदान	पूजा श्रीवास्तव, जी.वी. रेड्डी	75

सत्र – 2 स्वदेशी उद्योगों एवं संस्थाओं का योगदान			
1.	अंतरिक्ष उपयोग की परियोजना “दूर-चिकित्सा” में उद्योगों तथा संस्थाओं का योगदान	अरविन्द कुमार त्यागी वैज्ञा./ विक्रम देसाई,	81
2.	भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन के दूरशिक्षा कार्यक्रम में उद्योगों एवं संस्थाओं का योगदान	संदीप घोराई एवं विक्रम देसाई	87
3.	अंतरिक्ष एन्टेना के निर्माण व विकास में स्वदेशी उद्योगों और संस्थाओं का योगदान	कृपा शंकर सिंह एवं ए.सी. माथुर	94
4.	प्लेनर अरे एंटेना का स्वदेशीय विकास	समीर साखरे एवं ए. सी. माथुर	101
5.	उपग्रह द्वारा जन कल्याण एवं राष्ट्र निर्माण का साझा प्रयास	पुनीत सिंघवी, एस. एल. राजशेखर, राजेश खंडेलवाल	105
6.	भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम में स्वदेशी उद्योगों एवं संस्थाओं का योगदान	स्मिता शाह, प्रधान लेखा, आं.वि.स.	110
7.	अंतरिक्ष नीतभार के लिए भारतीय उद्योगों द्वारा सामग्री, घटकों एवं उपप्रणालियों का विकास	पी.एम.ध्रुव, मृगा वाघमारे, आर.आर.पटेल और आर.के.दवे	113
8.	अंतरिक्ष उपयोग कार्यक्रम में प्रायोजित अनुसंधान (रिस्पॉंड) द्वारा शैक्षणिक संस्थाओं का योगदान	अंकिता विशाल पटेल एवं विकास पी पटेल	120
9.	अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी का व्यवसायीकरण-स्वदेशी उद्योगों की भूमिका	विवेक पाण्डेय, राजेश्वरी भट्ट	127
सत्र – 3 संविरचन प्रौद्योगिकी			
1.	उपग्रह ताप नियंत्रण की भावी तकनीकों हेतु स्वदेशी अनुसंधान एवं विकास	कमलेश कुमार बराया -वैज्ञा./अभि. एसई	133
2.	PCB आरोपित इलेक्ट्रोनिक्स डिवाइस की प्रवर्धन मात्रा नियंत्रण के नए आयाम	आशिष सोनी, आनंद पाठक, एच.आर.कंसारा	143
3.	जीसैट-10 के डीजीआर नीतभार का संरचनात्मक अभिकल्पन	चन्द्रशेखर एवं पुरूषोत्तम गुप्ता संरचनात्मक और तापीय विश्लेषण प्रभाग	149
4.	नीतभार की उच्च ऊष्मा उत्सर्जक प्रणालियों के ताप निर्वात परीक्षण हेतु एलुमिनियम ऊष्मीय प्लेट की अभिकल्पना एवं विकास	दिनेश नौलखा, पि.यु. अद्रोजा, डी. पी. भगोरा के.एम. कावानी	154
5.	अंतरिक्ष अभियान हेतु ऊष्मीय अंतरापृष्ठ पदार्थ का पुनर्निरीक्षण	जीगर गांधी, राजू निपाने एवं आनंद पाठक	160
6.	बाल ग्रिड व्यूह) संयोजन प्रक्रिया एवं उपग्रह इलेक्ट्रानिकी संविरचन में निर्माणकर्ताओं का सहयोग	दिनेश अग्रवाल, प्रियंका तिवारी, चंद्रकांत राज्यगुरु	164
7.	बहु परत रोधन और विकिरक पर निम्न पृथ्वी कक्षा अंतरिक्षयान के अलग-अलग फलकों में व्यवहार	प्रशांत दास एवं विभांषु मालपानी	173
8.	चंद्रयान-II के इलेक्ट्रानिक पैकेज का संरचनात्मक और तापीय विश्लेषण	संदीप र. सोमाणी एवं वी.एस.जगदीश	181

सत्र – 1

नीतभार प्रौद्योगिकी

-+

“नौसंचालन उपग्रह आईआरएनएसएस – 1A में नया L5-बैंड प्रणाली प्रवर्धक”

संजय आर. पंचाल, वैज्ञा./अभि.-एसई, विशाल आंबलिया, वैज्ञा./अभि.-एससी’
srpanchal@sac.isro.gov.in, vishalk@sac.isro.gov.in

सारांशः

भारतीय प्रादेशिक नौसंचालन उपग्रह प्रणाली का पहला **आईआरएनएसएस–1A** उपग्रह तैयार है। इस उपग्रह में आउटपुट में शक्तिप्रवर्धक मुख्य प्रणाली है। शक्ति प्रवर्धक को उचित निवेश-शक्ति प्रदान करने के लिए प्रणाली प्रवर्धक कार्यरत होता है। L5-बैंड में बनाया नया प्रणाली प्रवर्धक पहली बार डिजाइन किया गया है। इस प्रवर्धक में दो-दो स्तरीय प्रवर्धक BFY193 ट्रान्समीटर से बनाए गए हैं। PIN क्षीणकारी क्यूपीएनडी 4005 (डायोड) से बनाया गया है। प्रवर्धक की कुल लब्धि 47 डीबी है। चार नौसंचालन सिग्नल से निवेशशक्ति में बदलाव आता है यह बदलाव का असर न्यूनतम करने के लिए क्षीणकारी से 7 डीबी क्षीणन का उपयोग किया जाता है। प्रस्तुत लेख में दो स्तरीय प्रवर्धक और पिन क्षीणकारी का डिजाइन, कार्यपद्धति और परीक्षण के बारे में विस्तारपूर्वक बताया गया है। साथ ही नौसंचालन सिग्नल में प्रणाली प्रवर्धक के जरिए कैसे स्थिरता बनाई रखी जाती है उसका विवरण दिया गया है। उपग्रह के अभिलक्षण की यथार्थता बनाए रखने में L5-बैंड प्रणाली प्रवर्धक की उपयोगिता दर्शाई गई है।

प्रस्तावनाः

भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम नई चुनौतियों का सामना करने में सक्षम है। “भारतीय प्रादेशिक नौसंचालन उपग्रह प्रणाली” का प्रथम उपग्रह तैयार है। उपग्रह के जरिए भारत, नौसंचालन प्रणाली में आत्मनिर्भरता हांसिल करेगा। इस प्रणाली के जरिए हम 20 मीटर तक स्थल यथार्थता जान पाएंगें। नौसंचालन, परिशुद्ध स्थिति के बारे में बताता है। GPS प्रणाली पर अब हमें निर्भर रहना नहीं पडेगा। देश की सुरक्षा एवं नागरिकों का आवागमन अब स्वदेशी सेवाओं के जरिए आसान होगा। इस उपग्रह में दो बैंड, एक एस-बैंड और दूसरा एल-5 बैंड कार्यरत होंगे। “एसपीएस” और “आरएस” सेवाएं भारत एवं सीमापार कुल 1500 किलोमीटर तक उपलब्ध होगी। नौसंचालन सिग्नल के प्रवर्धन हेतु यह L5-बैंड प्रणाली प्रवर्धक अतिआवश्यक उपप्रणाली है। बीपीएसके और बी.ओ.सी. माडूलनवाला सिग्नल यह प्रवर्धक के जरिए शक्तिप्रवर्धक को उचित निवेशशक्ति प्रदान करेगा। प्रस्तुत लेख अति आवश्यक उपप्रणाली की उपयोगिता सार्थक करता है।

परिचयः

नया डिजाइन किया गया L5-बैंड प्रणाली प्रवर्धक एक शक्तिप्रवर्धक है, जिसमें अतिनिम्न स्तर के सिग्नल का प्रवर्धन होता है। प्रणाली प्रवर्धक के मुख्यतः दो कार्य हैः-

1) उपग्रह की लब्धि बढाना अर्थात् सिग्नल का प्रवर्धन करना।
2) निवेशशक्ति में आते बदलाव का निर्गमशक्ति पर असर न्यूनतम करना।

उपग्रह की लब्धि बढाने का कार्य एक उचित डिवाइस करता है। लब्धि के साथ विभिन्न अभिलक्षण का भी ख्याल रखा जाता है। प्रवर्धक स्थिरता इनमें से मुख्य है।

शक्तिप्रवर्धक उपग्रह के अंतिम प्रणाली के रूप में लगे होते हैं। उचित निवेशशक्ति नीतभार के अभिलक्षण की यथार्थता बढाती है। परंतु निवेशशक्ति में आता बदलाव उपग्रह की लाक्षणिकता में बदलाव लाता है जो स्वीकार्य नहीं है। सिग्नल शक्ति की कमी आउटपुट शक्ति को कम करता है और सिग्नल में वृद्धि शक्तिप्रवर्धक की अरैखिकता बढाता है। इन कमियों को दूर करने में प्रणाली प्रवर्धक एक सक्षम उपप्रणाली है।

डिजाइनः

L5-बैंड प्रणाली प्रवर्धक नौसंचालन उपग्रह के लिए पहली बार डिजाइन किया गया है। अभिलक्षण के आधार पर प्रवर्धक डिवाइस का चयन किया गया। L5-बैंड आवृत्तिपट में बीएफवाय 193 डिवाइस उचित पाई गई। यह डिवाइस 12 डीबी लब्धि प्रदान करेगी साथ ही उसका आउटपुट पावर P1डीबी 16डीबीएम उपलब्ध रहेगा। प्रणाली

प्रवर्धक की निर्गम शक्ति 7 डीबीएम चाहिए। अर्थात यह डिवाइस का उपयोग प्रवर्धक की रैखिकता बरकरार रखेगा। इससे अंतरामाड्रूलन निरूपण की समस्या नहीं के बराबर होती है।

डिजाइन के लिए अभिलक्षणः

आवृत्तिपट्ट	:	1.176 $GH_3 \pm 20$ MHz
आउटपुट पावर	:	+7 डीबीएम (न्यूनतम)
सिग्नल लब्धि	:	45 डीबी (“)
लब्धि सुरेखता	:	0.2 डीबी
लब्धि ढलान	:	0.01 डीबी/MHz
अंतरामाडुलन विरूपण	:	-30 डीबीसी
इतर आवृत्ति	:	-60 डीबीसी
सत्रादि विरूपण	:	
2nd सत्रादि	:	-40 डीबीसी
3rd सत्रादि	:	-45 डीबीसी
प्रतिगमन हानि	:	
इनपुट	:	-18 डीबी
आउटपुट	:	-18 डीबी
क्षीणकारी परिसर	:	0 से 12 डीबी तक
क्षीणकारी यथार्थता	:	1 डीबी के गुणांक में
कुल डीसी पावर	:	1 वॉट (महत्तम)

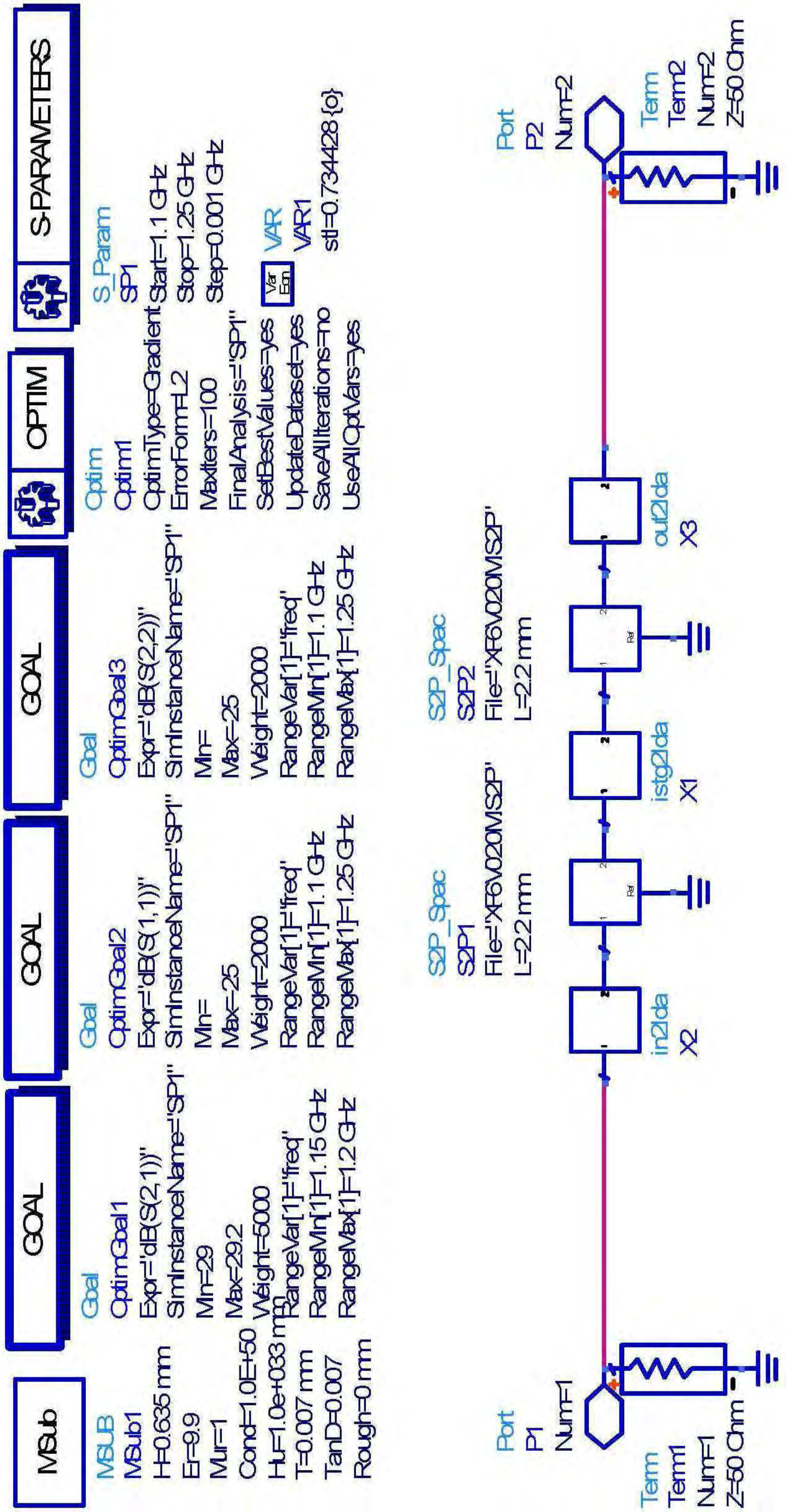
यह अभिलक्षण वाला प्रवर्धक बनाने के लिए ADS सॉफ्टवेयर (चित्र 1 & 2) का उपयोग किया गया। दो स्तरीय प्रवर्धक की लब्धि, स्थिरता, सुरेखता और प्रतिगमन हानि जैसे अभिलक्षण प्राप्त करने के लिए असंख्य पृथ्थकरण किया गया। डिजाइन को ऐसे बनाया गया जिससे कम से कम वजन एवं फुटप्रिंट वाला प्रवर्धक बना। सुक्ष्मतरंग एकीकृत परिपथ के जरिए विभिन्न अवस्तर

युक्तियां, सक्रिय घटक एवं निष्क्रिय घटकों के जरिए PIN क्षीणकारी एवं दो स्तरीय प्रवर्धक बनाए गए। एलूमिना अवस्तर को कोवार नामक धातु के वाहक पर सोल्डर किया गया। निवेश और निर्गम शक्ति के लिए 20 मील सुवर्णपट्टी से अनुयोजक उपयोग में लिए गए।

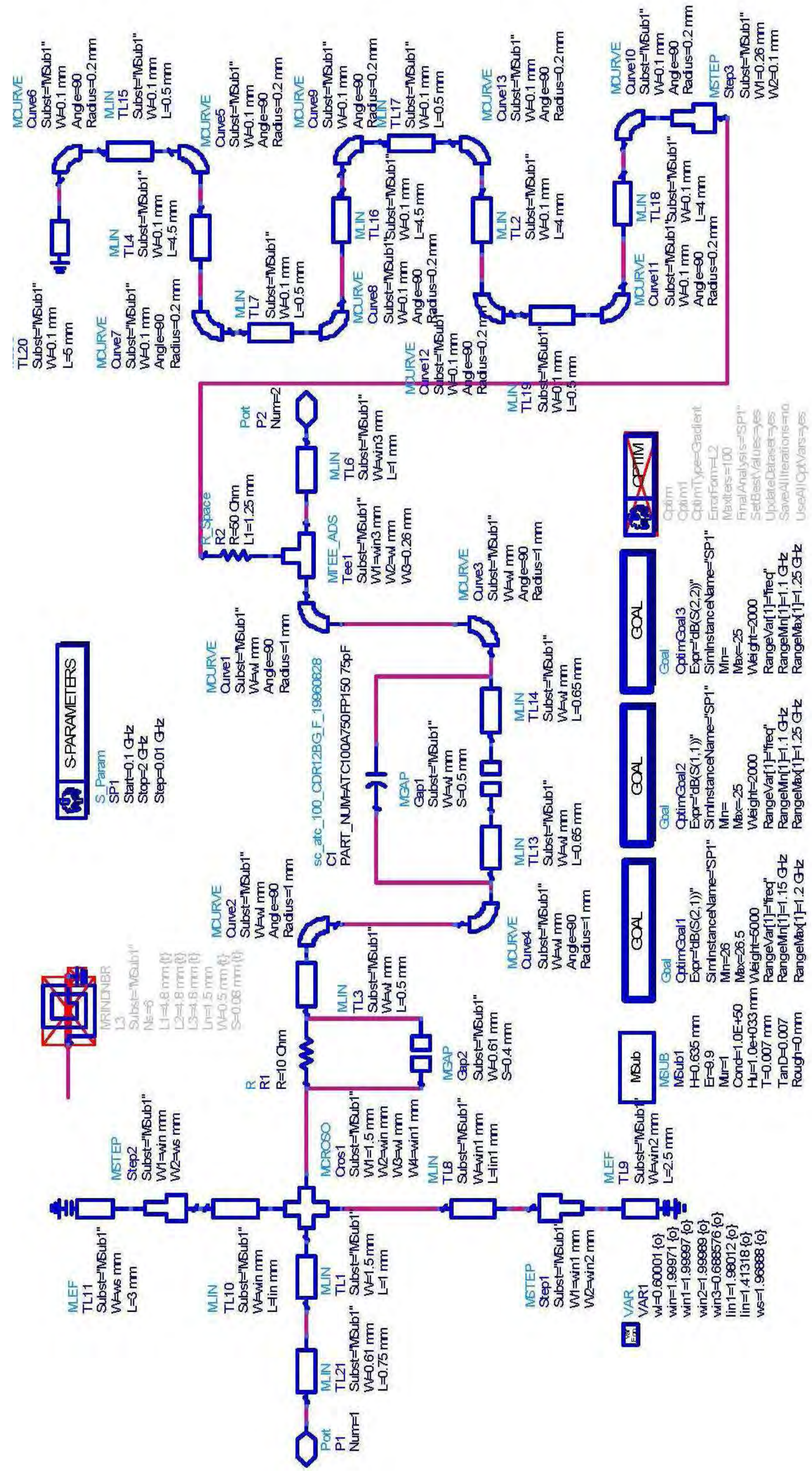
यह प्रणाली में लगे प्रतिरोध एवं संधारक की उष्णतावहन क्षमण एवं वोल्टता वगैरह अनुमतांक निम्तन के अनुसार होने चाहिए ताकि प्रणाली की विश्वसनीयता बनी रहे। सक्रिय घटकों के विद्युत प्रवाह के महत्तम से आधा प्रवाह बहाव के लिए योग्य माना जाता है ताकि विश्वसनीयता बनी रहे।

कार्यपद्धतिः

L5-बैंड प्रणाली प्रवर्धक दो स्तरीय प्रवर्धक और एक पीन क्षीणकारी से बना हुआ है। प्रवर्धन घटक बीएफवाय 193 द्विध्रुवीय ट्रान्सीस्टर है। सबसे पहले लेथ वायस वोल्टेज 0.7 वोल्ट निर्धारित किए जाते हैं। कलेक्टर वोल्टेज 6.3 वोल्ट रखा जाता है। इससे विद्युत प्रवाह लगभग 20 मीली एम्पीयर बहता है। प्राथमिक स्थिति सभी चार डिवाइस की एक-सी रखी जाती है। इस स्थिति में लब्धि लगभग 48 डीबी उपलब्ध होती है। क्षीणकारी का वोल्टेज 0 वोल्ट रखा जाता है। इस स्थिति में निवेश शक्ति -38 डीबी रखने से निर्गम शक्ति 10 डीबीएम उपलब्ध होती है। इसके बाद प्रतिगमन हानि का परीक्षण किया जाता है। सुरेखता पाने के लिए क्षीणकारी को बायस वोल्टेज दिया जाता है। अब प्रवर्धक का ओप्टिमाइज़ेसन और ट्यूनींग किया जाता है। क्षीणकारी का क्षीणन एक डीबी के गुणांक में 7 डीबी तक बढाकर निवेशशक्ति एवं निर्गमशक्ति का अभ्यास किया जाता है। दूरादेश के आधार पर यह क्षीणकारी कार्य करता है। इस तरह शक्तिप्रवर्धक की निवेशशक्ति लगभग अचल रखी जाती है।


MSub
MSUB
MSub1
H=0.635 mm
Er=9.9
Mur=1
Cond=1.0E+50
Hu=1.0e+033 mm
T=0.007 mm
TanD=0.007
Rough=0 mm
GOAL
Goal
OptimGoal1
Expr="dB(S(2,1))"
SimInstanceName="SP1"
Min=29
Max=29.2
Weight=5000
RangeVar[1]="freq"
RangeMin[1]=1.15 GHz
RangeMax[1]=1.2 GHz
GOAL
Goal
OptimGoal2
Expr="dB(S(1,1))"
SimInstanceName="SP1"
Min=
Max=-25
Weight=2000
RangeVar[1]="freq"
RangeMin[1]=1.1 GHz
RangeMax[1]=1.25 GHz
GOAL
Goal
OptimGoal3
Expr="dB(S(2,2))"
SimInstanceName="SP1"
Min=
Max=-25
Weight=2000
RangeVar[1]="freq"
RangeMin[1]=1.1 GHz
RangeMax[1]=1.25 GHz
OPTIM
Optim
Optim1
OptimType=Gradient
ErrorForm=L2
MaxIters=100
FinalAnalysis="SP1"
SetBestValues=yes
UpdateDataset=yes
SaveAllIterations=no
UseAllOptVars=yes
S-PARAMETERS
S_Param
SP1
Start=1.1 GHz
Stop=1.25 GHz
Step=0.001 GHz
VAR
VAR1
stl=0.734428 {o}
Port
P1
Num=1
Term
Term1
Num=1
Z=50 Ohm
in2lda
X2
S2P_Spac
S2P1
File="XF6V020MS2P"
L=2.2 mm
istg2lda
X1
S2P_Spac
S2P2
File="XF6V020MS2P"
L=2.2 mm
out2lda
X3
Port
P2
Num=2
Term
Term2
Num=2
Z=50 Ohm

चित्र : 1



चित्र : 2

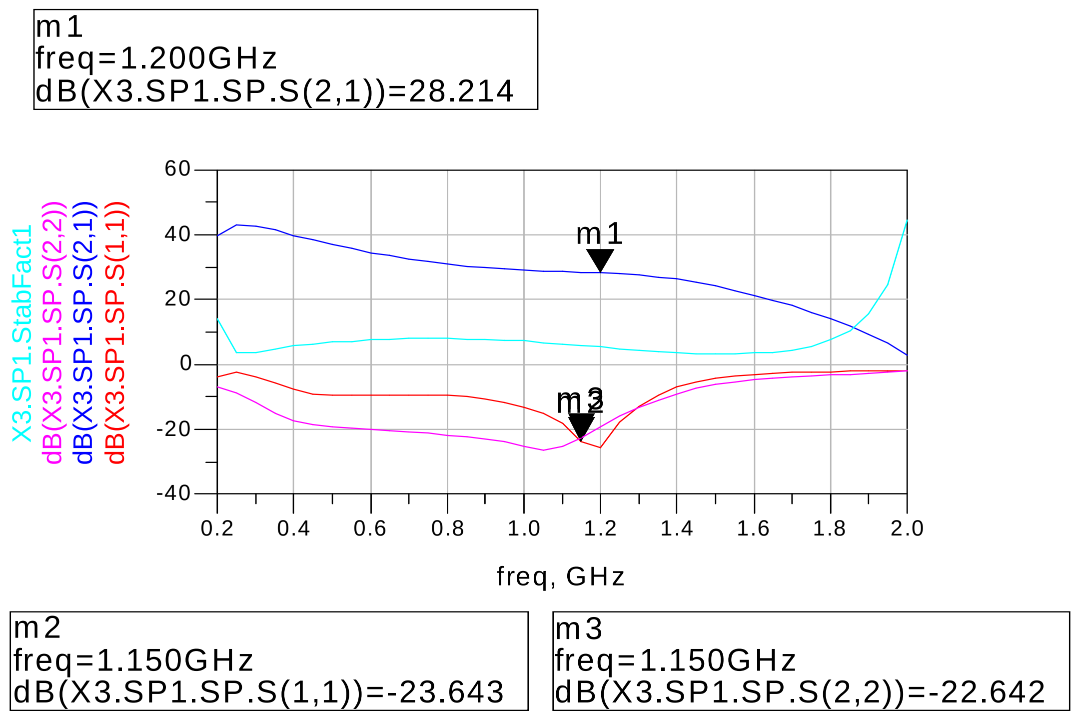
परीक्षणः

L5-बैंड प्रणाली प्रवर्धक में तीन सुवाह्य है। प्रथम और तृतीय सुवाह्य दो स्तरीय प्रवर्धक है। दूसरा सुवाह्य पीन क्षीणकारी है।

(1) दो स्तरीय प्रवर्धक का परीक्षणः (चित्र 3)

दो स्तरीय प्रवर्धक की लाक्षणिकता एजीलेंट के 8757 नेटवर्क दृश्यकारी पर नापी गई। प्रतिगमन हानि स्पेक्ट्रम विश्लेषक पर नापी गई।

लब्धिः 28 डीबी
प्रतिगमन हानिः -19 डीबी (इनपुट और आउटपुट)
सुरेखताः 0.2 डीबी
लब्धिढलानः 0.01 डीबी/MHz
इनपुट-आउटपुट लाक्षणिकताः रैखिय



<u>चित्र : 3</u>

(2) पीन क्षीणकारी का परीक्षणः

क्यूपीएनडी 4005 बीम लीड डायोड से यह क्षीणकारी बना हुआ है। अवलोकन तालिका नीचे दी गई है।

क्षीणन (डीबी)	विद्युत वोल्टता (वी)	विद्युत प्रवाह (mA)	प्रतिगमन हानि (डीबी)	
			इनपुट	आउटपुट
1.0	0.643	0.1525	-30	-29
2.0	0.681	0.3010	-29.4	-28.6
3.0	0.703	0.4473	-28.1	-27.1
4.0	0.718	0.5838	-27	-26
5.0	0.729	0.7156	-25	-24.5
6.0	0.738	0.8368	-23.6	-23.2
7.0	0.746	0.9518	-22.8	-22.1
8.0	0.753	1.0524	-21.9	21.5
9.0	0.760	1.1530	-21.0	-20.6

10.0	0.767	1.2467	-19.4	-19.04
11.0	0.773	1.3342	-18.2	-18.0
12.0	0.781	1.3986	-18.0	-17.8

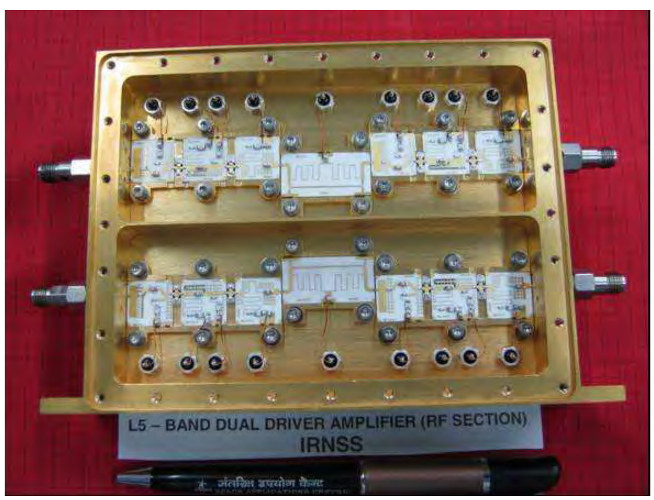
यह लाक्षणिकता पीन क्षीणकारी के सुचारूरूप से कार्य करने का दावा करती है। दूरादेष के आधार पर यह क्षीणकारी क्षीणन होता है। क्षीणकारी की लाक्षणिकता क्षीणन बढने के साथ प्रतिगमन हानि में गिरावट दिखती है। प्रतिगमन हानि का स्तर -18 डीबी तक रहने पर इनपुट-आउटपुट में लगे दो स्तरीय प्रवर्धक की स्थिरता बनी रहती है। इस अवलोकन तालिका से पता चलता है कि यह PIN क्षीणकारी प्रणाली प्रवर्द्धक का कार्य सम्पन्न करने में यथार्थ योगदान देगा।

उपयोगिताः

नौसंचालन उपग्रह एसपीएस सेवाएं और आरएस सेवाएं प्रदान करेगा। नौसंचालन सिग्नल में मुख्यतः बीपीएसके और बीओसी माड्डुलन को प्रयोग में किया गया है। ज्यादा परिशुद्ध स्थिति स्थल को पाने के लिए बीओसी (पाइलट) सिग्नल उपयोग में लिया गया है। आइआरएनएसएस (IRNSS) नीतभार में चार सिग्नल का प्रेषण 44.44%, 22.22%, 22.22% और 11.11% के विभाजन में किया जा सकता है। अगर दो सिग्नल भेजना है तब 66.66% और 33.33% के अनुपात में शक्ति का विभाजन उचित रहेगा। प्रणाली प्रवर्धक के इनपुट में यह सिग्नल प्रवर्धन पाकर शक्तिप्रवर्धक के इनपुट में निवेशशक्ति प्रदान करता है। सिग्नल की विभिन्न निवेशशक्ति की वजह से क्षीणकारी से क्षीणन 1 से 7 डीबी बदलकर निर्गमशक्ति को अचल रखा जाएगा। नीतभार पर परीक्षण से यह पता चला है कि L5 बैंड प्रणाली प्रवर्धक अतिआवश्यक उपप्रणाली है।

निष्कर्षः

उपग्रह नीतभार का परीक्षण यह विश्वास दिलाता है कि प्रणाली प्रवर्धक महत्वपूर्ण उपप्रणाली है। नौसंचालन उपग्रह के विभिन्न अभिलक्षण की यथार्थता प्रणाली प्रवर्धक पर निर्भर है। अर्थात् विभिन्न नौसंचालन सेवाओं के सक्षम संचालन एवं बहाव के लिए L5 बैंड प्रणाली प्रवर्धक अनिवार्य है।



आभारः

मैं श्री डी.के. दास, उप निदेशक, एसएनपीए, एवं श्री सुरिन्दर सिंह, ग्रुप निदेशक और श्री प्रविण भारद्वाज, प्रभाग प्रधान का आभारी हूँ जिन्होंने हिंदी में कार्य करने के लिए प्रोत्साहित किया और तकनीकी मार्गदर्शन प्रदान किया।

संदर्भः

(1) इसरो-सैक-आइआरएनएसएस-पीडीआर-01, जुलाई 2008

(2) इसरो-सैक-आइआरएनएसएस-पीडीआर-02, जुलाई 2011

॥ समाप्त ॥

संचार उपग्रह नीतभारों में स्वदेशी उत्पादों के विकास के आयाम

यू ऍम दवे, अभियंता-एसएफ, एवं वी के जैन प्रधान, एस पी ओ, एस एन पी ए

भारत आज अंतरिक्ष युग में दुनिया के दूसरे देशों के साथ कदम से कदम मिला के चल रहा है। अपना देश 22 स्वदेशी दूर-संचार उपग्रह अंतरिक्ष में प्रमोचित कर चुका है और कुछ आनेवाले वर्षों में प्रमोचित करने जा रहा है। उपग्रह में काम में आनेवाली कुछ साधन-सामग्री हम विदेशों से आयात करते हैं तो कुछ का निर्माण स्वदेश में होता है। पश्चिमी देश अपने उपग्रह के लिए आवश्यक साधन- सामग्री अधिकतर स्वयं ही बनाते हैं। इससे वे आत्मनिर्भर हैं जिसके कई लाभ हैं।

पूर्व में स्वदेशी 'सी-बेंड' ड्राइवर एम्पलीफायर बी.ई.एल. गाज़ियाबाद द्वारा इनसेट 4ए/4बी अभीयानों के लिए बनाये गए थे और इसके पूर्व एच ए एल हैद्राबाद द्वारा 5 वाट 'सी-बेंड' एस एस पी ए ऍमआई सी रचना(ऍमआईसी फेब्रिकेसन) और समुच्चय चरण (एसेम्बली स्टेज) तक इन्सेट-2A से 2E तक के मिशनों के लिए बनाये गए थे। जी.ए.इ.टी.इ.सी हैदराबाद द्वारा एम्.एम्.आई.सी.चिपों का निर्माण होता है जिनका उपयोग रेखीकरक (लीनीयराइज़र) और टी.आर.मोड्यूल में हो रहा है।

हाल ही में स्वनिर्मित देशी 15 वाट 'सी.बेंड' सेक निर्मित एस एस पी ए और 100 वाट यु एच एफ एस एस पी ए जीसेट-7 अभीयान में लग चुके हैं और 'के यु' बेंड बीकन एस एस पी ए पिछले कई अभीयानों से अंतरिक्ष (स्पेस) में जा रहा है। अतएव भविष्य के एसएसपीए, ड्रायवर एम्पलीफायर का निर्माण सेक अभिकल्पना के अनुरूप आस्ट्रा/ बेल/ एचएएल/कोमोलाईन आदि कम्पनियों के द्वारा भी हो सकता है। और ओ सी एक्स ओ, टी सी एक्स ओ का निर्माण सेंटम/ बेल /आंध्र इलेक्ट्रॉनिकस पहले से कर चुकी हैं।

यांत्रिकी पेकेजों, बहुसंकेतक (मक्स), बहुविसंकेतक (डीमक्स) वेव गाइड घटक (कोम्पोनंटस) एवं फिल्टर्स का निर्माण 16 देशी उत्पादकों द्वारा हो रहा है। जिससे बहुत विदेशी मुद्रा की बचत हो रही है। जैसे की 'सी' और 'केयू' मक्स विदेशों से लगभग 5 करोड़ में मिलते हैं मगर देशी लागत मात्र 80 लाख रुपये है, उसी प्रकार की 'सी' और 'के यू' डीमक्स विदेशों से लगभग 1.5 करोड़ में मिलते हैं मगर उनकी देशी लागत मात्र 50 लाख रुपये है। इनके निर्माण में प्रयोग होनेवाली ऐल्युमिनियम धातु इन्डालको से , इन्वार धातु मिधानी से और टेन्टेलम भी देशी उत्पादकों से आती है।

हर्ष की बात है की बेल 63 वाट् 'सी'-बेंड एफ एम टी डबल्यु टी ए का परीक्षण सफलता पूर्वक कर चुका है। निकट भविष्य के भारतीय अंतरिक्ष मिशन के लिए टीडबल्युटीए जैसी अतिकिलिष्ठ उपतंत्रों का उत्पादन भी देश में हो सकता है। इसके प्रयास 1979 से इसरो के प्रथम प्रायोगिक संचार उपग्रह एपल के समय से जारी हैं। खेद की बात है की के टीडबल्युटीए विदेशी उत्पादकों का इसमें एकाधिकार है, जिससे इनकी खरीदी में अत्याधिक विलम्ब होता है और मुंह मांगी कीमत देनी पड़ती है।

आने वाले वर्षों में भारत द्वारा निर्मित होनेवाले उपग्रह जीसेट-11, जीसेट -15, जीसेट -16, जीसेट -17, जीसेट -18 और आई आर एन एस एस की तैयारी चल रही है। इसके लिए मात्र जीसेट -11 के लिए अंदाज से 14200 लाख रु. का प्रावधान किया गया है और इसमें देशी मुद्रा करीब 3% से भी कम है।

दूरसंचार उपग्रह के लिए निम्नदर्शित प्रणालियां (सारणी-1 और-2 के अनुसार) भारत के औधोगिक इकाईयों में बन सकती हैं। भारत औधोगिक इकाईयों में निर्मित वस्तुओं को "अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र अमदावाद" द्वारा अंतरिक्ष उपयोग के लिए उत्पादन एवं प्रयोग के हेतु प्रमाणित भी किया गया है।

नीचे दर्शाये जीसेट -16 संचार उपग्रह के खंड आरेख 1 और 2 (ब्लाक स्कीमिटिक) में हरे रंग में दर्शित वस्तुओं का निर्माण देश में संभव है। और लाल रंग से दर्शित वस्तुंए विदेश से आती है।

संचार उपग्रह के नीतभार के प्रमुख उपतंत्र :-

सामान्यतया संचार उपग्रहों में ‘सी’ और ‘के.यु’ बेंडों का प्रयोग किया जाता है। अभिग्रहण की सेच्युरेसन फ्लक्स डेन्सिटी -92 ± 2 (‘सी’-बेंड) ,-96 ± 2 (‘केयु’ -बेंड) dBW/m2, रिसीव जी/टी **-4**(‘सी’-बेंड), **3**(केयु -बेंड) **dB/deg.K** एवं प्रसारण की इ आई आर पी 40(सी-बेंड) , 52 (केयू-बेंड) dBW में पर्याप्त होती है। इनको निम्न मुख्य उत्पादों के द्वारा प्राप्त किया जा सकता है।

क) एंटेना (Antenna): - भूमि तल और उपग्रह से भेजे गए सूक्ष्म माइक्रोवेव तरंग को ग्रहण करता है, और उसको केंद्रित करके उपर्युक्त क्षमतावाले आर एफ सिगनल में परिवर्तित करता है जो की आगे एलएनए द्वारा प्राप्त किया जाता और टीडबल्यूटीए/ एसएसपीए द्वारा प्रवर्धन (एम्प्लीफाई) कर शक्तिशाली बनाया जाता है। एंटेना का रिसीव जी/टी और इआईआरपी जैसे महत्वपूर्ण प्राचल (पेरामीटर) में योगदान होता है। एंटेना लब्धि (गेइन) 28dB (सी-बेंड) , 32dB (केयू -बेंड) के करीब रहेता है। एंटेना और सभी संबंधित अवयव का निर्माण देश में हो रहा है। इनके सांचे(मोल्ड) गोदरेज और एचएमटी में बनते हैं।

ख) रिसीवर (Receiver): - एंटेना द्वारा ग्रहण करके एकत्रित किए गये तरंगों को रव(नोइस) रहित प्रवर्धित करके तरंगों (फ्रीक्वेनसी) को अभिनिम्न परिवर्तित (डाउन कनवर्ट) करता है। रिसीवर का सामान्यतः लब्धि(गेन) 55 डी बी, रव संख्या (नोइस फिगर) 2 डी बी रहेता है। आस्ट्रा, बेल जैसे देशी उद्यम इसका निर्माण कर रहे हैं।

ग) ड्राइवर एम्पलीफायर (DA):- रिसीवर द्वारा अभिनिम्न परिवर्तित (डाउन कनवर्ट) किये गए सिग्नलों को बहुविसंकेतक(डीमल्टीप्लैक्सर) से अलग-अलग चैनल में विभाजित किया जाता है और ड्राइवर एम्पलीफायर (प्रवर्धक) के जरिये पर्याप्त मात्रा में बड़ा करके टी डबल्यू टी ए द्वारा शक्तिशाली बनाया जाता है। डीए का लब्धि (गेन) 40 से 60dB के बीच आवश्यकता अनुसार होता है। इनका निर्माण देशी कम्पनी आस्ट्रा/ बेल/ एचएएल, एकोन इंडिया, कोमोलाईन में सम्भव है।

घ) टी डबल्यू टी ए (TWTA): - दूरसंचार उपग्रह में (सिग्नल्स) संदेशको सबसे ज्यादा शक्तिशाली स्तर पर पहूँचानेवाला यन्त्र है! ’केयू’ –बेंड टीडबल्यूटीए का पावर 140 वाट् और सी बेंड का 63 वाट, और गेन 50-55 dB होता है। यह उपग्रह में एक अहम यन्त्र है जो की उपग्रह का इआईआरपी तय करने में महत्वपूर्ण है।

ङ) बहुसंकेतक (मल्टीप्लेक्सर): - बहुसंकेतक (मक्स) अलग-अलग चैनल से संवर्धित सिग्नल को फिरसे बहुसंकेतक करके आउटपुट एंटेना के जरिये पृथ्वी की और भेजा जाता है। इनको कम से कम निवेशन क्षति के लिये अभिकल्पित किया जाता है। ’केयू’ –बेंड में निवेशन क्षति (इनसरसन लोस) 0.4 डीबी होती है। प्रसन्नता की बात है हम बहुसंकेतक, बहुविसंकेतक (डीमक्स) और सभी पैसिव फिल्टर अवयवों का निर्माण हम स्वयं ही कर सकने में सक्षम हैं। और इनके निर्माण में देशी कंपिनयों का बड़ा योगदानहोता है जिससे बहुत कम दाम में देश में ही कम समय पर तैयार हो जाता है।

स्वदेशी प्रणालिका उपयोग करनेसे निम्न लाभ हैः-

1. सबसे अहम लाभ है कि आयाति तंत्रों से स्वदेशी तंत्रों की कीमत 50 से 75 % कम होती है। बहुमुल्य विदेशी मुद्रा की बचत होती है।

2. देश में निर्मित होने से तकनीकी गुणवत्ता जांचने/परखने के लिए आसान रहता है, समय भी मिलता है और कम खर्च पर परीक्षण हो सकता है।

3. विदेश से आयात प्रणाली में तकनीकी रूपसे खराबी आने पर दुरस्त करने के लिए समय जयादा लगता है। क्योंकि सामान भी विदेश भेजना पड़ता है और परियोजना अवधि को विपरीत प्रभावित करता है, खर्च अधिक आता है।

4. विदेशी कंपिनयां अक्सर भारत की आवश्याकताओं को प्राथमिकता नहीं देते और पूरी कीमत देने पर भी हमें निम्न गुणवत्ता की सेवा मिलती है।
5. भारतीय लोगों को रोज़गार मिलता है और कई कुटुम्ब की रोजी-रोटी चलती है।
6. युद्ध जैसी आपात कालीन स्थिति में हमें प्रणाली न मिलने का डर नहीं रहता।
7. **स्वनिर्भरता के साथ आगे बढ़ना श्री विक्रम साराभाई का सपना था उसे हम पूर्णस्वेदेशीकरण से साकार कर सकते हैं**।

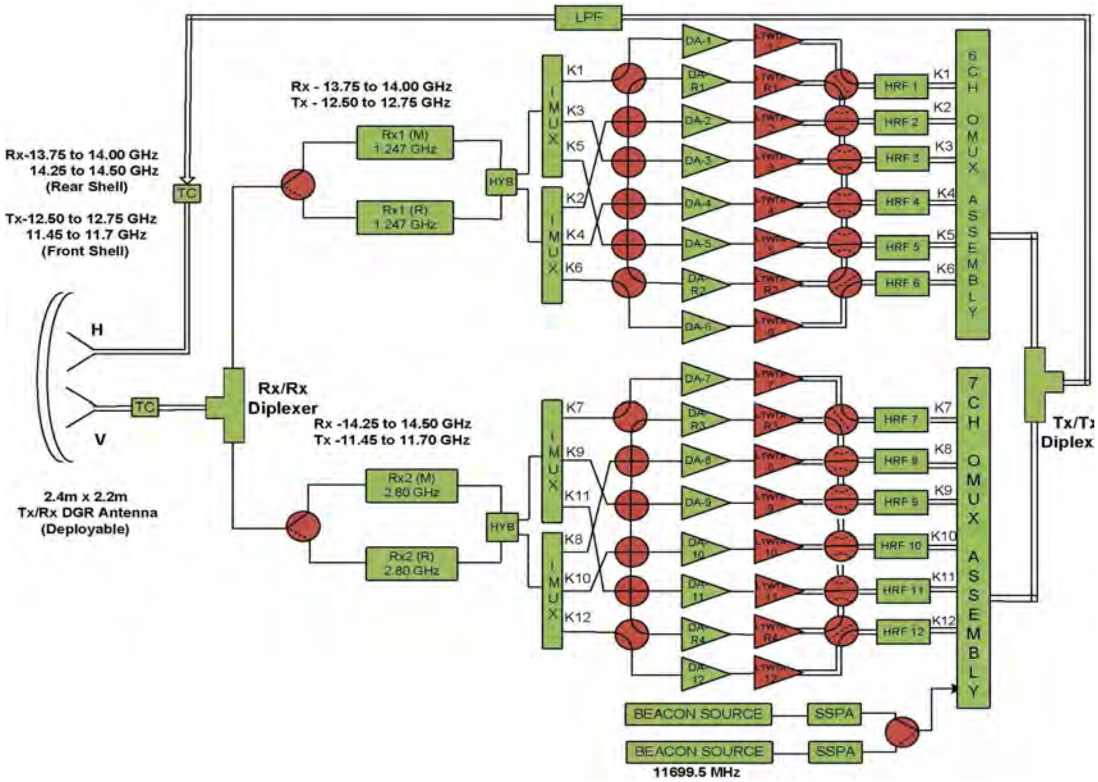
भारतीय औद्योगिक क्षमता को अंतरिक्ष उपयोग हेतु तंत्र/उप तंत्र बनाने को बढ़ावा देने के लिए निम्नलिखित मुद्दों पर ध्यान रख सकते हैः-

1. अगर स्वदेशी तंत्र कीमत में आयाती चीजों के बराबर हो या थोड़ी से महेंगे हो तो भी खरीदें, बाद में यह समय के साथ या बहुत संख्या के निर्माण से सस्ते हो सकती है।
2. स्वदेशी प्रणाली/उप प्रणाली पूरे देश में आयाती वस्तुओं से गुणवत्ता में थोड़ी पीछे हो सकती हैं, फिर भी स्वदेशी को ही बढ़ावा दें क्योंकि समय के साथ अनुभव बढ़नें पर गुणवत्ता सुधरेगी। हम अभी इन उत्पादन क्षेत्रों में खरे हीं उतरे हैं।
3. औद्योगिक इकाईयों को जितनी हो सके उतनी तकनीकी सहायता दें एवं मार्गदर्शन द्वारा समृद्ध बनाये। जिससे कि अंतरिक्ष उपयोग हेतु बनाये जाने वाली प्रणालियों का पूरी दुनिया में आम तौर पर इस्तेमाल हो सके।
4. सरकार को औधोगिक इकाईयों को आसान शर्तों पर ऋण उपलब्ध कराना चाहिये। और उनके उत्पादनों को खरीदकर उपयोग में लाए। यदि कुछ आकार , वजन जैसे प्राचल (पैरामीटर) थोड़े बहुत कमजोर भी हों तो भी स्वदेश में निर्मित उत्पादनों को उपयोग कर बढ़ावा दें। जहाँ तक हो सके स्वदेशी ही खरीदें।

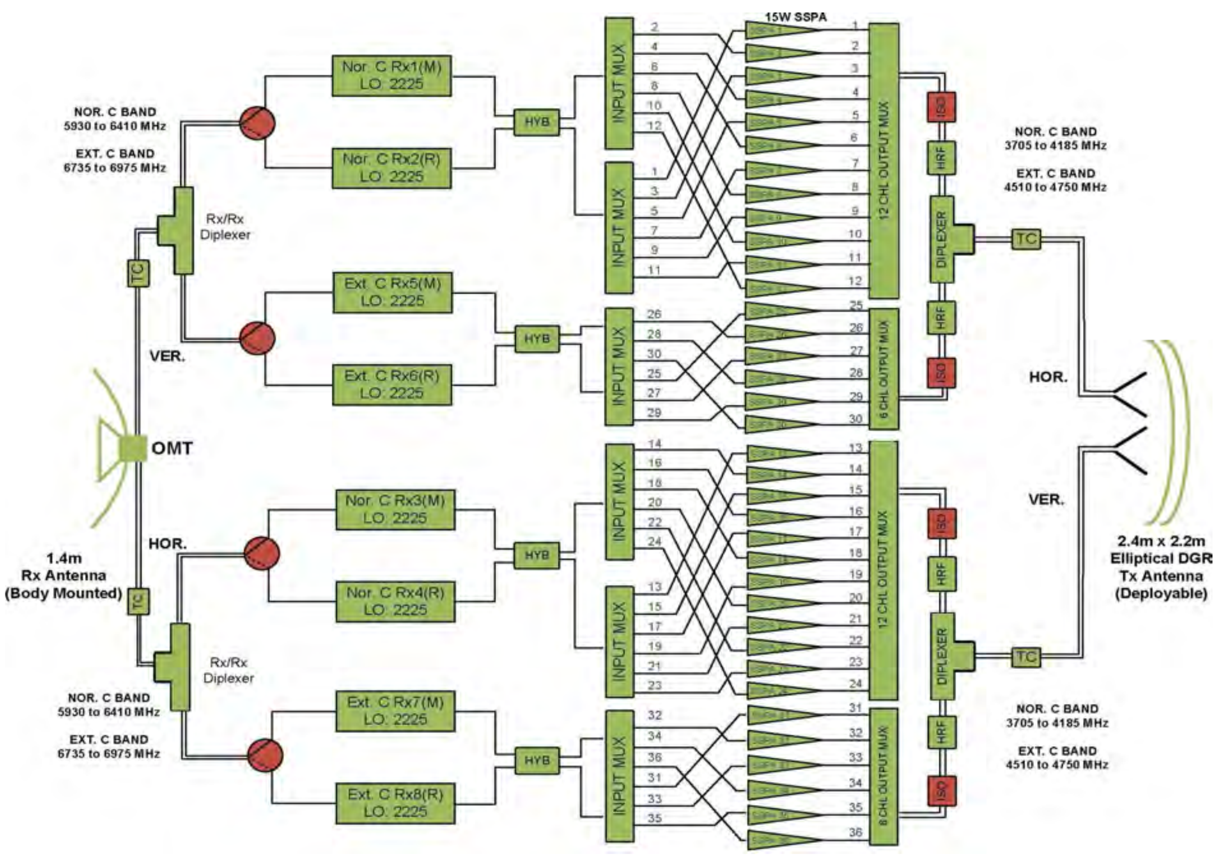
उपग्रह के प्रणाली/उप प्रणाली, संयंत्रों का स्वदेशी करण चुनोतियों से भरा है। स्वदेशी निर्माताओं से उत्पादन करवाने में एड़ी चोटी का जोर लगाना पड़ता है। तकनीकी ग्यान प्रशिक्षण, अवयव खरीदी, प्रमाणित करवाना, निर्माण विधी को नियमों के अनुसार पूर्णरूपसे अनुकूल बनाना, परीक्षण सुविधाओं आदि में हमेशा सक्रिय मार्गदर्शन, कड़े अनुशासन, नियमित निरीक्षण प्राथमिकता से करते रहना होता है। तभी स्वदेशी उत्पादन हासिल हो पाता है।

भारत देश दुनिया के अन्य विकसित देशों की तरह प्रति वर्ष बहुत सारे उपग्रह नहीं बनाता। अतः उपग्रह के लिए काम में आनेवाले यंत्र, कल-पुर्जे इत्यादि की खपत भारत के लिए काफी सीमित रहती है। इसकी वजह से किसी भी यंत्र, कल-पुर्जे का औधोगिक इकाईयों अगर लगाते हैं तो उसमें उत्पादित चींजो की कीमते ऊँची होती हैं। एवं उपरोक्त कारणों से औद्योगिक संस्थानों को आर्थिक कठिनाइयों का सामना करना पड़ता है। अगर कुछ लघुतम मात्रा में उत्पादन नहीं होते तो औधोगिक इकाईयों बंद भी हो जाते हैं। जैसे की आर एफ कनेक्टर और हेलिकल फिल्टर बनानेवाली फरीदाबाद उत्तरप्रदेश की औधोगिक ईकाई विएक्सएल ने स्पेस के लिये उत्पादन बंद कर दिया। एसएसपीए एवम ड्रायवर एम्पलीफायर के उत्पादन एचएएल एवं बेल पब्लिक सेक्टर जैसी औधोगिक सन्सथानों ने भी बंद कर दिये। उसी तरह गेटेक ने 0.5 माईक्रोन तकनीक द्वारा 'केयु' बेंड प्रवर्धक (एम्पलीफायर) चिप भी विकसित कर ली थी मगर उसके प्रमाणित करवाने का प्रावधान ना होने से आगे अंतरिक्ष अभियान(स्पेस मिशन) में प्रयोग न हो सका।

यदि स्वदेश उत्पादनों की शुरू-शुरू में गुणवत्ता एवं विनिर्देश(स्पेसिफिकेशन) कुछ कम भी हों तो भी स्वदेशी को ही प्रोत्साहन देना देश के लिये हितकारी होगा।



के यू बैंड नीतभार जीसेट–16 (खंड आरेख-1)



सी बैंड नीतभार जीसेट–16 (खंड आरेख-2)

आने वाले समय में निम्न संचार उपग्रह तंत्रों का निर्माण भारत में हो सकता है (सारणी -1)

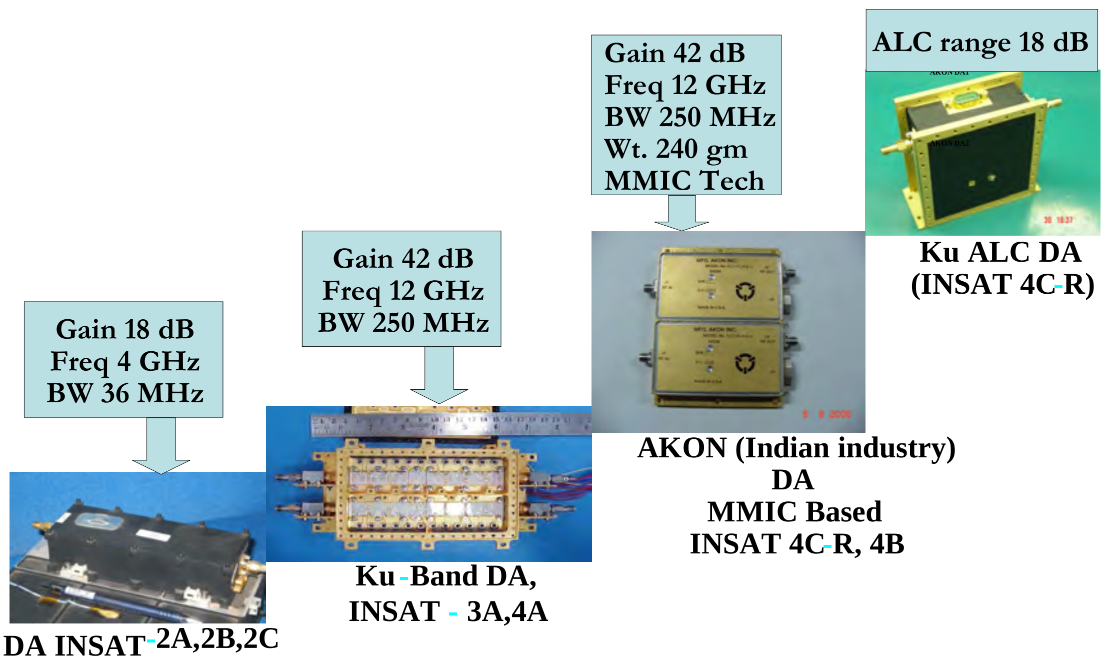
क्र.	तंत्र/ उपतंत्र	औद्योगिक एकक	अनुमानित कीमत प्रति उपतंत्र	कुल संख्या	कुल कीमत (लाख रु)
1	TCXO (संपूर्ण निर्माण)	CENTUM, Andhra Electronics, BEL	4 (लाख रु)	100	400
2	EPC (संपूर्ण निर्माण)	CENTUM	10 (लाख रु)	130	1300
3	TWTA (संपूर्ण निर्माण)	BEL for C-Band only	100 (लाख रु)	12	1200
4	OCXO (संपूर्ण निर्माण)	CENTUM	10 (लाख रु)	60	600
5	Receiver (C & Ku) (बनाना एवं परीक्षण के साथ)	ASTRA & BEL KOMO LINE	60 (लाख रु)	150	9000
6	Driver Amplifier (बनाना एवं परीक्षण के साथ)	AKON ,BEL, HAL, ASTRA KOMOLINE	06 (लाख रु)	200	1200
7	SSPA (बनाना एवं परीक्षण के साथ)	ASTRA, BEL , HAL, KOMOLINE	50 (लाख रु)	100	5000
8	Ku-Beacon (बनाना एवं परीक्षण के साथ)	KOMOLINE, ASTRA	75 (लाख रु)	25	1875

निकट भविष्य के भारतीय उपग्रह में संचार नीतभार में निर्मित हो सकनेवली स्वदेशी साधन / संयंत्रओं की अनुमानित राशि (सारणी -2)

परियोजना एवं उपतंत्र	संख्या x कीमत	लाख रूप.
1.0 जी सेट(G-SAT) 11:-		
ई पी सी (EPC)	12x10	1200
चैनल प्रवर्धक (DA)	48x6	288
रिसीवर/डाउन कनवरटर Rx/ D/C	38x50	1900
टी सी एक्स ओ (TCXO)	72x4	288
ओ सी एक्स ओ (OCXO)	55x10	550
2.0 जी सेट(G-SAT) 15:-		
ई पी सी (EPC)	22x10	220
चैनल प्रवर्धक (DA)	32x6	192
रिसीवर/डाउन कनवरटर Rx/ D/C	10x50	500
टी सी एक्स ओ (TCXO)	18x4	72
ओ सी एक्स ओ (OCXO)	2x10	20
3.0 जी सेट(G-SAT) 16:-		
ई पी सी (EPC)	36x10	360
चैनल प्रवर्धक (DA)	16x6	96
रिसीवर/डाउन कनवरटर Rx/ D/C	12x50	600
टी सी एक्स ओ (TCXO)	12x4	48
एस एस पी ए (SSPA)	36x50	1800
कुल कीमत	**लाख (रू.)**	**8134**

स्वनिर्मित/स्वदेशी चैनल प्रवर्धक (DA)

IN-HOUSE / INDIGENIOUS DRIVER AMPLIFIERS



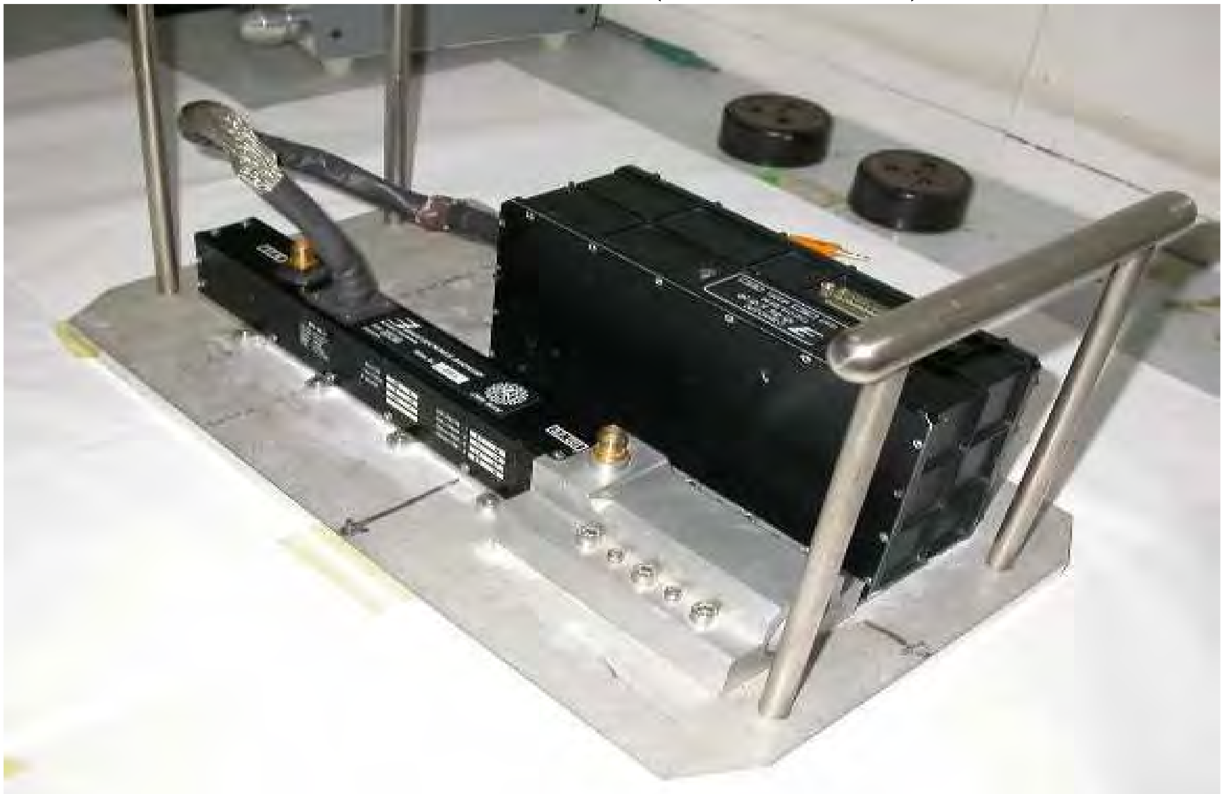
स्वदेशी ASTRA एवं KOMOLINE द्वारा निर्मित

स्वदेशी निर्मित

IF Sub channel Filter Unit for GSAT-7

LNA+ Down Convertor for GSAT-7

स्वदेशी 60 वाट C-Band स्पेस TWTA (ISRO-CEERI-BEL)



।। समाप्त ।।

इन-सेट-3डी के कैमरा इलेक्ट्रानिक्स पैकेज का संरचनात्मक विश्लेषण

वी. एस. जगदीश
संरचनात्मक और तापीय विश्लेषण विभाग
अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र-इसरो - अहमदाबाद
दूरभाष: 079-26913947/3932

सारांश :

सुदूर संवेदन मौसम उपग्रहों के अंतर्गत इनसेट- 3डी परियोजना मे द्वारा प्रतिबिंबित्र (imager) और ध्वनित्र (Sounder) नीतभार प्रयोग किया गया है। इनसेट- 3डी ध्वनित्र विज्ञानी उपग्रह मे 18 अवरक्त वाहिकाओं (infra-red) और एक दृश्य वाहिका (visible) का उपयोग किया गया है। कैमरा इलेक्ट्रानिक्स, संसूचक के निर्गत सिग्नल को संसाधन करना, अवरक्त (ir) संसूचक और फिलटर चक्र के ताप नियंत्रण मे, इत्यादि मुख्य कार्य के लिए उपयोग किया जाता है। उपग्रह के प्रक्षेपण के दौरान उत्पन्न विविध बलों को सहन कर पाने का पूर्वानुमान उपग्रह के संरचनात्मक विश्लेषण से किया जाता है। इससे उनके निर्धारित अवधि के दौरान संतोषजनक कार्य निष्पादन निश्चित किया जाता है।

मैक्रो-इलेक्ट्रानिक घटकों के उत्तम निष्पादन के लिए विविध प्रकार के संरचनात्मक विश्लेषणों का आवश्यकता है। इस लेख मे ध्वनित्र (sounder) के कैमरा इलेक्ट्रानिक्स, के लिए किए गए संरचनात्मक विश्लेषणों का परिणाम विस्तृत रूप से प्रस्तुत किये गए है। मैक्रो-इलेक्ट्रानिक घटकों के अभिकल्पन की सुरक्षा के लिए जांच किए गए विश्लेषणों का प्रस्ताव किया गया है।

परिचय:

कैमरा इलेक्ट्रानिक्स प्रणाली मे कुल 12 ट्रे है। सभी ट्रे के अंदर मुद्रित परिपथ बोर्ड के ऊपर मैक्रो-इलेक्ट्रानिक घटकों को स्थिर किया जाता है। 12 ट्रे, 6 स्टेकिंग छड (stacking rod) के साथ स्थिर किया गया है। सभी पी.सी.बी से संबंधकों को मातृ पीसीबी से संबंधकों के साथ जोडा जाता है। कंपन जांच परीक्षण मे कैमरा इलेक्ट्रानिक्स पैकेज का घदको का सुरक्षा के लिए संरचनात्मक विश्लेषण किया गया है।

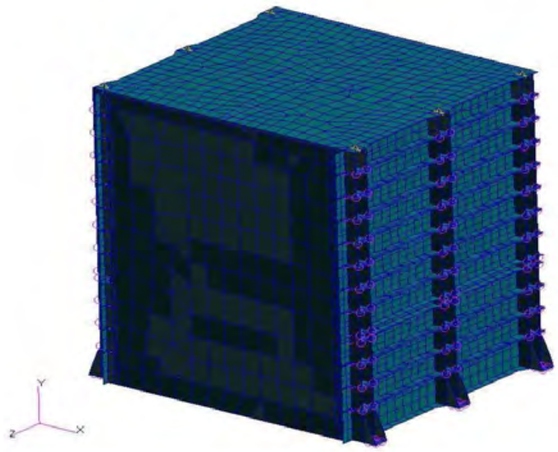
पदार्थों के यांत्रिक गुणधर्म : (एल्युमिनियम 6061-T6)

यंग मापक	-	7000 कि.ग्रा / मि.मि^2
घनत्व	-	2.7 ग्रा / घन से.मी
POISSION'S RATIO	-	0.33
रैखीय प्रसार गुणांक (α)	-	23.0e-6 डि.सेंग्रे

अक्षीय नामांकन पद्धति (Axis Definition):

इस पत्र मे निम्न तरीके का नामांकन पद्धति उपयोग किया गया है। (चित्र-1)

1.	X-अक्ष	स्थिरीकरण लग समांतर दिशा
2.	Y-अक्ष	स्थिरीकरण अभिलंब दिशा
3.	Z-अक्ष	स्थिरीकरण तिर्यक दिशा



चित्र 1: - कैमरा इलेक्ट्रानिक पैकेज - परिमिति अवयव निदर्श

संरचनात्मक विश्लेषण (STRUCTURAL ANALYSIS) :

उपयुक्त अभिकल्पना कोप्राप्त करने के लिए परिमिति अवयव विधि विश्लेषण (Finite Element Analysis) के द्वारा विभिन्न अभिकल्पनाओं का विश्लेषण MSc PATRAN/NASTRAN के द्वारा किया गया है। अभिकल्पना के पूर्ण निदर्श मे लगभग 12875 अवयवों, 12822 निर्नति बिन्दुओं (grid points) , 294 बहुबिन्दु-व्यवरोध अवयवों का उपयोग किया गया है। विविध प्रकार के अभिकल्पना से उपयुक्त दुर्नम्यता (stiffness) को प्राप्त किया गया है।

मुख्य उप कोडांतरणों का द्रव्यमान सन्निकटन मूल्य तक निम्न सारणि : (नीचे तालिका-1 में दिखाया गया है।

तालिका-1 : मुख्य उप कोडांतरणों का द्रव्यमान

घटक	कि.ग्रा	
आधार-ट्रे	0.384	(एक- ट्रे)
मुद्रित परिपथ फलक (pcb) (11- ट्रे)	0.605	(प्रति- ट्रे)
प्रतिरूपी - ट्रे (Typical Tray)	0.160	
आत्मजा फलक (Daughter Board)	0.350	
मातृ-फलक (Mother Board)	0.700	
चिति-छड़ (Stacking rod)	0.766	
शीर्ष-आच्छादन (Top Cover)	0.700	
कुल द्रव्यमान (12-ट्रे पूर्ण कोडांतरण)	8.19 कि.ग्रा	

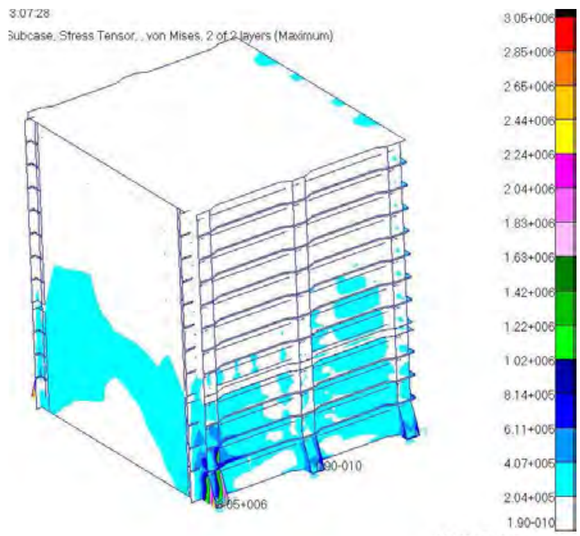
स्थैतिक विश्लेषण : (Static Analysis):

इस विश्लेषण मे कैमरा इलेक्ट्रानिक पैकेज (CEP) कोडांतरण को आधार-ट्रे के द्वारा भू-दर्शन पट्टिका के ऊपर 6 निर्धारित आधार स्थानों पर स्थिर किया गया है। प्रत्येक अक्ष मे `जी` त्वरण भार के लिए विश्लेषण किया गया है। नीचे तालिका-2 मे प्रतिबल का विविध पिरणामों का आकडे निम्न सारणि मे दिखए गए है।

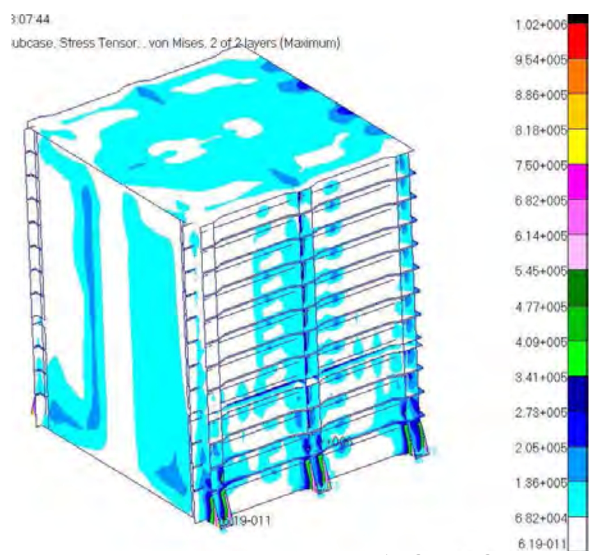
तालिका-2 : प्रतिबल

क्र.सं.	त्वरण (जी) (X/Y/Z - अक्ष)	प्रतिबल (कि.ग्रा/मि.मि^2)
1.	20/0/0	3.05 (स्थिरीकरण क्षेत्र)

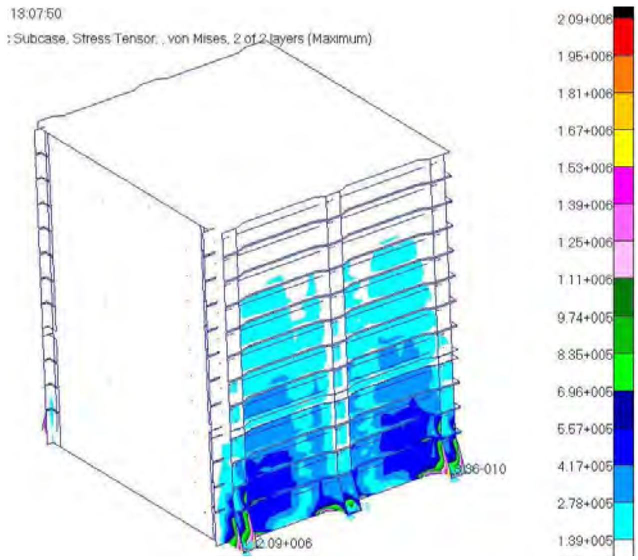
2.	0/20/0	1.02 (स्थिरीकरण क्षेत्र)
3.	0/0/20	2.09 (स्थिरीकरण क्षेत्र)



<u>चित्र : - CEP - x-अक्ष-20जी त्वरण के लिए प्रतिबल</u>



<u>चित्र 3: - CEP - Y-अक्ष-20जी त्वरण के लिए प्रतिबल</u>



चित्र 4: - कैमरा इलेक्ट्रानिक पैकेज - Z-अक्ष-20जी त्वरण के लिए प्रतिबल

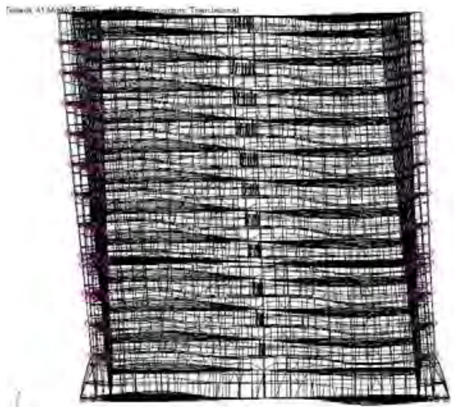
प्राकृतिक आवृत्ति आकलन :(Natural Frequencies) :

संरचनात्मक विश्लेषण मे आवृत्ति आकलन की मुख्य भूमिका है। अनु - कोडांतरण (Sub-Assembly) की अभिकल्पना के लिए, और कोडांतरण का संरचनात्मक व्यवहार जानने के लिए भी इस आवृत्ति आकलन करना जरूरी है। पैकेज के 12- ट्रे का परिमिति अवयव निदर्शो को आधार ट्रे के साथ समाकलित (Integrate) करके युग्मित भार विश्लेषण (Coupled Load Analysis) किया गया है। इस से इष्टतमीकृत अभिकल्पना के प्राकृतिक आवृत्ति और विविध उप कोडांतरणों के साथ अनुनाद को कम कर सकते है।

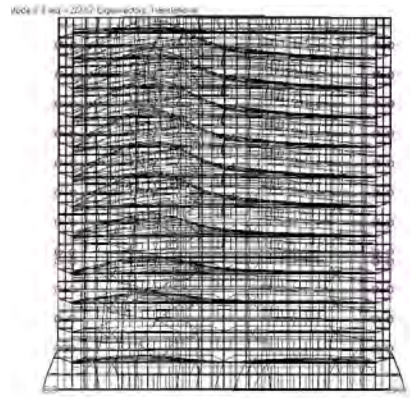
इस प्राकृतिक आवृत्ति आकलन के द्वारा कंपन जांच परीक्षण मे त्वरणमापीयों को स्थिर करने की सही जगह को प्रस्र कर सकते है। (यह प्राकृतिक आवृत्तियाँ नीचे तालिका-3 मे दिखाई गई है।)

तालिका-3 : प्राकृतिक आवृत्ति

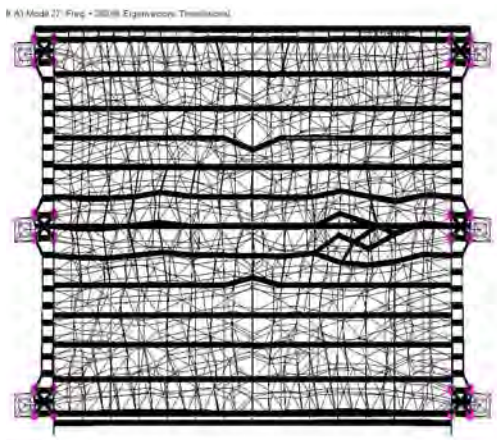
विधा आकृति क्र.सं (Mode Shape No.)	प्राकृतिक आवृत्ति (हेट्र्ज)	विधा आकृति (Mode Shape)
1	143	परिरक्षक फलक बंकन (Shield plate bending)
2	187*	स्टैक बंकन - लग समानांतर दिशा (चित्र:5)
3	227	ट्रे (चित्र: 6)
4	280**	स्टैक बंकन - लग तिर्यक दिशा (चित्र:7)
5	313	-
6	342	उपरितल आच्छादन / आधार अभिलंब दिशा (Cover mode / Normal to base)



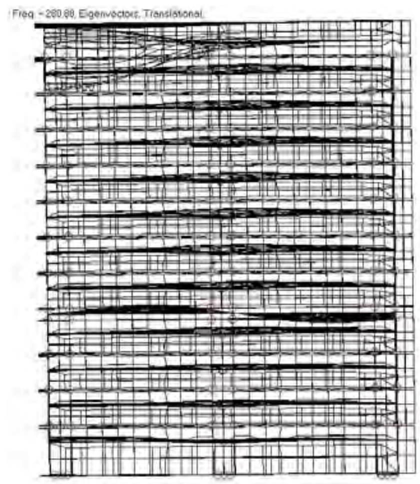
चित्र:5 विधा आकृति = 187 हेट्र्ज



चित्र: 6 विधा आकृति = 227 हेट्र्ज



चित्र: 7 विधा आकृति = 280 हेट्र्ज



चित्र: 8 विधा आकृति = 280 हेट्र्ज

ज्यावक्रीय कंपन (sine vibration**) विश्लेषण**:

आवृत्ति प्रतिवेदन (frequency response) विश्लेषण के द्वारा किये गये इस विश्लेषण मे संरचना के ऊपर लगते हुए बल, निर्धारित आवृत्ति परास के लिए नीचे तालिका-4 मे दिए गए हैः-

तालिका-4 : ज्यावक्रीय कंपन बल

क्र.सं	आवृत्ति (हर्टज) परास (range)	'जी'
1.	5 - 18	9.2 मि.मि.
2.	18-70	12 'जी'
3.	70-100	05 'जी'
	प्रसर्प (sweep rate)	2 अष्टक/ मिनट

विश्लेषणों के अनुसार इस बल के लिए संरचना मे निर्धारित स्थानों पर प्रवर्धक नही होगा क्यों कि, इस संरचना के प्राकृतिक आवृत्ति 100 हर्टज से अधिक है। इस बल के लिए कैमरा इलेक्ट्रानिक पैकेज सुरक्षित रहेगा। लेकिन आधार पी.सी.बी से ऊपरितल पी.सी.बी तक लगे हुए मैक्रो इल्कट्रानिक घटकों की यादृच्छिक कंपन परीक्षण मे सुरक्षित के लिए इस विश्लेषण को 2000 हर्टज तक किया गया है। (तालिका-5 में विस्तार से दिखाया गया है।)

याद्दच्छिक कंपन बल :(Random Vibration):

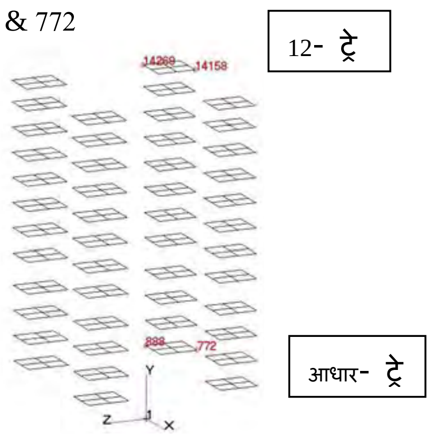
<u>तालिका-5 : याद्दच्छिक कंपन बल</u>

क्र.सं	**आवृत्ति (हर्टज) \परास (range)**	**स्तर (Level)**
1.	20-100	3 डीबी / अष्टक
2.	100-700	0.1 जी^2/ हर्टज
3.	700-2000	-3 डीबी / अष्टक
4.	समग्र जी वर्ग माध्य मूल (OVERALL grms)	11.8 (अवधि - 2 मिनट)

इस विश्लेषण के लिए, एक संधारित्र (capacitor) को पी.सी.बी के मध्य मे लिया गया है। इस संधारित्र को 45 मि.मि के दूर पर 2 स्यानों पर स्थिर किया गया है। इन बिंदुओं को उपितल ट्रे पी.सी.बी के ऊपर दो स्थान पर 14269 & 14158 और आधार पी.सी.बी के ऊपर 888 & 772 पर लिए गए है।

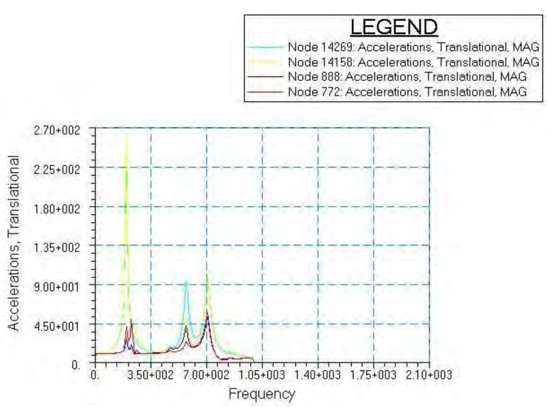
12- ट्रे के ऊपर बिंदुओं - 14269 & 14158

आधार - ट्रे के ऊपर बिंदुओं - 888 & 772



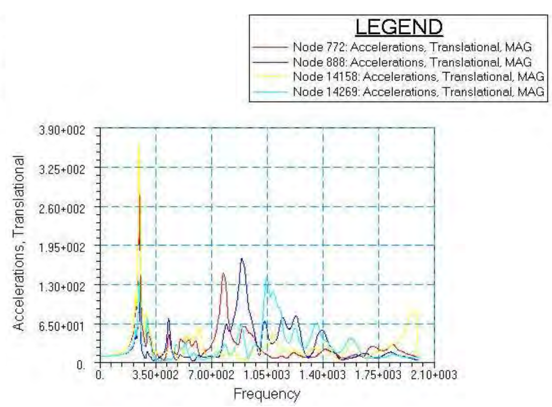
<u>चित्र: 8 पी.सी.बी के ऊपर संधारित्र स्थान</u>

ज्यावक्रीय कंपन (Sine Vibration) **के लिए अनुक्रिया:** (चित्र: 9)



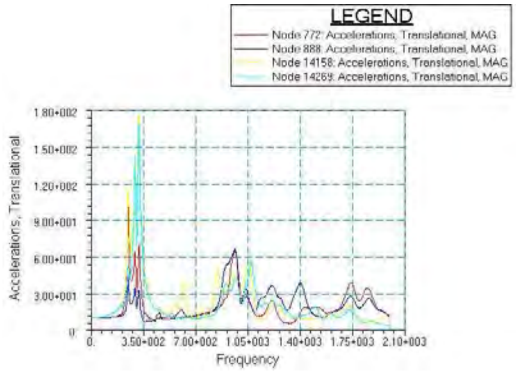
(x- दिशा मे अनुक्रिया)

(Response in x-direction)



(Y- दिशा मे अनुक्रिया)

(Response in Y-direction)



चित्र: 9 (Z- दिशा मे अनुक्रिया)
(Response in Z-direction)

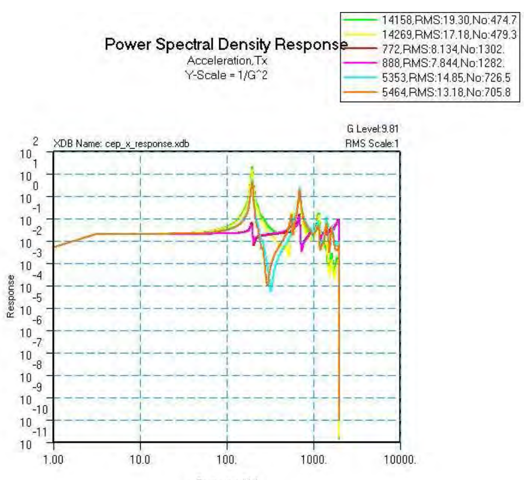
ज्यावक्रीय कंपन के परिणाम :

विश्लेषणों के अनुसार इस बल के लिए संरचना मे निर्धारित स्थानों पर प्रवर्धक नही होगा क्यों कि, इस संरचना के प्राकृतिक आवृत्ति 100 हर्टज से अधिक है। इस बल के लिए कैमरा इलेक्ट्रानिक पैकेज सुरक्षित रहेगा। इस परिणाम तालिका-6 मे दिखाए गए है।

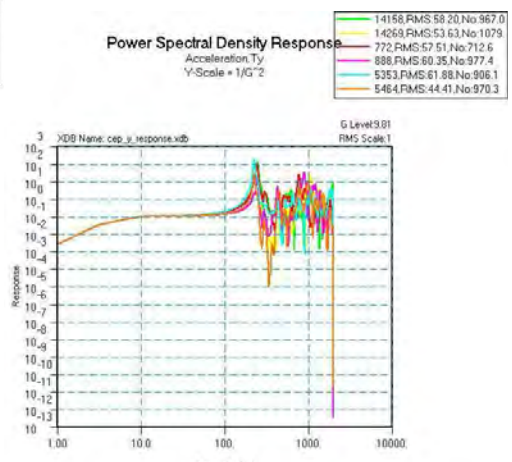
तालिका-6 : ज्यावक्रीय कंपन के परिणाम

क्र.सं	अक्ष	आधार ट्रे पर ('जी')@ आवृत्ति	12-ट्रे ऊपर ('जी')@ आवृत्ति
1.	X	4.5 @ 700	27 @ 280
2.	Y	14.3 @ 770	36.4 @ 342
3.	Z	10.2 @ 280	17.4 @ 342

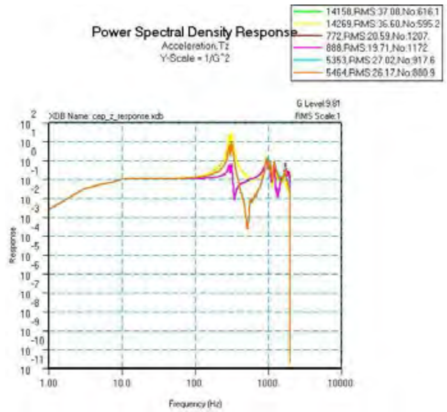
यादृच्छिक कंपन बल (Random Vibration Load) **के लिए अनुक्रिया:** (चित्र: 10 में दिखाए गए है।)



(x- दिशा मे अनुक्रिया)



(Y- दिशा मे अनुक्रिया)



(Z- दिशा मे अनुक्रिया)

<u>चित्र: 10 याद्दच्छिक कंपन बल अनुक्रिया</u>

<u>तालिका-7 : याद्दच्छिक कंपन बल के परिणाम</u>

क्र.सं	अक्ष	आधार ट्रे संधारित्र के दो पिन पर (वर्ग माध्य मूल) (777)	(888)	12-ट्रे संधारित्र के दो पिन पर(वर्ग माध्य मूल) (14158)	(14269)
1.	X	8.13	7.84	19.30	17.18
2.	Y	57.51	60.35	58.20	53.63
3.	Z	20.59	19.71	37.08	36.60

इस विश्लेषण से, संधारित्र (Capacitor) के दो पिन के ऊपर आपेक्षित बल 5जी (वर्ग माध्य मूल) का अनुभव कर रहै है। इस बल से संधारित्र सुरक्षित है।

निष्कर्ष :

इस पत्र मे मैक्रो इल्कट्रानिक घटकों पर होने वाले विविध बलों का विवरण दिया गया है।

1. परिमिति अवयव विधि से, विश्लेषण किया गया और अभिलक्षण अभिकल्पना का परिणाम दिया गया है।
2. कंपन जांच परीक्षण मे प्राप्त आकडे दर्शाते है कि, उपर्युक्त मैक्रो इल्कट्रानिक घटक निर्धारित बलों से सुरक्षित है।

आभार :

हम, प्रबन्धक, एस.टी.ए.डी और ग्रुप प्रबन्धक एस. टी. ए. जी. एवं सहयोगियों के अत्यन्त आभारी है, जिन्होने हमे यह लेख लिखने के लिए प्रेरित किया। हम, हिन्दी कक्ष के सभी सदस्यो के भी आभारी है, जिनकी मदद से यह लेख पूरा हो सका है।

संदर्भ :

प्रतिबिंबित्र और ध्वनित्र के संरचनात्मक विश्लेषण - इन-सेट-3डी पेलोड - 2009 डा.नं सेक/ एस टी ए एफ/इनसेट-3डी/ सी.डी.आर-01/09/06/2009

1. संरचनात्मक विश्लेषण - इन-सेट-3डी पेलोड - 2003 डा.नं सेक/ इनसेट-3डी एस टी ए एफ/टी.आर-01/03/07/2003
2. सुदूर संवेदन मौसम उपग्रह नीतभार ध्वनित्र का संरचनात्मक विश्लेषण - वी.एस.जगदीश & चंद्रशेखर
3. सीमित अवयव प्रक्रियाएं, के.जे. बाथे, प्रेटिंस हाल इंडिया,नई दिल्ली 1997
4. स्पंदन की बुनियादी बातें, एल.मीरोविच, मैक. ग्रा हिल,सिंगापुर, 2001

।। समाप्त ।।

एकखंड सूक्ष्मतरंग एकीकृत परिपथ पर आधारित के.यू.-बैंड अभिग्राही

(MMIC-based Ku-Band Receiver)

सुदेश कुमार जैन, बी.जी. वाघेला, रति सिंह, डी.के.सिंह, सुरिन्दर सिंह
अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, अहमदाबाद
ई-मेल- sudesh@sac.isro.gov.in

सार :

यह लेख भारतीय संचार उपग्रह में उपयोग होने वाले अति निम्न रव एकखंड सूक्ष्म तरंग एकीकृत परिपथ पर आधारित के.यू.-बैड अभिग्राही की विस्तारपूर्ण जानकारी प्रदान करता हैं। यह इकाई के.यू.-बैंड नीतभार की मुख्य इकाई है। यह अभिग्राही के.यू.-बैंड के उर्ध्वकड़ी रेडियो आवृत्ति (RF-uplink) बैंड को लोकल दोलित्र (LO) की सहायता से मध्य आवृत्ति बैंड (IF Downlink) में परिवर्तित कर देता हैं। इस अभिग्राही में प्रयुक्त होने वाले परिपथ जैसे निम्न रव प्रवर्धक, मिश्रक, मध्य आवृत्ति प्रवर्धक, वोल्टेज नियंत्रित-दोलित्र आदि एक खंड सूक्ष्मतरंग एकीकृत परिपथ दर आधारित है और इन्हें अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (अं.उ.के) में ही अभिकल्पित किया गया है। इस इकाई का निम्न रव 1.8 डेसीबल और लब्धि 56 डेसीबल हैं। इस इकाई की अभिकल्पना सत्यापन प्रतिरूप (DVM) को अं.उ.के. में निर्मित करके और सत्यापित करने के बाद उड्डयन प्रतिरूप (FM) और योग्यता प्रतिरूप (QM) को भारतीय उद्यम से बनवाया गया है। यह अभिग्राही जीसैट-7 में उपयोग हो रहा है तथा आने वाले जीसैट-9, 15 और 16 में उपयोग होना है।

प्रस्तावना :

आजकल के.यू.-बैंड रेडियो आवृत्ति बैंड का उपग्रह संचार में बहुतायात में उपयोग हो रहा है। पूरे आवृत्ति स्पेक्ट्रम को कई बैंडों में बाँटा गया है। इनमें से मुख्यतया एस, सी., के.यू. और का आवृत्ति बैंड को उपग्रह संचार में उपयोग किया जाता है। एस और सी रेडियो आवृत्ति स्पेक्ट्रम का बहुत संकुलन हो चुका है अतः आजकल उच्चावृत्ति जैसे के.यू. और का. रेडियो आवृत्ति का प्रचलन ज्यादा हो गया है। के.यू. बैंड का उपयोग मुख्यतया DTH और VSAT में किया जा रहा है।

इस अभिग्राही का मुख्य कार्य उर्ध्व रेडियो आवृत्ति के बहुत कम शक्ति के निवेशित सिग्नल के अति निम्न रव और उच्च लब्धि के प्रवर्धन करने के साथ आवश्यक निर्गमन आवृत्ति में रूपांतरित करना होता है। पहले के उपग्रह प्रेषानुकर में प्रयुक्त होने वाले अभिग्राही केवल संकर-सूक्ष्मतरंग एकीकृत परिपथ (MIC) उपयोग में ही लाया जाता था जिसके कारण उनका आकार और वजन ज्यादा हुआ करता था। इस अभिग्राही में लोकल दोलित्र भी कला अनुबंधक पाश(Phase Lock Loop) आधारित है जबाकि पहले के अभिग्राही मे गुणक (Multiplier) आधार पर अभिकल्पित था। कला अनुबंधक पाश का मुख्य फायदा इसका माड्डुलर पद्धति है मतलब इससे कुछ आवृत्ति बैंड की सभी आवृत्ति को प्राप्त किया जा सकता है जबकि गुणक आधार वाले लोकल दोलित्र से सिर्फ एक ही आवृत्ति प्राप्त की जा सकती है, जिसमें भी कुछ बैंड पारक फिल्टर और प्रवर्धक की आवश्यकता होती जिससे इसका आकार और वजन बढ़ जाता है।

अभिकल्पित अभिग्राही :

भारतीय संचार उपग्रह में प्रयुक्त उर्ध्व रेडियो आवृत्ति तो सतत् है जोकि 13.75-14.5GHz हैं परंतु अधो रेडियो आवृत्ति बैंड सतत् नहीं है और यह तीन 250 MHz आवृत्ति बैंड में बंटी हुई है। अधो रेडयो आवृत्ति बैंड भिन्न होने के कारण लोकल दोलित्र की आवृत्ति भी भिन्न होती है। इसे तालिका-1 में दर्शाया गया हैः-

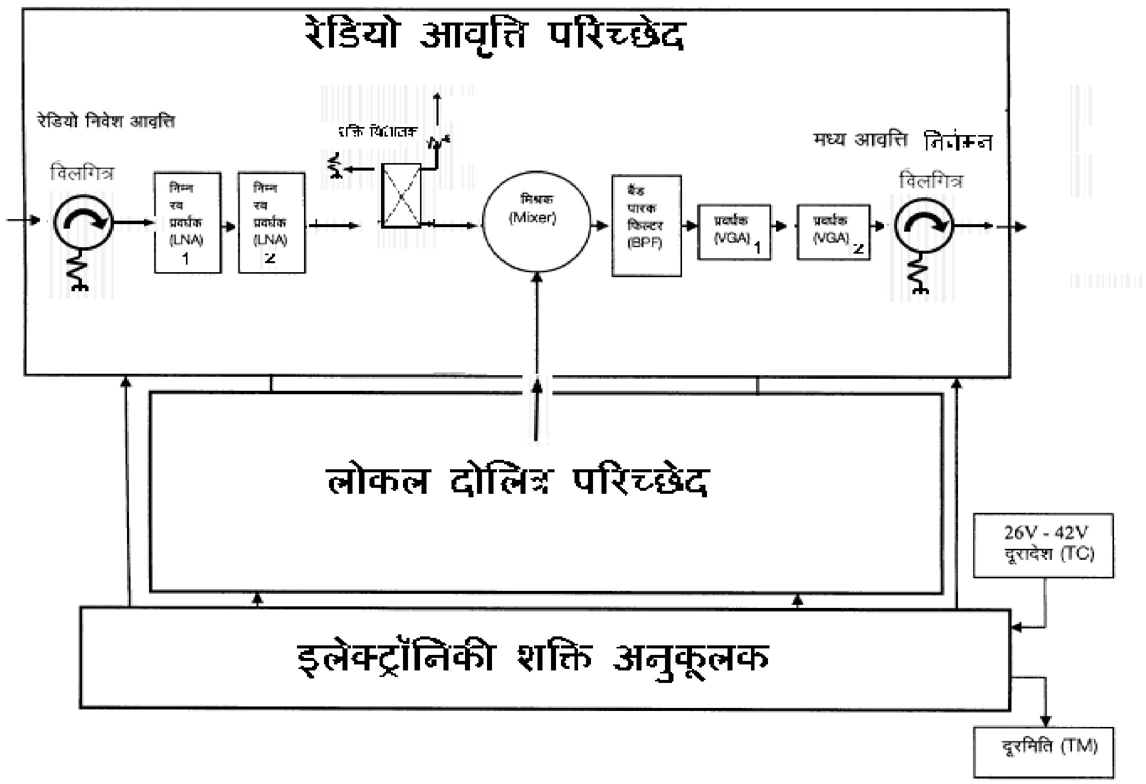
<u>**तालिका-1**</u>

	उर्ध्व आवृत्ति	अधो आवृत्ति	लोकल दोलित्र आवृत्ति
1.	13.75 -14.0	12.5-12.75	1250 MHz
2.	14.0-14.25	10.95-11.2	3050 MHz
3.	14.25-14.5	11.45-11.7	2800 MHz

क्र.1 का आभिग्राही के बाहर से खरीदा गया है जबिकि क्र.2 और क्र.3 का अभिग्राही को अंतरिक्ष उपयोग केंद्र में अभिक्लपित किया गया है , जिसमें से क्र.2 का विस्तारपूर्ण विवरण आगे किया गया है। संपूर्ण अभिग्राही को मुख्यतया तीन भाग में विभाजित किया जा सकता हैः-

1. रेडियो आवृत्ति परिच्छेद (RF Section)
2. लोकल दोलित्र परिचअछेद (LO –Section)
3. इलेक्ट्रानिकी शक्ति अनुकूलक परिच्छेद (EPC-Section)

इस अभिग्राही का प्रकार्य खंड आरेख और विनिर्देश क्रमश: चित्र-1 और तालिका-2 में दिया गया हैः-



चित्र-1: के.यू.-बैंड अभिग्राही का प्रकार्य खंड आरेख

तालिका-2

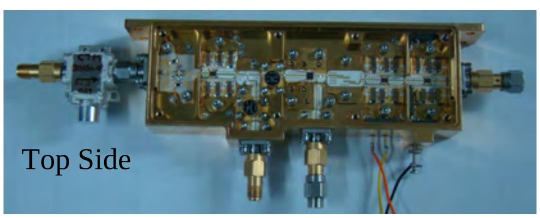
विनिर्देश (Specifications)

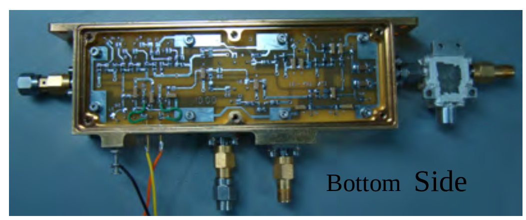
प्राचल	**इकाई**	**विनिर्देश**
रेडियो आवृत्ति बैंड	GHz	14.0-14.25
मध्य आवृत्ति बैंड	GHz	10.95-11.2
लोकल दोलित्र आवृत्ति	GHz	3.05
लब्धि	डी.बी.	56.0
रव अंक	डी.बी.	2.0
निवेशित और **निर्गमित** VSWR	-	1.25:1
3rd **क्रम अंतरामाडुलन उत्पाद**	डी.बी.सी.	-44
मिथ्या आवृत्ति निर्गमन	डी.बी.सी.	< -60

रेडियो आवृत्ति परिच्छेद :

यह परिच्छेद बहुत ही संहत (Compact) इकाई है जो कि एकखंड सूक्ष्मतरंग एकीकृत परिपथ तथा हवा बंद (Hermatic) प्रणाली उपयोग करके बनाया गया। इसमें जो निम्न रव प्रवर्धक है वह विभिक्त (Discrete) युक्ति को कोवार (kowar) हाउसिंग में अलुमिना अवस्तर पदार्थ में विकसित किया है जबकि इसके बाद एकखंड सूक्ष्मतरंग एकीकृत परिपथ निम्न रव प्रवर्धक युक्ति उपयोग किया है। इस निम्न रव प्रवर्धक के बाद एक शक्ति विभाजक जोकि अलुमिना अवस्तर पदार्थ में बनाया गया है तथा इसका कार्य निम्न रव प्रवर्धक से आने वाले रेडियो आवृत्ति के सिग्नल को दो भागों में विभाजित करना है। इन दोनों सिग्नल में से एक आगे इसी अभिग्राही के मिश्रक में चला जाता है और दूसरा सिग्नल इस के.यू.-बैंड प्रेषानुकर के दूसरे के.यू.-परिवर्तक में निवेशित सिग्नल के रूप में प्रयुक्त होता है। अगर इस प्रकार का के.यू.-परिवर्तक नहीं उपयोग में है तो इस सिग्नल को सहायक मुख (Auxiliary part) में ही नष्ट कर दिया जाता है। इस शक्ति विभाजक के बाद मिश्रक आता है जिसका कार्य निवेशित सिग्नल को लोकल दोलित्र की आवृत्ति के साथ मिश्रित कर मध्य आवृत्ति के सिग्नल में परिवर्तित करना है। यह मध्य आवृत्ति का सिग्नल आगे बैंड पारक फिल्टर में होकर आगे मध्य आवृत्ति के दो प्रवर्धकों में होते हुए निर्गमित हो जाता है। ये प्रवर्धकों का कार्य निम्न शक्ति के सिग्नल को उपयुक्त लब्धि प्रदान करने के साथ-साथ रेखिकता (linearity) भी प्रदान करना होता है।

ऊपर उपयोग आने वाले निम्न रव प्रवर्धक, मिश्रक, मध्य-आवृत्ति प्रवर्धकों को एकखंड सूक्ष्मतरंग एकीकृत परिपथ को अं.उ.कें. में अभिकल्पित करके OHMIC ED02AH फाउड्री से बनवाया गया है। दिए गए विनिर्देश को तंत्र स्तर पर क्रियान्वित करने के लिए ADS नाम के EDA सॉफ्टवेयर में अनुकरण (simulate) किया गया तथा अभिविन्यास (layout) को अभिकल्पित किया गया है। चित्र-2 में इस परिच्छेद का फोटोग्राफ दर्शाया गया हैः-

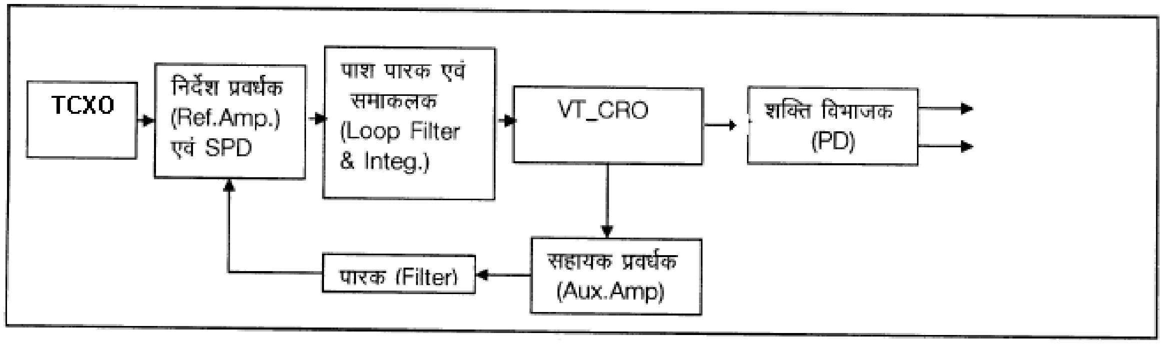




चित्र-2: रेडियो आवृत्ति परिच्छेद का फोटोग्राफ

प्रयुक्त लोकल दोलित्र भी एकखंड सूक्ष्मतरंग एकीकृत परिपथ पर आधारित कला अनुबंधक पाश प्रकार का है, इसका प्रकार्य खंड आरेख चित्र-3 दर्शाया गया है। कला अनुबंधक पाश तकनीक के उपयोग के द्वारा ही काफी परिपथ की संख्या कम भी जा सकी है। इस तकनीक में एक विस्तृत बैंड का ऋणात्मक प्रतिरोध (Negative resistance) और बफर प्रवर्धक अभिकल्पित MMIC पैकेज चर घातक (varactor) डायोड को विभिन्न आकार के समाक्ष-अनुनादक (coaxial-resonator) के साथ युग्मित (coupled) करके विभिन्न प्रकार की आवृत्ति उत्पन्न की जाती है। ये वोल्टेज नियंत्रित सामक्ष-अनुनादक दोलित्र ही विभिन्न संदर्भ (TCXO reference) के साथ कला अनुबंध पाश की साहयता से विभिन्न आवृत्ति उत्पन्न करते हैं। इस परिच्छेद में सोपानी पुनर्प्राप्ति डायोड(Step Recovery Diode) का प्रयोग आवेग (impulse) जनित्र के रूप होता है। इसके प्रयुक्त पाश पारक फिल्टर जोकि संक्रिय निम्न आवृत्ति फिल्टर है इसे संकारक प्रवर्धक (Op-Amp) से अभिकल्पित किया गया है। इस परिपथ का निवेशित सिग्नल त्रुटि वोल्टेज है जोकि सोपानी पुनर्प्राप्ति डायोड आता है तथा निर्गमित सिग्नल समस्करण (tuning) वोल्टेज है जो (CRO) चर- घातक डायोड में प्रवेशित होता है। जब यह यंत्र अपने कलाबंद्धता के बाहर आ जाता है , तो यह पाश पारक फिल्टर जब तक प्ररूप(sweep) उत्पन्न करता है कि (CRO) आवृत्ति की कला को संदर्भ TCXO की कला के संतुलन या साम्यावस्था में आ जाता और तंत्र बद्ध (locked) हो जाता है। चूंकि यह लोकल दोलित्र को रेडियो आवृत्ति

परिच्छेद के साथ जोड़ा जाता है अत : इस दोलित्र की आवृत्ति को मानीटर करने के लिए 10 डेसीबल का युग्मक (शक्ति विभाजक) उपयोग किया गया है।



चित्र-3: लोकल दोलित्र परिच्छेद का प्रकार्य खंड आरेख

इलेक्ट्रॉनिकी शक्ति अनुकूलक :

इस परिच्छेद को परिवर्तक सांस्थितिकी (converter topology) से कार्यान्वति किया गया है जिसका मुख्य लाभ निम्न युक्ति गणना और अच्छा निवेशित शक्ति बस छोटी तरंग (ripple) बहिष्करण निष्पादन है। अनुकूलक का मुख्य कार्य सभी सक्रिय (active) इकाई जैसे निम्न रव प्रवर्धक, मिश्रिक, मध्यवर्ती प्रवर्धक, लोकल कदोलित्र आदि को आवशयक और नियंत्रित निम्न वोल्टेज उपलब्ध कराना है। यह अनकूलक में एक निम्न आवृत्ति पारक फिल्टर होता है जोकि उच्च आवृत्ति को विक्षोभ का दमन कर देता है। यह अनुकूलक अपनी एक अभिग्राही की स्थिति को मॉनीटरिंग करने के लिए दूरमिति एवं दूरादेश संकेतों को प्रक्रम करता है। इसका अंतरिक्ष यान की बस वोटल्ता (26-42 वोल्ट) से सीधा परिचालन होता है तथा यह इस उच्च और सब वोल्ट को निम्न (±3.5 वोल्ट, ±5 वोल्ट, ±15 वोल्ट आदि) और नियंत्रित वोल्टेज में बदल देता है।

एकीकरण एवं मापित परिणाम :

रेडियो आवृत्ति के सभी उप-इकाई को एकीकृत करके एक एलुमिनियम डिब्बे में रखकर उसका एकीकृत परिणाम देखा जाता है और आवश्यकता होने पर उसे समस्वरित (tune) करके आवश्यक परिणाम लाया जाता है। अब इस परिच्छेद को लेजर वेल्डिंग की सहायता से हवा बंद (Hermatic sealing) किया जाता है। इसे हवा बंद इसलिए किया जाता है ताकि इसमें प्रयुक्त नग्न-चिप (bare Die) को बाहरी वातावरण से सुरक्षित रखा जा सकें। यह लेजर-वेल्डिंग अं.उ.कें. में ही किया जाता है।

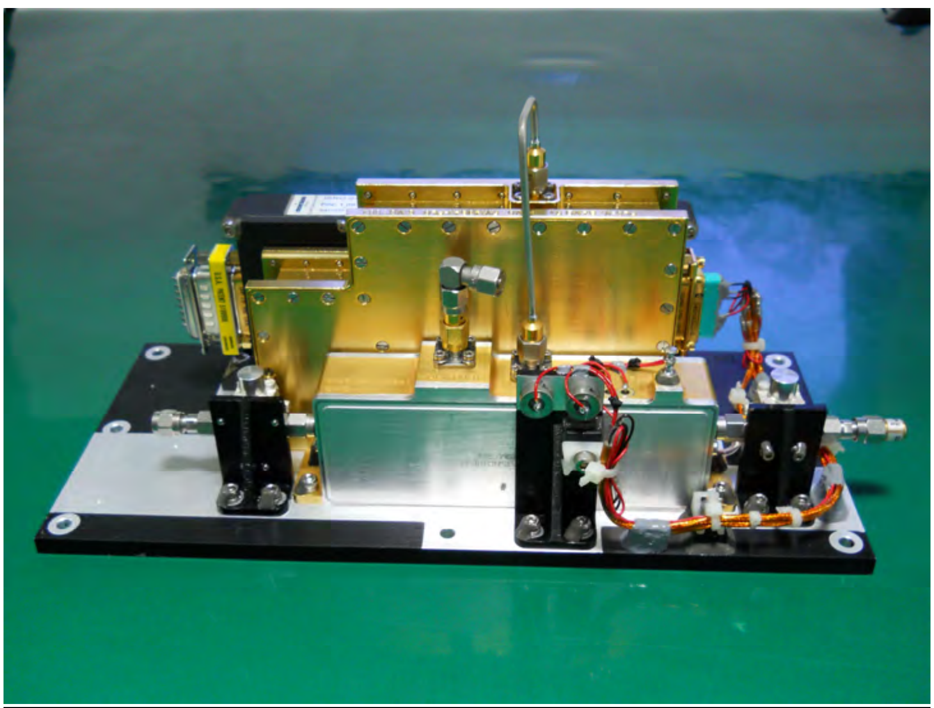
इसी प्रकार लोकल दोलित्र के सभी उप-इकाई के एकीकृत करके एक अलग डिब्बे में रखकर उसका एकीकृत और समवस्वरित करके परिणाम किया जाता है। इस डिब्बे को हवा बंद तकनीक से बंदनहीं किया जाता है क्योंकि इसमें प्रयुक्त चिप पैकेज में ही है अब रेडियो आवृत्ति परिच्छेद , लोकल दोलित्र परिच्छेद तथा इलेक्ट्रॉनिकी शक्ति अनुकूलक परिच्छेद को एक धातु पट्टिका में रखकर इनके तार-प्रसज्जा से जोड़ा जाता है तथा रेडियो आवृत्ति परिच्छेद तथा लोकल दोलित्र को अर्धदृढ़ समाक्ष से जोड़ा जाता है।

3.05 GHz का पूर्ण एकीकृत कू.बैड अभिग्राही का 1 योग्यता प्रतिरूप (QM) और 6 उड्डयन प्रतिरूप (FM) मेसर्स आस्ट्रा माइक्रोवेव प्राइवेट लिमिटेड जीसैट-7 के लिए बनाया है। इन दोनों प्रतिरूप का संपूर्ण वातावणीय परीक्षण किया गाया है और इसके परिणाम अभिकल्पना गुणवत्ता पर खरे उतरते है। इस अभिग्राही का मापित परिणाम तथा फोटोग्राफ क्रमश: तालिका-3 तथा चित्र-4 में दर्शाया गया हैः-

तालिका-3

मापित परिणाम

प्राचल	**इकाई**	**विनिर्देश**	**मापित परिणाम**
रेडियो आवृत्ति बैंड	GHz	14.0-14.25	14.0-14.25
मध्य आवृत्ति बैंड	GHz	10.95-11.2	10.95-11.2
लोकल दोलित्र आवृत्ति	GHz	3.05	3.05
लब्धि	डी.बी.	56.0	57.6
रव अंक	डी.बी.	2.0	1.83
निवेशित और **निर्गमित** VSWR	-	1.3:1	1.25:1
3rd **क्रम अंतरामाडुलन उत्पाद**	डी.बी.सी.	-44	-48
मिथ्या आवृत्ति निर्गमन	डी.बी.सी.	< -60	-67



चित्र-4: के.यू.-बैंड अभिग्राही का फोटोग्राफ

निष्कर्ष :

प्रस्तुत अभिग्राही में प्रयुक्त एकखंड सूक्ष्मतरंग एकीकृत परिपथ तथा लेजर वेल्डिंग (हवा बंद तकनीक में) का प्रयोग अंतरिक्ष उपयोग केंद्र में के.यू.--बैंड में पहली बार किया गया है। चूँकि के.यू.-बैंड का प्रयोग बहुतायत में हो रहा है अत: इस के.यू.-बैंड अभिग्राही की अभिकल्पित प्रतिरूप को सत्यापित करके इसे मेसर्स आस्ट्रा प्राइवेट लिमिटेड द्वारा विकसित करवाया गया है। इस अभिग्राही के विकास के लिए मेसर्स आस्ट्रा को अंतरिक्ष उपयोग केंद्र की सहायता से कई संसाधन और प्रयोगशाला और तकनीशियन को उपग्रह योग्य कार्य करने हेतु प्रशिक्षित और सक्षम बनाया गया है। अब मेसर्स अस्ट्रा आने वाले कुछ नीतभार जैसे जीसैय-9, 15 और 16 के लिए भी इसी तरह के के.यू.-बैंड अभिग्राही प्रदान करेगा। आने वाले अभिग्राही में इलेक्ट्रॉनिकी शक्ति अनुकूलक भी भारतीय उद्यम सेंटर के द्वारा विकसित किए गए है। इस तरह भारतीय संचार उपग्रह के भविष्य में भारतीय उद्योगों का योगदान और अधिक होने की संभावना है।

।। समाप्त ।।

उद्योग आधारित प्रबल भू-बर्हिगमन प्रणाली

लेखकः माधव दास, अजय कुमार सिंह, संजय त्रिवेदी, जैमिन तन्ना, बी.एस.रामन, नीलेश.एम.देसाई
एम.एस.सी.ई.डी. / एम.एस.डी.जी. / एम.आर.एस.ए.
ई-मेलः madhavdas@sac.isro.gov.in, ajaysingh@sac.isro.gov.in

प्रस्तावना

सूक्ष्म-तरंग नीतभारों जैसे रिसैट-1, स्कैट्रोमीटर और मेघा ट्रॉपिक्स जिनका नियोजन और विकास अंतरिक्ष उपयोग केंद्र के सूक्ष्म-तरंग सुदूर संवेदन क्षेत्र (MRSA) में स्वदेशी रूप से हुआ, उसकी सफलता के श्रेय का अधिकांश भाग न्यायपूर्णता नीतभार के सघन एवं व्यापक भू-परीक्षण को भी दिया जा सकता है। नीतभार का कक्षा में उत्कृष्ठ प्रदर्शन, उसका उपतंत्र स्तर पर एवं एकीकृत स्तर पर परीक्षण का परिणाम है। नीतभार एवं उनके संघटक उपतंत्रों के विविध प्राचाल और विनिर्देशों का परीक्षण करने के लिए, भारतीय उद्योगों के सहयोग से अधुनातन औद्योगिक भू-बर्हिगमन इकाइयों का विकास अंतरिक्ष उपयोग केंद्र में किया गया। इन भिन्न नीतभारों के परीक्षण एवं मूल्यांकन योजना में विविध प्रकार के जाँच सम्मिलित थे, जिनका कार्यान्वयन सैक, अहमदाबाद में किया गया। इसके साथ-साथ कई परीक्षण आईजैक, बैंगलोर और श्रीहरिकोटा में भी किए गए। इन कारणों से सुवाह्य और प्रबल बर्हिगमन प्रणाली के विकास की आवश्यकता पड़ी जो कि भिन्न केंद्रों में आसानी से ले जाया जा सके और जिसका इस्तेमाल वहाँ पर परीक्षण क्रिया-कलापों को समयोचित और दक्षतापूर्ण ढंग से संपन्न करने में किया जा सके।

भारतीय उद्योग एवं उनके योगदान

सूक्ष्म-तरंग नीतभार के जाँच के निमित्त प्रबल बर्हिगमन प्रणाली के विकास के लिए भारतीय उद्योगों को सम्मिलित करने की आवश्यकता रिसैट-1 के साथ पड़ी। बहुत थोड़े समय अंतराल में रिसैट-1 के लिए लगभग 400 प्रेषण अभिग्राही नियंत्रक (TRC), 24 टाइल नियंत्रक इकाई (TCU) और कई दूसरे पृथक उपतंत्रों का परीक्षण एवं गुणवत्ता जाँच करनी थी। विपुल मात्रा में उड़ान मॉडल के परीक्षण के क्रिया-कलापों को ध्यान में रखते हुए भारतीय उद्योगों को सम्मिलित करना और उनके सामर्थ्य का प्रभावकारी रूप से उपयोग करना अनिवार्य हो गया था।

इस प्रयोजन से सम्बद्ध अग्रकारी उद्योग निम्न थे –

मेसर्स ट्राइडेंट इनफोसोल-बैंगलोर, मेसर्स डाटा पैटर्नस–चैन्नई, मेसर्स डायनालॉग-मुम्बई एवं मेसर्स कोमोलिन इलेक्ट्रोनिक्स प्रा.लि.-अहमदाबाद।

इन औद्योगिकी साझेदारी में cPCI आधारित बर्हिगमन न्याधार (chassis), जोड़ने योग्य cPCI आधारित FPGA कार्ड और इनसे सम्बन्धित दूसरे डाटा अर्जित करने वाले और उत्तेजक संकेत जनित करने वाले हार्डवेयर का विकास किया। कुछ प्रकरण में जहाँ प्रचुर मात्रा में उत्पादन-जाँच सम्मिलित था, वहां इन उद्योगो को उड़ान मॉडल इकाईयों का परीक्षण करने का अतिरिक्त कार्य भी सौंपा गया।

चित्र सं.1: मेसर्स डाटा पैटर्नस द्वारा विकसित भू-बर्हिगमन न्याधार (Chassis) एवं FPGA कार्ड।

हालाँकि भिन्न प्रदायभारों एवं उनके उपतंत्रों के अद्वितीय संरचना के कारण इन बर्हिगमन इकाईयों के आंकड़ों का विश्लेषण व उपयोग सैक के वैज्ञा./अभि. द्वारा करना आवश्यक था। चूँकि देश में प्रथम बार सूक्ष्म-तरंग नीतभार एवं उनके संलग्न उपतंत्र नियोजित और विकसित किए जा रहे थे, भारतीय उद्योग इनके जाँच की पद्धतियों एवं सम्बन्धित पहलुओं से काफी अपरिचित थे। इसलिए प्रारम्भिक दौर में इन उद्योगों को मार्गदर्शन देने एवं जानकारी देने का दायित्व अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, अहमदाबाद और विशेष रूप से सूक्ष्म-तरंग सुदूर संवेदन क्षेत्र (MRSA) के ऊपर था।

नीचे दी गई सारणी में सूक्ष्म-तरंग नीतभारों के बर्हिगमन इकाई के विकास के लिए साझेदार उद्योगों और उनके सहयोगों का वर्णन हैः-

प्रदायभार	उपतंत्र	साझेदार उद्योग
रिसैट-1	TRC	डाटा पैटर्नस
	TCU	कोमोलिन इलेक्ट्रॉनिक्स
	प्रदायभार नियंत्रक (PLC), DCG,DACS	डायनालॉग इण्डिया, ट्राइडेंट इन्फोसॉल
स्कैट्रोमीटर	प्रदायभार नियंत्रक	डायनालॉग इण्डिया
	डिजिटल चर्प जनित्र DCG	ट्राइडेंट इंफोसॉल
	डाटा अभिग्रहण एवं संपीडक प्रणाली (DACS)	कोमोलिन, इलेक्ट्रॉनिक्स
मेघा ट्रॉपिक्स	मद्रास पश्चसिरा इलेक्ट्रॉनिकी (स्थिर) (MBES)	डायनालॉग इण्डिया
	मद्रास पश्चसिरा इलेक्ट्रॉनिकी (घूर्णी) (MBER)	डाटा पैटर्नस

भू-बर्हिगमन प्रणाली की अपेक्षित विशेषताएं

भू-बर्हिगमन प्रणाली का कार्य कतिपय कार्यक्रम के लिए हार्डवेयर के मूर्तिभूत होने के बाद से माना जाता है। कई बार ऐसा मान लिया जाता है कि जटिल प्रणालियों की योजना विश्वसनीयता, निर्वाहता और बर्हिगमन से सम्बन्धित यंत्रशास्त्र के पहलुओं के बगैर किया जा सकता है। अंतरिक्ष प्रणालियों के धारणीय योजना माँगपत्र में बर्हिगमन प्राचाल का समावेश होना चाहिए और यह केवल कार्यात्मक हार्डवेयर या भूमि प्रचालन तक सीमित नहीं होना चाहिए।

नीचे दिए गए लक्षण, बर्हिगमन प्रणाली के विकास के प्रारम्भिक दौर में किन सोच-विचारों और सावधानियों का समाविष्ट करना चाहिए, उनको सामने लाते हैं।

i) पुनरुपयोगिता– प्रणालियों की संपदा जैसे विन्यास संरचना, अवयवों, जाँच-प्रकरण एवं दस्तावेजों का विशाल स्तर पर पुनरुपयोगिताकी आवश्यकता

ii) मानान्तरण – सॉफ्टवेयर में सूक्ष्म परिवर्तन करके हार्डवेयर में परिवर्तन किए बगैर प्रणाली का मानान्तरण।

iii) सुबाह्यता- विभिन्न मंच पर कुशल रूप से स्वीकृत प्रणाली मानकों का महत्तम रूप से उपयोग करके प्रयासरहित स्थापन को अनुमोदित करना।

iv) परिवर्त्यतता - भावी परिवर्तन का अनुग्रहण करने के लिए प्रणाली योजना में महत्तम लचीलापन होना चाहिए।

v) प्रदर्शन – जीवनपर्यन्त प्रणाली का प्रदर्शन सुसंगत होना चाहिए।

vi) प्रयोज्यता – प्रणाली को उपभोक्ता अनुकूल होना चाहिए जो अनावश्यक जटिलता के बजाए धारणीय सुसंगत अंतरापृष्ठ के साथ अंर्तज्ञान के द्वारा प्राप्त वातावरण को प्रदान करे।

vii) विश्वसनीयता – यह विश्वास कि प्रणाली द्वारा प्रदत्त सेवाओं पर न्यायसंगत रूप से विश्वास किया जा सकता है।

चित्र सं.-2: (बांये) मेसर्स डायनालॉग, मुम्बई द्वारा विकसित एवं संविरचित बर्हिगमन न्याधार (chassis)। (दायें) मेसर्स कोमोलिन इलेक्ट्रॉनिक्स प्रा.लि., अहमदाबाद द्वारा विकसित FPGA किट।

भू-बर्हिगमन इकाई की विन्यास संरचना

अधिकांशतया बर्हिगमन इकाई की संरचना प्रदायभार के विन्यास का व्युत्पन्न होती है और प्रदायभार के मुख्य प्राचाल जिनका परीक्षण करना है, वे बर्हिगमन इकाई के मुख्य विनिर्देश के रूप में उभर कर आते हैं।

आइए हम सूक्ष्म तरंग प्रदायभार से सम्बन्धित पहलुओं पर विचार करें। जितने भी सूक्ष्म-तरंग प्रदायभार अभी तक प्रमोचित हुए हैं या अभी विकास की प्रक्रिया में हैं, उन सभी में अंतरिक्षयान के बस से MLD-STD-1553 मानक का दूर आदेश एवं दूरमापी (TCTM) अंतरापृष्ठ है। इससे यह स्पष्ट होता है कि बर्हिगमन प्रणाली में अंतरापृष्ठ की जाँच के लिए एवं TCTM भेजने और ग्रहण करने के लिए कोई क्रियाविधि होनी चाहिए। सूक्ष्म-तरंग प्रदायभार में डाटा की बहुलता होती है और इतने अधिक गति में प्रवाहित डाटा का अविरल रूप से अभिग्रहण और विश्लेषण किया जाना चाहिए ताकि उसकी अखण्डता एवं सत्यता को परखा जा सके। इस कारण से एक प्रभावकारी डाटा अर्जन एवं पुर्नप्राप्ति प्रणाली की आवश्यकता होती है जिसमें बर्हिगमन प्रणाली में ही उचित डाटा विश्लेषण सॉफ्टवेयर निहित हो। इसके अलावा प्रदायभार में प्रचालन की भिन्न-भिन्न विधियाँ होने के कारण परीक्षण के लिए बहुसंख्य जाँच-प्रकरण संभव है। इस परिदृश्य में एक स्वचालित नियतकारक बर्हिगमन प्रणाली के लिए मूल्यवान संयोजन बन जाता है। यह स्वामी नियतकारक विविध प्रोग्रामनीय पहलुओं का नियंत्रण करता है और सिलसिलेवार तरीके से एक समय-सीमा में विभिन्न जाँच प्रकरण को लोड करता है। इन जाँच प्रकरण के परिणामों को तदुपरांत समुचित तरीके से अभिलेखित किया जाता है।

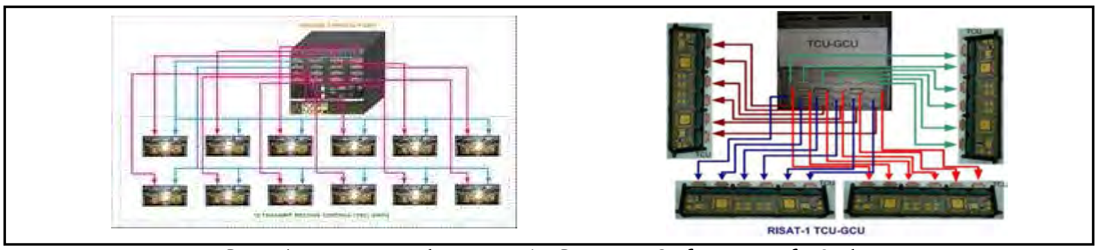
इन विविध प्रकार के सॉफ्टवेयर और हार्डवेयर की आवश्यकता के साथ सुबाह्यता और प्रबलता की जरुरत ने सघन परिधीय घटक सम्बन्धन बस आधारित बहिर्गमन प्रणाली की संरचना को प्रोत्साहित किया। एक cPCI प्रणाली, PCI बस आधारित प्रणाली का औद्योगिक संस्करण है। cPCI न्याधार (Chassis) में श्रेष्ठ प्रघात एवं कम्पन अभिलक्षण होता है और उत्तम यांत्रिक अखण्डता के लिए प्रबल पैकेज होता है।

बहिर्गमन इकाई के क्रियान्वयन की दो विधियाँ

सूक्ष्म-तरंग प्रदायभार के लिए cPCI आधारित बहिर्गमन इकाई के विकास में दो उपगमनों को अंगीकृत किया गया – एक रिसैट-1 के लिए और दूसरा स्कैटरोमीटर और मेघाट्रॉपिक्स के लिए

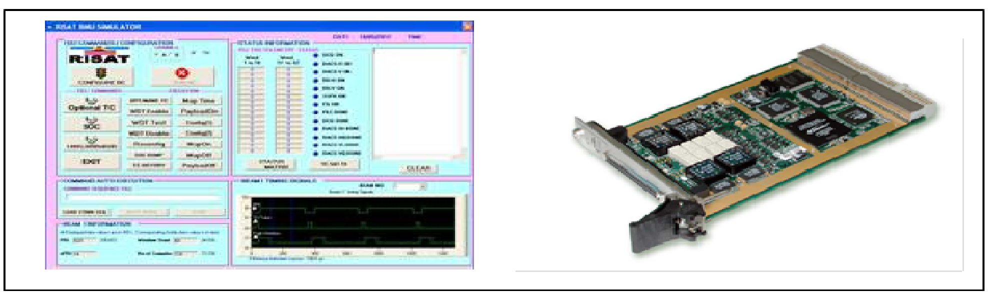
उपगमन	विवरण	परियोजना/उपतंत्र
विस्तीर्ण परीक्षण उपगमन	औद्योगिक साझेदारों के द्वारा जाँचपरक युक्ति की जाँच और बहिर्गमन इकाई के लिए हार्डवेयर का विकास। सॉफ्टवेयर का विकास सैक द्वारा।	रिसैट – 1: 424 डिजिटल उपतंत्र
सुगमता से उपलब्ध बिक्री योग्य कार्ड आधारित (COTS- Commercial Off The Shelf)	उद्योग से प्राप्त हार्डवेयर घटक सॉफ्टवेयर का विकास और उडान मॉडल की जाँच सैक द्वारा।	स्कैटरोमीटर, मेघाट्रॉपिक्सः 6 डिजिटल उपतंत्र

विस्तीर्ण परीक्षण के लिए अंगीकृत उपगमनः- बहुलता में जाँच करने के लिए भू-बहिर्गमन इकाई में प्रयुक्त हार्डवेयर जैसे cPCI न्याधार (Chassis) बॉर्ड एवं केबल का विकास औद्योगिक साझेदारों द्वारा किया गया। भू-बहिर्गमन इकाई के लिए सॉफ्टवेयर का विकास सैक द्वारा किया गया। तदुपरांत 400 TRC और 24 TCU के जाँच का कार्य औद्योगिक साझेदारों द्वारा किया गया।

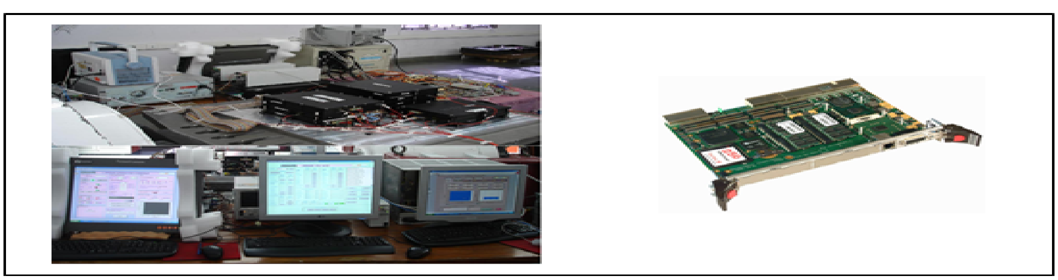


चित्र सं. 3: TRC और TCU के लिए भू-बहिर्गमन इकाई (रिसैट-1)।

सुगमता से उपलब्ध बिक्री योग्य कार्ड (COTS) आधारित उपगमनः- मनोनयित औद्योगिक साझेदारों से जरुरी हार्डवेयर जैसे cPCI न्याधार (Chassis), एकल पटल संगणक (SBC) कार्ड, संयोज्य cPCI FPGA बोर्ड और दूसरे वस्तु जैसे केबल आदि लिया गया। अनुप्रयोग सॉफ्टवेयर जिसमें प्रेरित संकेत का जनन, डाटा अभिग्रहण, डाटा विश्लेषण आदि सम्मिलित है के विकास का दायित्व सैक का था।



चित्र सं. 4: COTS cPCI कार्ड का उपयोग करके दूरादेश एवं दूरमापी अनुरुपक के लिए अनुप्रयोग सॉफ्टवेयर।



चित्र सं. 5: मेसर्स ट्राईडेन्ट इन्फोसोल के एकल – पटल संगणक COTS कार्ड और cPCI न्याधार (Chassis) का उपयोग करके जाँच करने की वास्तविक जाँच व्यवस्था।

उपतंत्र का विस्तृत परीक्षण, अभिलक्षणता एवं जाँच व मूल्यांकन एक जटिल कार्य है। जिसमें विभिन्न कार्य जैसे उपयुक्त ON/OFF क्रम से भिन्न यंत्रो के साथ उपतंत्रो को नियंत्रित करना, नियंत्रण एवं समय संकेत का जनन करना, डाटा अभिग्रहण एवं उसका विश्लेषण करना इत्यादि शामिल है। COTS आधारित कार्ड के इस्तेमाल से स्वचालित रुप से वास्तविक विस्तरित अवस्था की पूरे श्रृंखला की प्रासंगिकता का एक सिरे से पुष्टिकरण हो सकता है। चित्र संख्या 5 में भू-बहिर्गमन इकाई दर्शाया गया है, जिसमें दो स्वतंत्र P4 आधारित एकल – पटल संगणक जो दो 7U cPCI न्याधार (Chassis) जिसमें सुगमता से उपलब्ध बिक्री योग्य(COTS) कार्ड मॉड्युल में बैठा है और साथ में 2U आकार गुणक आधारित संगणक है।

उपसंहार

विभिन्न सूक्ष्मतरंग प्रदायभारों के लिए भू-बहिर्गमन इकाईयों का सफलतापूर्वक कार्यान्वयन भारतीय उद्योगों की सहायता से किया गया और इनका प्रदायभारों के परीक्षण एवं योग्यता निर्धारण में विस्तृत उपयोग किया गया। इन भू-बर्हिगमन इकाईयों को सैक और MRSA के विभिन्न प्रयोगशालों के साथ-साथ इसरो के दूसरे कार्यस्थलों में प्रदायभार के एकीकरण के विभिन्न अवस्थाओं में ले जाया गया। जैसा कि इस पत्र में वर्णन किया गया है कि भारतीय उद्योगों का इन भू-बर्हिगमन इकाईयों के हार्डवेयर विकास में महत्वपूर्ण योगदान रहा है। इन भारतीय उद्योगों के सहयोग के बगैर विकास और जाँच का यह विस्तीर्ण कार्य काफी समय खपत और विस्तृत कार्य वाला होता। विभिन्न स्वदेशी भारतीय उद्योगों में विकसित भू-बर्हिगमन इकाईयों को प्रचुर मात्रा में प्रयोगशाला में विभिन्न जाँच व्यवस्था में प्रयोग में लाया गया, जिसमें DMSAR, रिसैट-1 ओसनसैट-2/स्कैट्रोमीटर और मेघा ट्रॉपिक्स सूक्ष्म-तरंग प्रदायभारों के विभिन्न डिजिटल उपतंत्रों जैसे DCG,DACS, PLC, TCU एवं TRC की जाँच एवं मूल्यांकन शामिल है। सूक्ष्म-तरंग प्रदायभारों की जाँच क्रियाविधि में अधिकतर भारतीय उद्योगों के नए होने के कारण उन्हें MSDG/MRSA के योजना दल से प्रारंभिक समर्थन एवं मार्गदर्शन की आवश्यकता थी। भविष्य में विकसित होने वाले सूक्ष्म-तरंग प्रदायभारों की जाँच के लिए भी ये भू-बर्हिगमन इकाइयाँ और सम्बन्धित हार्डवेयर अवयव पुर्नविन्यासित हैं।

संदर्भ

1. “Checkout : A changing technology” - Robert W. Mikie associate member, IEEE.
2. “Software design techniques for automatic checkout” - Dorothea H. Jirauch.
3. “The use of product line based checkout system for payload processing” - Phillip T Meade, NASA, Kennedy Space centre, Florida.
4. “Failure Modes & effects analysis for software Reliability” - Dony Nguyen Themson.CSF Sextant in-flight system Irvine.

।। समाप्त ।।

सी बेंड प्रेषी / ग्राही मॉड्यूलों (T/R Modules) का विकास एवं भारतीय उद्योगों का योगदान

पूनम प्रदीप कुमार , निधि सिंह, सी .ए. वी. एन. राव, एम.एस.आर.डी.
punam_tyagi@sac.isro.gov.in, cvnrao@sac.isro.gov.in,

सारांश

प्रेषी/ग्राही मॉड्यूल (T/R Module) संश्लेषि द्वारक रडार (SAR) के प्रमुख अवयव है। प्रस्तुत लेख में सी बेंड प्रेषी/ग्राही मॉड्यूलों, जिन्हें आर. आए.सैट. -1 (RISAT-1) परियोजना के अंतर्गत विकसित किया गया हैं, के मूल डिजाईन अपेक्षाओं (requirements) एवं उसके अभिविन्यास (configuration) का वर्णन है। इसके साथ- साथ अंतरिक्ष उपयोग के लिये सक्षम, 7०० प्रेषी/ग्राही मॉड्यूलों के विकास में निजी एवं सरकारी भारतीय उद्योगों का जो योगदान हैं, उसका उल्लेख भी प्रस्तुत लेख में किया गया है।

प्रस्तावना

आर.आए.सैट.-1 (RISAT-1) एक नवीन श्रेणी का माइक्रोवेव सुदूर संवेदन उपग्रह हैं, जो की अब तक इसरो में विकसित एवं स्थापित भारतीय सुदूर संवेदन (IRS) वर्ग के उपग्रहों से अलग है [1].आर.आए.सैट.-1 उपग्रह का इसरो के श्रीहरिकोटा केंद्र से 26 अप्रैल 2012 को अंतरिक्ष में प्रमोचन किया गया है।इसमें केवल एक सी बेंड संश्लेषी द्वारक रडार (SAR) हैं जो विभिन्न प्रणाली से कार्य करने में सक्षम हँ. इस सक्षमता के कारण यह विविध विभेदन एवं प्रमार्ज़ (resolution & swath) जरूरतो को पूरा करने में समर्थ है। इसके डेप्लोयब्ल एन्टीना, जिसका विस्तार 2 मीटर x 2 मीटर का हैं, के पृष्ठ भाग पर 576 प्रेषी/ग्राही मॉड्यूल हैं, जिसके द्वारा ऊर्ध्वाधर एवं समानांतर ध्रुवन (vertical & horizontal polarization) वाले संकेतों का संचरण व अभिग्रहण किया जाता है।

प्रेषी/ग्राही मॉड्यूल निम्नलिखित प्रकार से कार्य करते हैः-

- एन्टीना के वितरित ट्रान्समिटर व वितरित रिसिवर्स (distributed transmitters & Receivers) की तरह
- संचारित व अभिग्राहित RF संकेतों के पीछे शक्ति प्रवर्धक की तरह
- कला (phase) व आयाम (amplitude) के नियंत्रक की तरह
- संचरण व अभिग्रहण के पथ के नियंत्रक की तरह

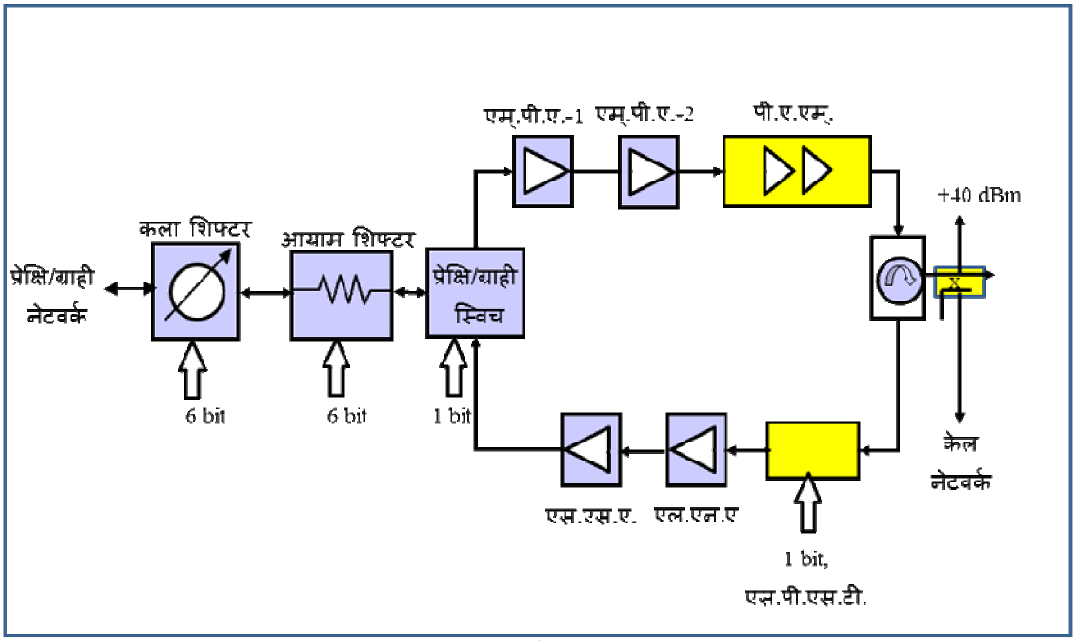
प्रेषी/ग्राही मॉड्यूल का विन्यास (T/R Module configuration)

प्रत्येक प्रेषी/ग्राही मॉड्यूल के सामान्य भाग में 6 बिट डिजीटल कला शिफ्टर व 6 बिट डिजीटल आयाम शिफ्टर के बाद एक कम शक्ति वाला प्रेषी/ग्राही स्विच हैं, जो संचारित या अभिग्राहित आर.एफ. संकेतों के प्रवाह को नियन्त्रित करने का कार्य करता है। प्रेषी श्रंखला में एक मध्यम शक्ति प्रवर्धक व एक उच्च शक्ति प्रवर्धक है जो संकेतों को क्रमशः अपेक्षित लब्धि (gain) व शक्ति (power) प्रदान करते है। अभिग्राही श्रंखला में एस.पी.एस.टी. (SPST) स्विच के बाद एक एल.एन.ए. (LNA) व एक एस.एस.ए. (SSA) हैं जो की अभिग्राहित आर.एफ. संकेतों के रव (noise) में बिना वृद्धि किये ही उनमे लब्धि प्रवर्द्धन करते है। प्रेषी/ग्राही मॉड्यूल के मुख्य विनिर्देश व रेखा चित्र क्रमशः तालिका-1 व चित्र-1 में दिखाए गए है।

तालिका-1: प्रेषी/ग्राही मॉड्यूल के मुख्य विनिर्देश

प्राचल	विनिर्देश
आवृति	5350 GHz
बेंड विस्तार	225 MHz
कला नियेंत्रण	6 बिट, 360 deg विस्तार/ 5.625 deg पद

आयाम नियेंत्रण	6 बिट, 31.5 dB विस्तार /0.5 dB पद
केल कपलर युग्मन (coupling)	20 dB
प्रेषी श्रंखला के गुण	
निवेश शक्ति	-10 dBm
निर्गत शक्ति (o/p peak power)	10 W
स्पंद विस्तार	20µs, 10% ड्यूटी
अभिग्राही श्रंखला के गुण	
नोइज़् फीगर	4 dB
लब्धि @ 0 dB क्षीणन (attenuation)	30 dB
एस.पी.एस.टी. वियोजन (isolation)	35 dB



चित्र-1: प्रेषी/ग्राही मॉड्यूल का रेखाचित्र

प्रेषी/ग्राही मॉड्यूल की अभिकल्पना एव् विकास विधि (Design & Development approach)

576 प्रेषी/ग्राही मॉड्यूलों को, एन्टीना के 2 मीटर x 6 मीटर वाले विस्तार पर, उनकी ऊर्जा प्रदाय (power supply) एव् नियन्त्रक (controller) प्रणालियों के साथ समायोजित करने के लिए ये बहुत जरूरी था कि उनके विस्तार व् भार में कमी की जाये.इसके अलावा सक्रीय एन्टीना की कार्यप्रणाली के लिए यह आवश्यक है कि सभी प्रेषी/ग्राही मॉड्यूलों के पैरामीटरो को नियंत्रन में रखा जाए, जिसको पूरा करने के लिए मॉड्यूलों के उत्पादन को चुस्त करना अतिआवश्यक था. इन सभी बातो को ध्यान में रखते हुए प्रेषी/ग्राही मॉड्यूलों के विभिन्न अवयवो को यथासम्भव एम्.एम्.आइसी. (MMIC) रूप में बनाने का निर्णय लिया गया, जो कि अपने बेहतर उत्पादन सहनशीलता (tight production tolerance) व् पुनरावृत्ति (repeatability) के लिए जाने जाते है।

उस समय अंतरिक्ष उपयोग के क्षेत्र में स्ववावलम्बिता की तरह कदम बढ़ाने के विचार से प्रेरित होते हुये इन सभी मॉड्यूलों को यथाशक्ति देश में स्थित गेलियम अर्सेनाइड फाउंड्री, गेटेक (Gallium Arsenide Foundry, GAETEC) में, सैक कि अभिकल्पना के अनुसार बनाने का निर्णय लिया गया। इसके अलावा जो

क्रांतिक (critical) अवयव गेटेक में बनाना संभव नहीं था उनके लिये विदेशी फाउंड्री में किराये पर कार्य कराने की भी व्यवस्था की गई [2,3]।

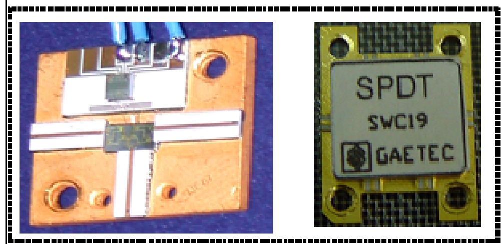
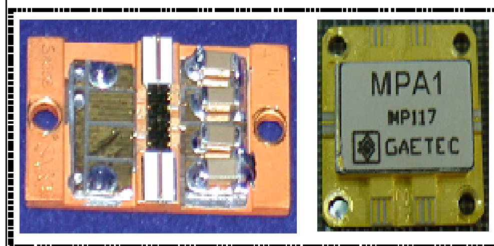
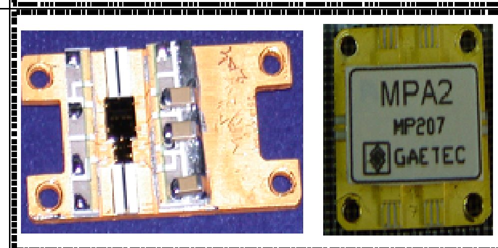
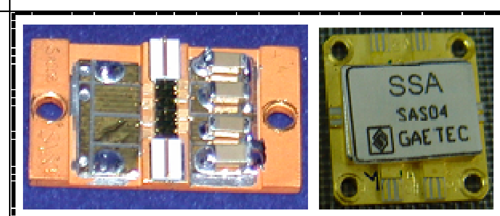
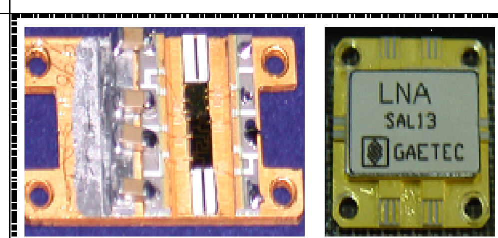
भारी मात्रा में मॉड्यूलों के उत्पादन में लगने वाले समय व् महनत को देखते हुए एवं परियोजना को निर्धारित समयावधि में समाप्त करने की जरूरत को ध्यान में रखते हुये इन सभी मॉड्यूलों के उत्पादन का कार्य भी उद्योगो में कराने का निर्णय लिया गया। मॉड्यूलों के अन्य ऍम. आई. सी अवयवो के उत्पादन के साथ-साथ, उनकी असेम्बली व् परीक्षण के लिए पहले अन्य भारतीय उद्योगों को अंतरिक्ष उत्पादन योग्य प्रक्षिक्षण देकर उनका उपयोग करने की योजना बनाई गई. प्रेषी/ग्राही मॉड्यूलों के ऍम. आई. सी अवयवो का उत्पादन मुख्यतः दो भारतीय उद्योगों – मेसर्स ए.ऍम.पी. एल, हैदराबाद, एवं मेसर्स बी.इ.एल. गाज़ियाबाद में हुआ जबकि मॉड्यूलों की असेम्बली व् परीक्षण का कार्य मेसर्स ए.ऍम.पी. एल, हैदराबाद में सम्पन हुआ. इसके अलावा दो स्वचालित परीक्षण निकायों (Automated test system) का विकास मेसर्स एजिलेंट, भारत में किया गया।

प्रेषी/ग्राही मॉड्यूलों के ऍम.ऍम.आई.सी.अवयवो की विकास विधि

एक प्रेषी/ग्राही मॉड्यूल में 7 विभिन्न ऍम.ऍम.आई.सी. अवयव लगते है। लगभग 5000 ऍम.ऍम.आई.सी अवयवो (700 मॉड्यूलों के लिए) का विकास एव् उत्पादन मेसर्स गेटेक, हैदराबाद में एक अनुबंध के अंतर्गत किया गया। इसके अंतर्गत प्रथम गेटेक के जी-7 (G-7) प्रक्रम (process) को अंतरिक्ष उपयोग के लिये सक्षम बनाने का कार्य सैक के द्वारा किया गया व् उन्हें सन 2005 में योग्यता प्रमाणपत्र जारी किया गया [4]. इसमें रचित एफ.एम्. वेफर का पहले वेट (WAT) परीक्षण होता है, फिर वेफर पास होने के पश्चात एफ.एम्. ऍम.ऍम.आई.सी.का लैट (LAT) टैस्ट व् एफ. एम्. टेस्ट के अनुसार उत्पादन का कार्य शुरू होता है। इन ऍम.ऍम.आई.सी को लगाने के लिए दो प्रकार के कोवार पैकेजो का चयन किया गया जिनका आधार Cu-W का होने के कारण ऊष्मा को तेजी से बाहर निकलने में सक्षम है। इन सभी पैकेजो को वायुरोधी बनाने की विधि से बन्द किया गया (Hermetic sealing). इस प्रकार विकसित की गई 7 प्रकार की ऍम.ऍम.आई.सी का विवरण तालिका-2 में दिया गया है।

तालिका-2: प्रेषी/ग्राही मॉड्यूलों की 7 प्रकार की ऍम.ऍम.आई.सी के विनिर्देश

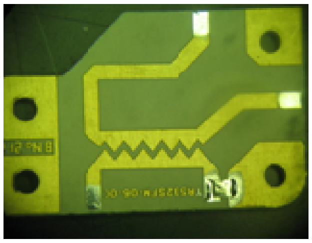
	विनिर्देश	डी.वी.एम्. -खुला वाहक एफ. एम्.पैकेज
1	**6 बिट डिजीटल आयाम शिफ्टर (DA)** • यूं.एम्.एस. फाउंड्री **PPH25 -0.25um PHEMT** पर आधारित • **31.5 d.B** विस्तार **/0.5 dB** पद • वैट नमूने **:25** • लैट नमूने **: 35** • **A1103** क्योसेरा निर्मित पैकेज	
2	**6 बिट डिजीटल कला शिफ्टर (DPS)** • यूं.एम्.एस. फाउंड्री **PPH25 -0.25um PHEMT** पर आधारित • **360** अंश विस्तार/**5.625** अंश पद • वैट नमूने : **19** • लैट नमूने : **41** • **A1103** क्योसेरा निर्मित पैकेज	

3	**एस.पी.डी.टी. स्विच** • गेटेक G7S पर आधारित • वैट नमूने : 51 • लैट नमूने : 30 • A0051 क्योसेरा निर्मित पैकेज	
4	**मध्यम शक्ति प्रवर्धक -1** • गेटेक G7A पर आधारित • लब्धि : 32 dB , P1dB : 15 dBm • वैट नमूने : 44 • लैट नमूने : 26 • क्योसेरा निर्मित पैकेज	
5	**मध्यम शक्ति प्रवर्धक -2** • गेटेक G7A पर आधारित • लब्धि : 15 dB , P1dB :25 dBm • वैट नमूने : 61 • लैट नमूने : 24 • A0051 क्योसेरा निर्मित पैकेज	
6	**स्माल सिग्नल प्रवर्धक** • गेटेक G7A पर आधारित • लब्धि : 25 dB , N.F. :4 dB • वैट नमूने : 54 • लैट नमूने : 19 • A0051 क्योसेरा निर्मित पैकेज	
7	**लो नोइज़ सिग्नल प्रवर्धक** • गेटेक G7A पर आधारित • लब्धि : 25 dB , N.F. :2.6 dB • वैट नमूने : 54 • लैट नमूने :: 19 • A0051 क्योसेरा निर्मित पैकेज	

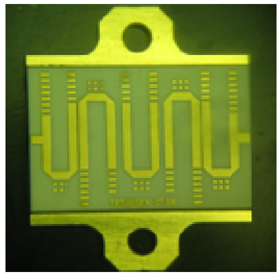
प्रेषी/ग्राही मॉड्यूलों के एम्.आई.सी. अवयवो की विकास विधि

उच्च शक्ति, निम्न हानि वाला अवशोशी एस.पी.एस.टी.स्विच, 100V ब्रेकडाउन वोल्टेज वाले पिन डायोड चिप से व ड्राईवर परिपथ को 2N2222 ट्रांसिस्टर से बनाया गया है। केलीब्रशन कपलर को डूरोइड अवस्तर (substrate) व बेंड पारक फिल्टर को अल्मुना (alumina) अवस्तर पर एम्. आइ. सी. परिपाटी से बनाया गया है। ये तीनों परिपथों (701 संख्या हर एक की) के उत्पादन का कार्य मेसर्स ए.ऍम.पी.एल, हैदराबाद में किया गया है।इनके उत्पादन से पहले मेसर्स ए.ऍम.पी.एल की एम्. आइ. सी. असेम्बली लाइन को

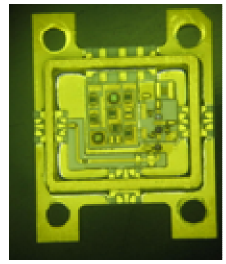
इसरो पैक्स- 305 (ISRO PAX 305) के अनुरूप व जरूरी फेज (Phase) -1,2,3,4,5 गुणवत्ता टेस्ट के अनुसार योग्यता प्रमाणपत्र भी सैक के द्वारा प्रदान किया गया।

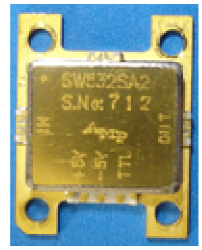


20 dB कपलर



बेंड पारक फिल्टर



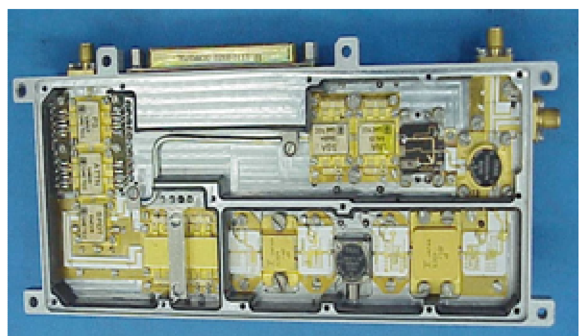


अवशोशी एस.पी.एस.टी. स्विच
(ढक्कन खुला व बन्द चित्र)

10 वाट के उच्चतम शक्ति वाले प्रवधक को दो चरणों की मेसफेट (MESFET) युक्तियों (FLM5359-4F FLM5359-18F) के समागम से बनाया गया हैं [5]. इसके उत्पादन का कार्य मेसर्स ए.ऍम.पी.एल, हैदराबाद (680 संख्या) व मेसर्स बेल ,गाज़ियाबाद (200 संख्या) में किया गया है।

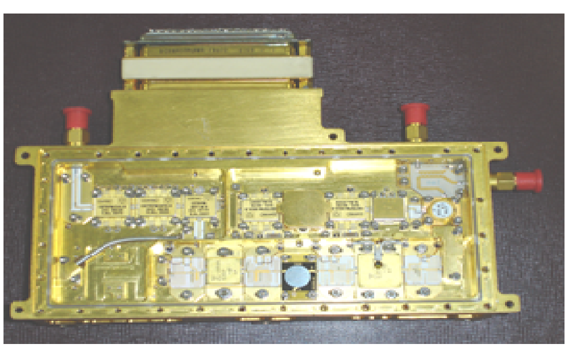
प्रेषी/ग्राही मॉड्यूलों की असेम्बली व समाकलन

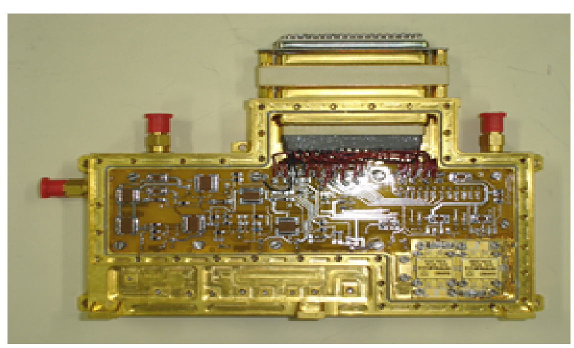
प्रेषी/ग्राही मॉड्यूलों में लगने वाले सभी एम्. आइ. सी. व ऍम.ऍम.आई.सी अवयवों के सफलतापूर्वक परीक्षण के पश्चात उनका अल्मुनियम पैकेज में असेम्बली व समाकलन का कार्य मेसर्स ए.ऍम.पी.एल, हैदराबाद (700 संख्या) में किया गया है। डी.वी.एम्. प्रेषी/ग्राही मॉड्यूल को चित्र-3 में दर्शाया गया हैः-



चित्र -3 : डी.वी.एम्. -प्रेषी/ग्राही मोड्यूल

डी.वी.एम्. प्रेषी/ग्राही मॉड्यूल में परीक्षण के दोरान पाया गया कि साधारण डी. कनेक्टर (D-connector), जिसका उपयोग केवल डी.सी. व कंट्रोल सिग्नल को मॉड्यूल में पहुचाने के लिए था, बाहर की विद्युत चुम्बकीय विकिरणों को भी मॉड्यूल में अंदर लाने का कारण है। अतः एफ.एम्. में प्रथम बार फिल्टर डी. कनेक्टर का प्रयोग अधिक आवृति कि तरंगों को रोकने के लिए किया गया और सभी मॉड्यूल कठिन इ.एम्.आई. (EMI/EMC) परीक्षणों में खरे उतरे. प्रेषी/ग्राही मॉड्यूल के पैकेज को स्वर्ण पैंट से सुसजित किया गया ताकि मॉड्यूल में लगने वाले आर.अफ, डी.सी. व कंट्रोल फीड थ्रू (36 संख्या) को सुचारू रूप से पैकेज में सोल्डर किया जा सके. ऐसे 700 एफ.एम्. मॉड्यूलों का उत्पादन सफलतापूर्वक किया गया। एफ.एम्. प्रेषी/ग्राही *मॉड्यूल को चित्र-4 में दर्शाया गया है।*





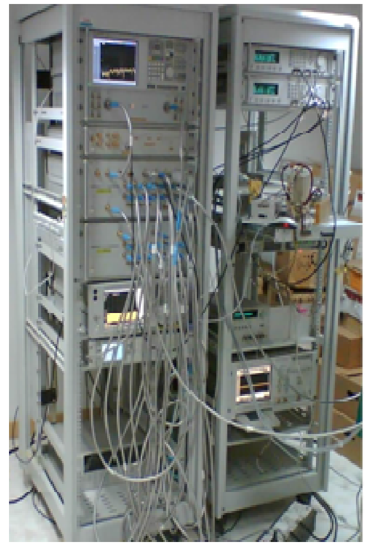
चित्र 4- एफ.एम. -प्रेषी/ग्राही मॉड्यूल

भार (ग्राम) = 420 **विस्तार (मिलीमीटर) = 173 x 90 x 30** **औसत उष्मा खपत (वाट) = 5.7**

प्रेषी/ग्राही मॉड्यूलों की परीक्षण व्यवस्था (Test setup)

प्रेषी/ग्राही मॉड्यूलों के व्यवहार को पूर्ण रूप से जानने के लिए प्रतेयक मॉड्यूल में लगभग 17 से अधिक पैरामीटरो का परीक्षण उसकी संचारी व् अभिग्राही दोनों श्रंखलाओं में करना अनिवार्य है। इसके साथ-साथ इन सभी पैरामीटरो को -10 to +60 deg C तापमान सीमा में, कला व् आयाम शिफ्टर के 128 पदों पर , 8 भिन्न-भिन्न तापमानों पर भी मापा जाता है। इस डाटा का परीक्षण बड़ी सूक्ष्मता व् सत्यता से लिया जाना अतिआवश्यक है, क्योंकि इसका उपयोग समय- समय पर अंतरिक्ष में उपस्थित वातावरण के बदलाव के कारण नीतभर के व्यावहार में जो परिवर्तन होते है, उनके संशोधन (correction) व् अंशांकन (calibration) के लिये किया जाता है।

उपर्युक्त कारणों को ध्यान में रखते हुए एक स्वचालित परीक्षण व्यवस्था (Automated Test System) का विकास किया गया जो की एक बार में 1 से लेकर 8 मॉड्यूलों तक के व्यवहार का परीक्षण करने में समर्थ है। इस सेटअप से सभी परिणामों का सारांश सवतः ही पुस्तक रूप में परिवर्तित होकर जमा हो जाता है। इसके द्वारा मॉड्यूलों के परीक्षण समय की काफी बचत हुई एवं परिणामों की विश्वनीयता में भी वृद्धि हुई. ऐसे दो सेटअप का विकास मेसर्स एजिलेंट, भारत के सहयोग से किया गया।



स्वचालित परीक्षण व्यवस्था
(Automated Test System)

उपसंहार

आर. आए.सैट. -1 (RISAT-1) परियोजना के लिए 700 सी बैंड प्रेषी/ग्राही मॉड्यूलों का सफलतापूर्वक अभिविन्यास व् विकास किया गया है। अंतरिक्ष में प्रक्षेपण के उपरांत आर.आए.सैट. -1 के सभी प्रेषी/ग्राही मॉड्यूल सुचारू रूप से कार्य कर रहे है। यह डिजाईन की वैधता को सिद् करता है। इन सभी मॉड्यूलों का उत्पादन का कार्य भारतीय उदयोगो, निजी व् सरकारी, के सहयोग से हुआ है जो की एक बड़ी उपलब्धि है।

आभार

लेखगगण श्री एस. एस. राना (भूतपूर्व उपनिदेशक / एम्.आर.एस.ए) एव् श्री तपन मिश्रा (उपनिदेशक / एम्.आर.एस.ए) को प्रेषी/ग्राही मॉड्यूलों के विकास में मार्गदर्शन के लिए हार्दिक धन्यवाद देते है। लेखगगण श्री एन.एम्. देसाई (समूहनिदेशक / एम्.एस.टी.जी.) को, जिनकी प्रेरणा से यह लेख संभव हो सका, उत्साहवर्धन के लिए आभारी है। लेखगगण अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र के अपने उन सभी सहयोगियों के आभारी है ज़िन्होने, परोक्ष या अपरोक्ष रूप से, प्रेषी/ग्राही मॉड्यूलों के विकास में सहायता देकर इसे सफल बनाया है।

संदर्भ

[1.],"SAR Payload of Radar Imaging Satellite (RISAT) of ISRO" तपन मिश्रा, एस. एस. राना, वी.एच.बोरा., एन.एम्. देसाई, सी.वी.एन.राव. एवं राजीवज्योती, EUSAR-2006

[2.]RISAT-1 SAR Payload Preliminary Design Review Document, SAC/RISAT/PDR/01, August 2004.

[3.]RISAT-1 SAR Payload Detailed Design Review Document, SAC/DDR/01/2009

[4.]Report on the Foundry Qualification of GAETEC Hyderabad for the Design & fabrication of MMICs, SAC/SRG/QCS/MMIC/QR10/302/2005

[5.] "प्रेषी/ग्राही मॉड्यूलों में प्रयोग के लिए स्पंद अरैखित शक्ति प्रवर्धक की अभिकल्पना एवं विकास" जोली धर,, एस.के.गर्ग., हिंदी तकनीकी सेमिनार -2008 सैक.

।। समाप्त ।।

अंतरिक्ष उपयोगों के लिए माइक्रो इलेक्ट्रॉनिक पैकेज का विकास

आर.आर भावसार / संदीप सोमाणी / अर्पिता उपाध्याय
संरचनात्मक और तापीय विश्लेषण विभाग
अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र-इसरो - अहमदाबाद
दूरभाष: 079-26913947/3932

सारांश :

माइक्रो इलेक्ट्रोनिक्स प्रणाळी मे अनेक प्रकार के माइक्रो इलेक्ट्रॉनिक घटक जैसे कि एस एम ए (SMA) संघचित्र (connector) बहु सूक्ष्म संघचित्र (multipin connector) सूक्ष्म तरंग एकीकृत परिपथ úÖê मुद्रित परिपथ बोर्ड (PCB) पर स्थापित किया जाता है। माइक्रो इलेक्ट्रॉनिक पेकेजों में सुक्ष्ममापी घटकों का प्रयोग किया जाता है। यह व्यापक रुप से अर्धचालक से बने होते है। ट्रांजिस्टर केपेसिटर, प्रतिरोधक (resistor) जैसे घटक पैकेज में स्थापित होते है। इन पैकेजो का महत्व यह है कि ये (ensure) करते है सही उष्माक्षय (heat dissipation), संरचनात्मक अभिन्नता (structural integrity), विध्धुतचुबंकिय व्यतिकरण परीक्षण (electromagnetic interference shielding) अभिगम्यता (accessibility) उत्तम रहे। पेकेज का चयन चिपशक्ति (power) माप (size) वैधुत निष्पादन पर भी निर्भर करता है।

इस पत्र मे विविध प्रकार के माइक्रो इलेक्ट्रॉनिक घटकों का विवरण दिया गया है। और IRNSS नीतभार के क्लोक डिस्ट्रिब्यूषण यूनिट का संरचनात्मक विश्लेषण के द्वारा प्रस्तुत किया गया है।

परिचय (Introduction):

माइक्रो इलेक्ट्रॉनिक घटक जैसे कि एस एम ए (SMA) संघचित्र (connector) बहु सूक्ष्म संघचित्र (multipin connector) सूक्ष्म तरंग एकीकृत परिपथ) को अनेक प्रकार से मुद्रित परिपथ बोर्ड (PCB) पर स्थापित किया जाता है। अधिक्तर इन इलेक्ट्रॉनिक घटकों को मुद्रित परिपथ बोर्ड पर गहन सोल्डर किया जाता है। चालक तार पर स्थापित दीर्घ घटकों की पोटिंग (potting) की जाती है या इन्हे लेसिंग के द्वारा सुद्रढतापूर्वक केरियर प्लेट पर कलैम्प किया जाता है। जैसे कि संघचित्र, मिक घटकों को केरियर प्लेट पर सेरस (glue) किया जाता है व केरियर प्लेट को पेकेज से बांधा जाता है।

माइक्रो इलेक्ट्रॉनिक घटकों के उत्तम निष्पादन (performance) व अनेक पर्यावरण अवस्था में अति जीवीता (survival) के लिए इन्हे इलेक्ट्रॉनिक पेकेजों में संवृत (enclose) किया जाता है। चालक तार गणना व तंत्र (system) की भार अपेक्षा (requirement) पर निर्भर करता है। स्थान व्यरोध होने के कारण माइक्रो इलेक्ट्रॉनिक घटकों की ज्यामिति (geometry) के अनुकुलित भिन्न संरचना की सहायता दी जाती है।

माइक्रो इलेक्ट्रॉनिक घटकों का भौतिक माप व आकार उन्हे संरचनात्मक घटक का प्रकार मानकर विश्लेषण करने की अनुमति देता है। इन इलेक्ट्रॉनिक पेकेजों का आकार कम जगह में अधिक्तम आयतन (volume) के उपयोग पर अभिकल्पित होता है। आयतन न घनत्व (density) के क्रांतिक (critical) होने का कारण इलेक्ट्रॉनिक पेकेजों की पेकेजिंग घनत्व अधिक होती है जिसकी परास (range) 0.03 से 0.04 $lb/inch^3$ होती है। (वातावरण को कठोरता पर निर्भर करते हुए) इलेक्ट्रॉनिक पेकेजों का वजन 10 से 80 lb के माध्यम होता है।

साइन कंपन परीक्षण द्वारा इन इलेक्ट्रॉनिक पेकेजों को जांचा जाता है व इन्हे अंतरिक्ष के लिए qualified किया जाता है। इलेक्ट्रॉनिक साहयक संरचना को इलेक्ट्रॉनिक घटकों के साथ गतिक अनुरुप (dynamically tuned) होना चाहिए। इससे संपाती (coincident) अनुनाद (resonance) का निवारण (prevention) होगा व द्रुत (rapid) श्रांतिज पात (fatigue failure) में कमी आयेगी। इलेक्ट्रॉनिक पेकेजों का अभिकल्प इस प्रकार होना चाहिए कि अतिरिक्त (sway) दिक्स्थान (space) की व्यवस्था हो ताकि इलेक्ट्रॉनिक

यंत्र आपस में न टकराये। आयतन की कमी के कारण (practical) है कि ज्यादा इलेक्ट्रॉनिक घटकों को उसी आयतन में एक बडे इलेक्ट्रॉनिक पेकेजों में पेक किया जाये व कठोर आरोप (hard mount) उपयोग किये जाये।

कंपन के दौरान मुद्रित परिपथ बोर्ड व माइक्रो इलेक्ट्रॉनिक घटकों के समतल (plane) की perpendicular अक्ष में विपेक्षक (deflection) उत्पन्न होते है। बोर्ड के आगे पीछे मुड़ने के कारण माइक्रो इलेक्ट्रॉनिक घटकों को मुद्रित परिपथ बोर्ड से जोडते हुए विद्युत तारो में बंकन प्रतिबल का विकास होता है। घोर कंपन वातावरण मे अधिकतम घटक विफल सोलडर जोड के भंजन (crack) सील की विभक्ति (splitting), व विद्युत चालक तार के तुटने से होता है।

इलेक्ट्रॉनिक घटकों में प्रतिबल व विकृति (strain) की जांच घटक की ज्यामिति परिपथ बोर्ड की प्राकृतिक आवृति त्वरण बलो को ध्यान में रखकर की जाती है।

इलेक्ट्रॉनिक घटकों का यादृच्छिक कंपन (random vibration) के वातावरण में उद्भासन के परिणामस्वरुप इलेक्ट्रॉनिक मॉड्यूल (स्थूल स्थर macro level) में प्रतिबल व विकृति विकसित होते है। अनेक इलेक्ट्रॉनिक घटकों जैसे कि सोलडर जोड़, विद्युत चालक तार परिवेश (surrounding) के मुकाबले लघु होने के साथ-साथ मात्रा में भी अधिक होते है। परिणामस्वरुप इनकी फाइनाइट एलीमेन्ट से गाणितीय मोडेलिंग करना कठिन व सम्मिश्रण (complex) है। इसलिए यह practical है कि इन सभी माइक्रो इलेक्ट्रॉनिक घटकों को एक स्थूल (Macro) मॉडल मानकर पूरे पेकेज का विश्लेषण करे। इसमें पेकेज का सरल प्रस्तुतीकरण (simple representation) किया जाता है। व पेकेज को यादृच्छिक कंपन (random vibration) वातावरण में subject किया जाता है। इस पेपर में इलेक्ट्रॉनिक पेकेज का संरचनात्मक विश्लेषण प्रस्तुत किया गया है।

विश्लेषण विधि एवं सॉफ्टवेयर :

संरचना विश्लेषण सीमित अवयव तकनीक द्वारा किया गया। इस तकनीक द्वारा जटिल संरचनाओं का विश्लेषण संख्यात्मक विधियों (numerical methods) द्वारा किया जाता है। सर्वप्रथम विश्लेषण की जाने वाली संरचना को एक निश्चित संख्या के अवयवों में विभक्त किया जाता है। इस प्रकार संपूर्ण संरचना का एक गणितीय प्रतिमान (Mathematical model) में उपलब्ध होता है। इस गणितीय प्रतिमान को विभिन्न प्रकार की भार स्थतियों और सीमा अवस्थाओं (boundary conditions) के साथ हल किया जाता है। इसके द्वारा हमें संरचना में विकृतियों और प्रतिबलों का मान प्राप्त होता है। कंप्यूटरों द्वारा हल निकालना आसान होता है। अत: सीमित अवयव विधि अत्यंत प्रभावी है। संरचना विश्लेषण के लिए हाईपरमेश सॉफ्टवेयर (Hypermesh)का उपयोग किया गया।

संरचना विश्लेषण द्वारा हम किसी संरचना में उसके कार्यकाल में लगने वाले बलों से उत्पन्न प्रतिबलों और विकृतियों की गणना करते हैं। इस गणना से हम यह पूर्वानुमान लगा सकते हैं कि निर्माण के बाद संरचना संतोषजनक रुप से कार्य कर सकेगी अथवा नहीं।

संरचनात्मक विश्लेषण (Structural Analysis) :

IRNSS क्लोक (clock) डिस्ट्रिब्यूशन (distribution) unit का संरचनात्मक विश्लेषण, परिमिति अवयव (फाईनाईट एलीमेन्ट) विधि से किया गया है। संरचनात्मक ड़िजाईन को वैधीकृत करने के लिए दो प्रकार के विश्लेषण किए गये हैः-

(1) स्थैतिक विश्लेषण (Static analysis)

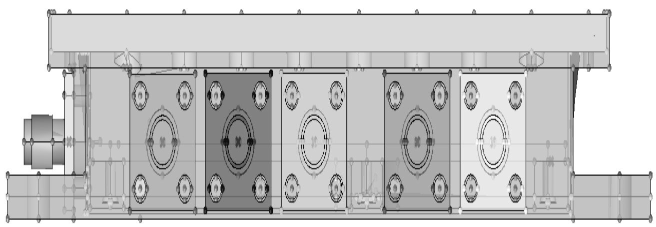
(2) प्राकृतिक आवृति निर्धारण विश्लेषण (Normal mode analysis)

पेकेज के चार आरोपण स्थानों (Mounting locations) पर निस्थापक परिसीमा शर्त (displacement boundary condition) लगाई गई है। इस परिस्थिति में 1 g loading condition के साथ स्थानिक विश्लेषण किया गया है। उत्पन्न प्रतिबल का अनुमान किया गया है, जो तालिका में प्रस्तुत किये गये है।

संरचना विश्लेषण का उदेश्य मुख्यत किसी संरचना में विभिन्न बलों के कारण उत्पन्न प्रतिबलों और विरुपण की गणना करना है। इस गणना से यह निष्कर्ष निकाला जाता है कि अभिकल्पित संरचना इन बलों को सहन कर सकती है अथवा नहीं। अभिकल्पन के विफल होने पर विश्लेषण द्वारा प्राप्त परिणामों के आधार पर नया अभिकल्पन तैयार किया जाता है।

संरचना का परिचय:

IRNSS clock distribution unit में 1 पैकेज बाक्स है, 1 मुद्रित परिपथ बोर्ड (PCB), 1 पैकेज कवर व ग्यारह (11) क्नेक्टर पिन है। पैकेज को चार स्थानों पर स्थापित किया गया है।



चित्र-1 : IRNSS नीतभार के क्लोक डिस्ट्रिब्यूषण यूनिट

मुख्य घटकों के यांत्रिक गुणधर्म इस प्रकार है। (नीचे तालिका-1 में दिखाया गया है।)

तालिका-1 : यांत्रिक गुणधर्म

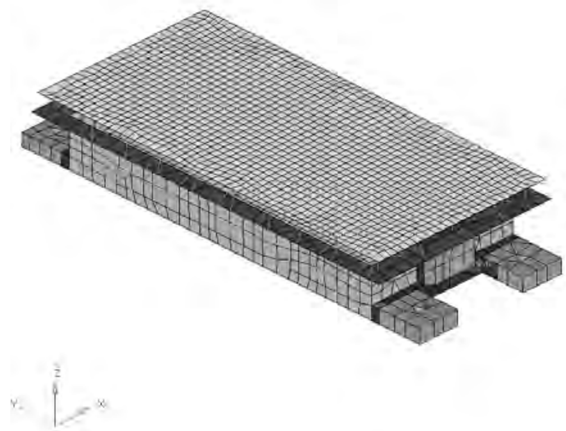
पदार्थ	मापांक (किग्रा / वर्ग मी.मी)	घनत्व
एल्यूमिनियम 6061-T6	7000	2700
गिलास इपाक्सि	1660	1960

मुख्य उप कोड़ातरणों का द्रव्यमान तालिका-2 में दिया गया है।

तालिका-2 : घटक द्रव्यमान

घटक	द्रव्यमान (कि. ग्रा)
पैकेज बाक्स	0.061
पैकेज कवर	0.024
मुद्रित परिपथ बोर्ड (PCB) व अन्य घटक	0.026
कनैक्टर व screw	0.049

Total Mass = 160 ग्रा



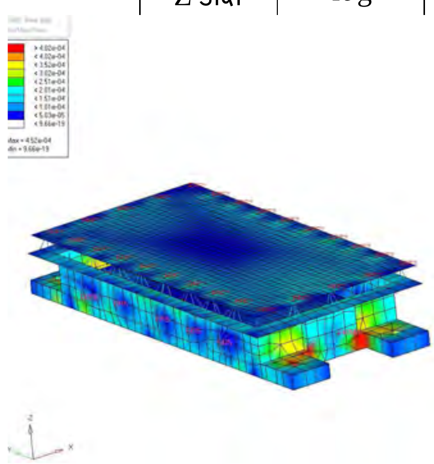
चित्र-2 : क्लोक डिस्ट्रिब्यूषण यूनिट - परिमिति अवयव निदर्श

स्थैतिक विश्लेषण (Static analysis):

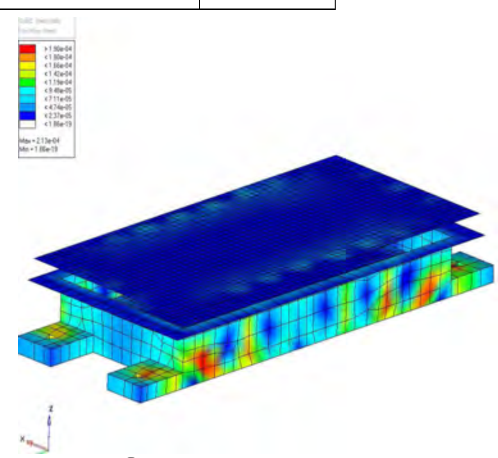
इस विश्लेषण में प्रत्येक अक्ष में जी त्वरण भार के लिए विश्लेषण किया गया है। प्रतिबल के परिणाम तालिका-3 में दिये गये है।

तालिका-3 : प्रतिबल

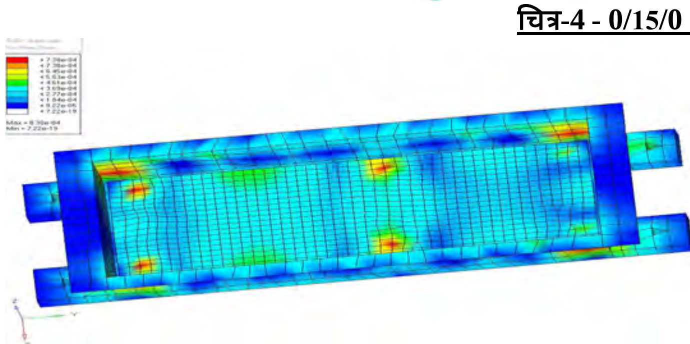
अक्ष	त्वरण जी	प्रतिबल (कि. ग्रा / मी. मी)	चित्र
X अक्ष	15g	0.042	चित्र-3
Y अक्ष	15g	0.02	चित्र-4
Z अक्ष	15g	0.08	चित्र-5



चित्र-3 - 15/0/0 g



चित्र-4 - 0/15/0 g



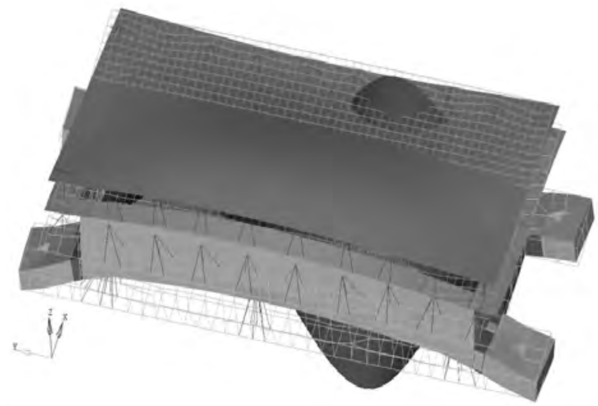
चित्र-5 - 0/0/15 g

<u>प्राकृतिक आवृति विश्लेषण (Natural frequency analysis)</u>:

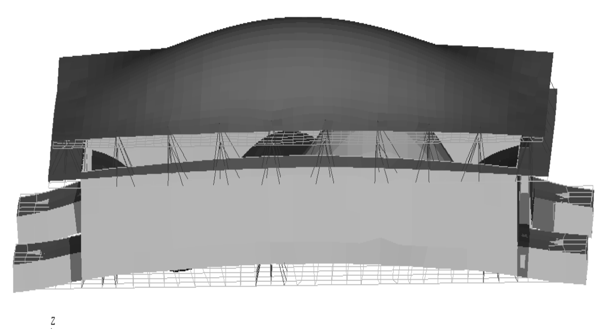
इस विश्लेषण में संरचना को प्राकृतिक अवयव का अनुमान लगाया जाता है। प्राकृतिक आवृति के परिणाम तालिका-4 में दिए गए है।

<u>तालिका-4 : प्राकृतिक आवृत्ति</u>

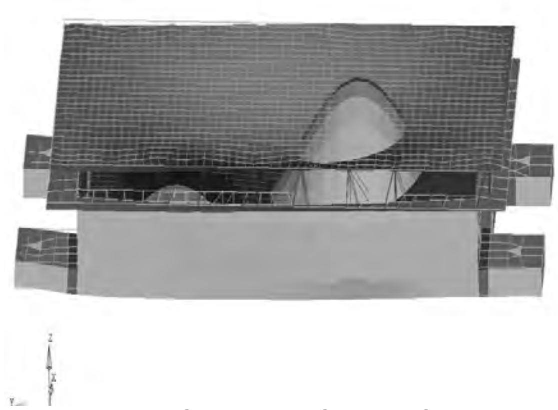
	प्राकृतिक आवृति (Hz.)	चित्र
प्रथम	1796	चित्र-6
द्वितीय	1853	चित्र-7
तृतीय	2251	चित्र-8



<u>चित्र-6 : प्राकृतिक आवृति 1796 Hz</u>



<u>चित्र-7 : प्राकृतिक आवृति 1853 Hz</u>



<u>चित्र-8 : प्राकृतिक आवृति 2251 Hz</u>

निष्कर्ष:

1. परिमिति अवयव विधि से दो प्रकार का विश्लेषण किया गया है।
2. संरचना की प्राकृतिक आवृति 1796 Hz है।
3. अधित्तम प्रतिबल X अक्ष में 0.042 कि. ग्रा मी. मी. है। पैकेज की अभिकल्पना सुरक्षित है व प्रथम प्राकृतिक आवृति 100 Hz से उपर है। इस clock distribution package के sine कंपन में विफल होने की कोई संभावना नही है। अथवा ये पैकेज इस्माल के लिए सुरक्षित है।

आभार :

हम, प्रबन्धक, एस.टी.ए.डी और ग्रुप प्रबन्धक एस. टी. ए. जी. एवं सहयोगियों के अत्यन्त आभारी है, जिन्होंने हमे यह लेख लिखने के लिए प्रेरित किया। हम, हिन्दी कक्ष के सभी सदस्यो के भी आभारी है, जिनकी मदद से यह लेख पूरा हो सका है।

संदर्भ :

1. सीमित अवयव प्रक्रियाएं, के.जे. बाथे, प्रेटिंस हाल इंडिया,नई दिल्ली 1997।
2. स्पंदन की बुनियादी बातें, एल.मीरोविच, मैक. ग्रा हिल,सिंगापुर, 2001।

।। समाप्त ।।

RISAT-1 रडार के अंकीय आधार-बैंड तंत्रों के अभिकल्प सत्यापन मॉडल (DVM) का उद्योग द्वारा विकास

रिंकु अग्रवाल, जयमिन तन्ना, राहुल धिंगानी, शालिनी गंगेले, आर.सैंथिल कुमार, जे.जी.वाछानी एवं निलेश एम.देसाई
एम.एस.डी.जी/एम.आर.एस.ए, सैक, इसरो, अहमदाबाद, फोन नं.- 5232, 5233
ई-मेल :rinku@sac.isro.gov.in, jaimintanna@sac.isro.gov.in

सारांश

सन् 2000 A.D में MSDG/MRSA ने अपने सूक्ष्मतरंग सुदूर संवेदन प्रोग्राम (MRSP) के तहत विविध वायु-वहित तथा अंतरिक्ष–वहित सूक्ष्मतरंगी संवेदक जैसे कि सार, स्केट्रोमीटर, रेडियोमीटर इत्यादि की अभिकल्पना तथा विकास का कार्य प्रारंभ किया था। सांश्लेषिक द्वारक रडार (SAR) एक सक्रिय प्रतिबिंबन रडार है, जिसका कृषि, आपदा प्रबंधन, समुद्रविज्ञान, भू-विज्ञान, मानचित्रकला इत्यादि के क्षेत्र में बहुसंख्यांक उपयोग है।

1999 में ओशियनसैट-1 (IRS-P4) का प्रमोचन किया गया था, जोकि समुद्रविज्ञान पर विशेष रूप से अध्ययन करने हेतु भेजा गया प्रथम उपग्रह था। इसमें भेजे जाने वाला सूक्ष्मतरंग संवेदक था बहु-आवृत्ति क्रमवीक्षण रेडियोमीटर (MSMR)। समुद्र पर किए गए इस अध्ययन को जारी रखने के हेतु से इसरो द्वारा 2008 में ओशियनसैट-II उपग्रह का प्रमोचन किया गया, जिनमे भेजे जाने वाले नीतभार में स्केट्रोमीटर शामिल था जिसका उपयोग समुद्र पर स्थानीय तथा भूमंडलीय पवन सदिशों का आकलन करने में किया जा रहा है। पिछले वर्ष 2011 में मेघाट्रॉपिक्स नामक इन्डो-फ्रांस संयुक्त अंतर्राष्ट्रीय उपग्रह का प्रमोचन किया गया जिसका प्रयोग उष्णकटिबंध (tropics) में जल चक्र तथा ऊर्जा विनमय के हेतु किया जाएगा। इसके उपरांत, इसी वर्ष 2012 में इसरो द्वारा रडार प्रतिबिंबन उपग्रह (RISAT-1) का सफलतम प्रमोचन किया गया जिसकी अभिकल्पना तथा विकास का कार्य 2000 में प्रारंभ किया गया था।

इन समस्त नीतभारों में अत्याधुनिक टेक्नोलॉजी तथा ADC’s, DAC’s, FPGA’s, ASIC’s जैसी युक्तियों का प्रयोग करके आधारबैंड अंकीय प्रणाली की अभिकल्पना की है जिसमें शामिल होने वाले उपतंत्र है अंकीय चर्प जनित्र (DCG), नीतभार नियंत्रक (PLC) तथा उच्च-परिशुद्धता (High Precision) आंकड़े अर्जक तंत्र (DACS)। ऐसे विभिन्न अंकीय आधारबैंड उपतंत्रों के विन्यास हेतु बहु अभिकल्पना विकल्पों को ध्यान में रखते हुए कुल विकास-वृद्धि तथा टर्न-अराउन्ड समय घटाने के लिए भिन्न DVM विकल्पों के विकास तथा संविरचना में अनेक स्वदेशी भारतीय उद्योगो को सम्मिलित करना अनिवार्य था।

ऐसे उच्च-गति, उच्च-शक्ति तथा उच्च-परिशुद्धता वाले सम्मिश्र अंकीय अभिकल्पनाओं के विकास में भारतीय उद्योगो का सक्रियसहयोग रहा जिनका साथ-सहकार अग्रिम टेक्नोलोजी की छानबीन तथा विकास-वृद्धि में रहा। चूंकि इस तरीके के सम्मिश्र नीतभार के विकास का यह पहला प्रयास था, अत: अंतरिक्ष श्रेणी के घटकों की उपलब्धि के आधार पर हमने बहु विकल्प विकसित किए। अत: उद्योग में विशेषज्ञ (expertise) तथा ढांचागत (infrastructure) की आवश्यकता थी, जिससे कि अंतिम परीक्षित उत्पाद को कम समय-फ्रेम में विकसित किया जा सके। भारतीय उद्योग ने DVM मॉडल विकास के इस कार्य में संपूर्ण हृदयभाव तथा प्रभावशाली रूप से भाग लिया तथा हमे FM मॉडल के विकास में आत्मविश्वास दिलाया। इन DVM मॉडलों को सी-बैंड DMSAR में उड़ाया गया, इसके निष्पादन (performance) का सत्यापन किया गया तथा तत्पश्चात् हम अंतिम उड़ान-मॉडल (FM) की प्राप्ति के लिए आगे बढ़े।

इस पत्र द्वारा विविध प्रोजेक्ट जैसेकि RISAT-1, ओशियनसैट-2, मेघाट्रापिक्स, तथा DMSAR में उपयुक्त सार, स्केट्रोमीटर, एसार, मद्रास जैसे सूक्ष्मतरंग नीतभारों के तहत विभिन्न अंकीय आधारबैंड तंत्रों

जैसेकि DCG, DACS तथा PLC के अनेक विकल्पों की अभिकल्पना तथा विकास में भिन्न भारतीय स्वदेशी उद्योगो के योगदान तथा इसमें उनकी भूमिका को प्रस्तुत किया गया है।

प्रस्तावना

सन् 2000 A.D से इसरो ने ग्लोबल भू-अवलोकन मिशन के तहत रडार प्रतिबिबिन उपग्रह (RISAT-1) की अभिकल्पना तथा विकास का कार्य प्रारंभ किया था। RISAT-1 सक्रिय एंटेना वाला सी-बैंड (5.35 GHz) उन्नत संश्लेषी द्वारक रडार (SAR) है, जिसका प्रमोचन PSLV-C19 द्वारा 26 अप्रैल 2012 को किया गया। RISAT-1SAR विभिन्न मोड जैसे कि स्ट्रीप-मैप तथा स्कैन-सार में कार्य करने में सक्षम है जिससे पृथ्वी के किसी भी 1200 कि.मी. क्षेत्र के भीतर 10-240 कि.मी का स्वाथ कवरेज प्रदान करता है, तथा इसका प्रतिबिंबन विभेदन 3 से 50 मीटर तक प्रोग्रामेबल है। उच्च गति घटकों के उत्पादन में टेक्नोलोजी अग्रिमता, उच्च-गति संचरण रेखा तथा उच्च-शक्ति घटकों वाले बहु-स्तर बोर्ड की संविरचना की तकनीकी क्षमता, इत्यादि के मामले में RISAT-1 एक आदर्श उदाहरण हैं। इससे सुदूर संवेदी मिशनों में आवश्यक उच्च गति आंकड़ो अर्जक तंत्र, अंकिय चर्प जनित्र तथा जटिल नीतभार नियंत्रक की अभिकल्पना तथा विकास की चुनौती को स्वीकार करने में हमें मदद मिली है।

इस तरह की चुनौती को कार्यान्वित करने में भारतीय उद्योग की मुख्य भूमिका रही है। हमने DVM स्तर पर उनको सम्मिलित करना प्रारंभ किया, तत्पश्चात् यह साथ अंतिम FM स्तर तक रहा। RISAT-1 के सक्रिय एंटेना पर आधारित सार का चयन वैज्ञानिक कार्यक्षेत्र में ली गई एक महत्वपूर्ण छलांग थी। तथा इसे कम समय-फ्रेम में स्थापित करना थी। इन सम्मिश्र आधार-बैंड अंकीय तंत्रों के लिए जरूरत थी FPGA तथा ASIC आधारित अभिकल्पनाएं तथा उच्च-गति अंकीकरण हार्डवेयर तथा सक्रिय एंटेना के वितरित नियंत्रण के विकास-वृद्धि की, जोकि आवश्यक विनिर्देशों को प्राप्त कर सके। विभिन्न विकल्पों का अनेक सॉफ्टवेयर डिजाइन फलनविधियों की मदद से भौतिक हार्डवेयर पर सत्यापन किया गया। चूंकि हम पहली बार अति-उच्च गति तथा उच्च-शक्ति अंकीकरण वाले बोर्ड की अभिकल्पना कर रहे थे, अत: इसे संपादित करने के लिए अत्यंत आवश्यक था, इन बोर्ड डिजाइन पर संकेत इन्टीग्रीटि(SI) विश्लेषण करना, तापीय विश्लेषण करना तथा EMI/EMC विश्लेषण करना। क्योंकि मार्केट में उद्योग उपलब्ध थे जोकि ऐसे DVM बोर्ड पर कार्य करते थे, इसलिए हमने इन उद्योगो के अनुभव का उपयोग हमारे बोर्ड के विकास में किया। DVM बोर्ड के अनेक विक्लपों के परीक्षण पश्चात् हमने FM डिजाइन का चयन किया। इसी हार्डवेयर को DMSAR में उड़ाया गया जिससे बोर्ड की कार्य क्षमता पर हमें आत्मविश्वास मिला। बादे में हमने एक और अंतरिक्ष मिशन, स्केट्रोमीटर पर इन उड़ान मॉडलों को उड़ाया गया बहुत ही कम समय-फ्रेम में।

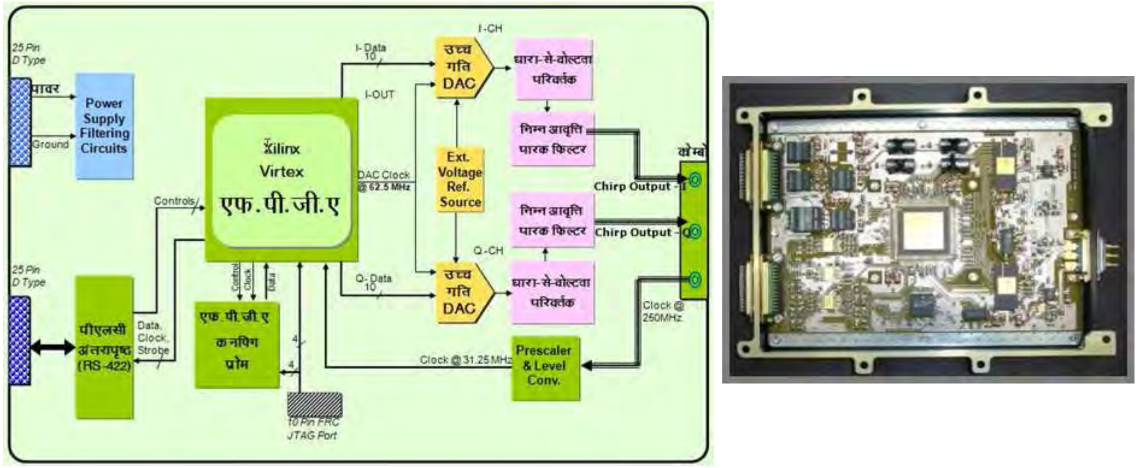
इन नीतभार हेतु आवश्यक मुख्य आधारबैंड अंकीय तंत्र है :

- अंकीय चर्प जनित्र (Digital Chirp Generator-DCG)
- आंकड़े अर्जक तथा संपीडन तंत्र (Data Acquisition and Compression Systems -DACS)
- पे-लॉड नियंत्रक (PayLoad Controller - PLC)
- उच्च-परिशुद्धता आंकडे अर्जक तंत्र (High-Precision Data Acquisition System – HPDAS)

अंकीय चर्प जनित्र (DCG)

LFM या चर्प संकेत का जनन एनालॉग या अंकीय टेकनीक से किया जा सकता है। परंतु एनालॉग पद्धति के कुछ प्रतिकुल (disadvantages) है जैसे कि सीमित बैंड-विस्तार, कमजोर यथार्थता (Accuracy), पर्यावरणीय प्रभाव के कारण निष्पादन निम्नीकरण, इत्यादि तथा इसमें अरैखिकता (Non Linearity) के लिए प्रतिपूरण की आवश्यकता पड़ती है। जबकि अंकीय उपगमन के लाभ है – प्रोग्रामेबिलीटी, नम्यता, बेहतर स्थायित्व(Stability), पुनरावर्ती (repeatability) तथा एनालॉग त्रुटी की प्रतिपूर्ति हेतु संकेत पूर्व-विरुपण (Pre-distortion)। सूक्ष्मतरंगी रडार में LFM तरंगाकृति जनन की अनिवार्य आवश्यकता को ध्यान में रखते

हुए तथा अंकीय उपगमन के उपर उल्लेखनिय लाभ के कारण FPGA पर आधारित प्रोग्रामनीय अंकीय चर्प जनित्र (DCG) की अभिकल्पना तथा विकास MSDG/MRSA में किया गया।



<u>**चित्र–1 चर्प जनित्र बॉर्ड खंड आलेख**</u>

DCG की अभिकल्पना तथा कार्यान्वयन की शुरुआत हार्डवेयर तथा सॉफ्टवेयर के अनेक विकल्पों से की गई, जिसमें Xilinx एवं Actelकी FPGA का प्रयोग किया गया। इन हार्डवेयर बॉर्ड पर अनेक फलन-विधियों का विन्यास करके उनका परीक्षण किया गया तथा Actel तथा Xilinx FGPA आधारित दोनों की बॉर्ड से प्राप्त चर्प संकेत का अभिलक्षणन किया गया। अंत में RISAT-1 DCG में प्रत्यक्ष अंकीय चर्प संश्लेषण (DDCS) फलनविधि का FPGA पर आरोपणकिया गया, जिसकापरीक्षण तथा अभिलक्षणन MSDG / MRSA ने किया। यह बॉर्ड एकल Xilinx Virtex XQVR600 FPGA तथा द्वि-उच्चगति अंकीय-से-एनालॉग परिवर्तक (AD9731) पर आधारित है। FPGA के कॉन्फिगरेशन डाटा के संचयन हेतु इसमें एक क्रमिक कॉन्फिगरेशन प्रोम भी FPGA के साथ संलग्न है। FPGAसे जनन किये गए I/Q चर्प डाटा को उपयुक्त धारा-से-वॉल्टता परिवर्तक संकारक प्रवर्धक (Op-amp) तथा पश्च-DAC फिल्टर से पार किया जाता है। इस बॉर्ड का अधिकतम 250 MHz RF आवृत्ति पर परीक्षण किया है, तथा मुख्य अंकीय लॉजिक 62.5 MHz पर कार्यरत है। एक और विकल्प जो DCG के लिये बनाया गया था वह Actel RT54SX325 FPGA पर आधारित था।

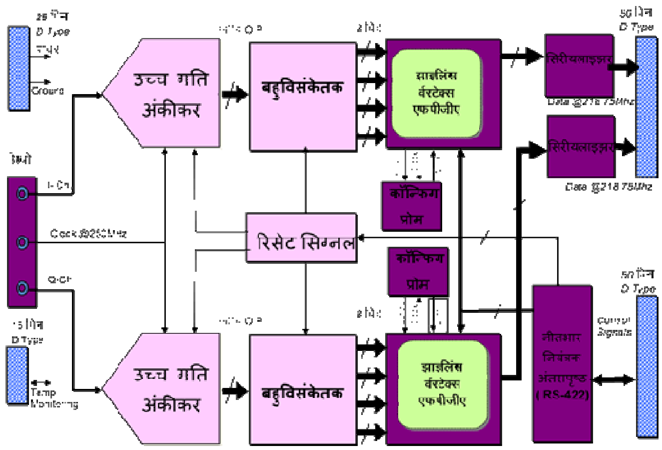
<u>**डाटाअर्जनएवंसंपीडनउपनिकाय (DACS)**</u>

एसार के उच्च गति वाले मिश्रित सिग्नल वाले परिपथ के अभिकल्प एवं अल्पविकास के अनुभवों को प्राप्त कर उससे भी ज्यादा सम्मिश्र, अति उच्च गति वाले डाटा अर्जन निकयों के अभिकल्प एवं अल्पविकास में उपयोग किया गया है। यह अभिकल्प RISAT अभियान मेंनीतभारो के अल्पविकास में उपयोग किया गया है। RISAT एक उच्च विभिदेन वाला अंतरिक्ष वाहित सार है। यह नीतभारोके मुख्या अभिकल्प को उच्च गति में अंकरूपण करना है। यह 250MHz पर कार्यरत है और इसका सिग्नल बैंड विस्तार 225MHz है। 8 बिट के विभेदन के साथ इसमें वास्तविक काल में संपीडन, ऑन लाइन परिवर्तित डाटा फारमेटन, एवं चैनलों के बीच तुल्यकालन बनाए रखना तथा BDH (ब्लॉक डाटा हेन्डलिंग) उपनिकाय से जरूरी अंतरापृष्ठ करना है।

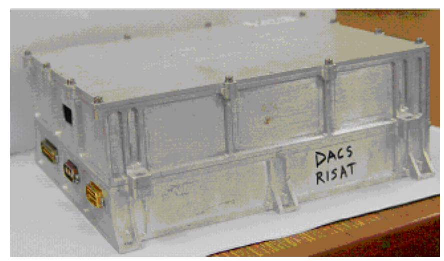
चित्र 3 में दर्शाए गए चित्र में अंकरूपक मॉड्यूल DACS को दर्शाया गया है। जिसमें विशाल-बैंड आधारित सिग्नल अनुकूलक एवं 8-बिट के उच्च गति वाले ECL ऐनालोग से अंकीय में रूपांतर करने वाला यंत्र ADC TS8388B का सामवेश है। यह ADC निवेश ऐनालोग सिग्नल को 8 बिट अंतरी निर्गमन में अंकीकरण करता है तथा ADC से प्राप्त ECL निगमनों को आगे TTL चैनलों में परिवर्तित करता है। यह परिवर्तन DEMUX(TS8110240), यंत्र के द्वारा संपन्न होता है , जोकि ADC का साथी उपकरण है। प्राप्त बहुविसंकेतक डाटा को आगे Xilinx FPGA XCV600 में निवेश किया जाता है तथा FPGA में BAQ (ब्लॉक

एडेबटीप कोन्टाईझेशन), डाटा का संपीडन, परिवर्तित दर पर डाटा का फारमेटन एवं 17 बिट के सामानंतर डाटा कड़ी से अंतरापृष्ठ किया जाता है। यह 17 बीट में 16 बिट डाटा एवं स्ट्रोब है जो BAQ कोडित एवं फारमेटन है। यह डाटा (I)एवं(Q) चैनलों का LVDS में रूपांतरित होके BDH को प्राप्त होता है। यह LVDS रूपांतर सिरीयलाइझर UT54LVDS217 के माध्यम से संपन्न होता है और ब्लॉक का दर 31.25 MHz पर BDH के साथ अंतरापृष्ठ होता है। RS-422 अंतरापृष्ठ वाले नीतभार नियंत्रक (PLC) से आवश्यक नियंत्रण एवं कालन सिग्नल प्राप्त होता है। चित्र-4 में DACS के अल्पविकासीय मॉड्यूल को दर्शाया गया है।

DACS का प्रथम निर्माण एकल चैनल में उसके घटकों के फलनों की जाँच के लिए हमने DMSAR (डिजास्टर मैनेजमेन्ट SAR) की उड़ान पर परीक्षण किया गया था। इस सफल परीक्षण के बाद हमने युगल चैनलों वाले DACS के कार्यान्वयन का चयन RISAT अभियान मे किया गया।



चित्र 3 : DACS अंक रूपक मॉडयल



चित्र 4 : DACS अंक रूपक

नीतभार नियंत्रक

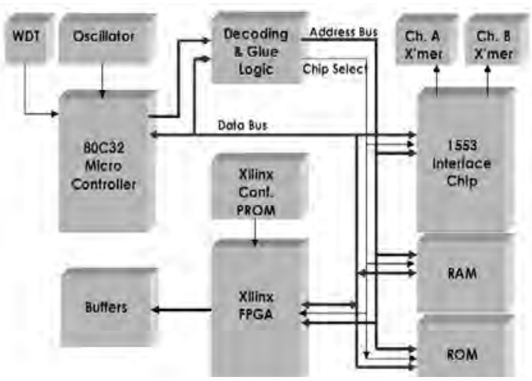
भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन के विभिन्न अंतरिक्ष-वाहित सूक्ष्मतरंग नीतभार के लिए“नीतभार नियंत्रक” एक आवश्यक अवयव है। नीतभार नियंत्रक रिसैट-1 सार नीतभार का एक अत्यंत आवश्यक अंग है। नीतभार निंयत्रक एक प्रमुख और केंद्रीय निंयत्रक उप प्रणाली है जो विभिन्न कालन और नियंत्रक सिग्न्ल दूसरी नीतभार उप प्रणाली के लिए उत्पन्न करता है।

“नीतभार नियंत्रक”, नीतभार के विभिन्न कार्य जैसे के, ऑन बोर्ड अंतरिक्ष यान कंप्यूटर के साथ अंतरापृष्ठ, दूरादेश का वीकोर्ड और अनुपालन और दूरमिति का संपूरण करता है। यह भू से भेजे गए नीतभार प्राचल को अभिग्राह करता है व रडार के विभिन्न उपतंत्रों के लिए अलग-अलग संचालन प्रकार के हिसाब से कालन और निंयत्रक सिग्नल उत्पन्न करता है। आवश्यक रूप से कहे तो, नीतभार नियंत्रक नीतभार प्रचालन हेतु मुख-द्वार का सर्जन करता है।

चित्र 5 में दिखाए गए आरेख के मुताबिक नीतभार नियंत्रक एक स्थापित तंत्र है, जिसकी रूपरेखा प्रमुख “बहुत विशाल परत एकीकरण” अवयव जैसे के 80C32 सूक्ष्म नियंत्रक, एफ.पी.जी.ए.(FPGA), सैन्य मापदंड-1553 अंतरापृष्ठीय चीप के आसपास तैयार हुइ है। ऑनबोर्ड प्रोम का माप 48 किलो बाइट और ऑन बोर्ड रेम का माप 32 किलो बाइट है। रीसैट-1 सार में उड़ाए गए नीतभार नियंत्रक की रूपरेखा बहु कार्ड, मदर बोर्ड – डोटर बोर्ड कल्पना के साथ की गयी है। यह एक केंद्रीय संसाधन इकाई कार्ड, तीन निवेश निर्गमन कार्ड, एक शक्ति प्रदाय कार्ड और यहडॉटर बोर्ड के बीच जरूरी अंतरापृष्ठ के लिए के मदर बोर्ड को अंतरविष्ट करता है। यह योजना प्रस्ताव के सही पैकेज सभा के लिए सुनिश्चित पी.सी.बी. मापऔर मेकेनिकल पैकेज माप जरूरी है। नीतभार नियंत्रक की प्रचालन कालद 24MHz की है और जब यह 8 अंकीय सूक्ष्म नियंत्रक के साथ जुड़ती है

तब 2MIPS की एक कारगर कार्यान्वित गति देती है। एफ.पी.जी.ए भी सक्ति मिलने पर बाहरी संरूप प्रोम के स्वचालित होती है और उसकी प्रचालन कालद भी 24MHz है। सैन्य मापदंड- 1553 चीप के उपयोग से नीतभार नियंत्रक, अंतरिक्ष यान के बस प्रंबध इकाई (BMU) के साथ जुड़ती है। नीतभार निंयत्रक का सैन्य मापदंड- 1553 के सुदूर टर्मिनल के रूप में संरूपण हुआ है और यह बस प्रबंध इकाई से दोहरे अतिरिक्त बस से जुड़ा हुआ है।

नीतभार निंयत्रक के कालन और नियंत्रक सिग्नल जो दूसरे उपतंत्र से अंतरापृष्ठीय है व विभेदी और एक भेदी है। नीतभार के लिए सारे कालन सिग्नल एफ.पी.जी.ए से उत्पन्न होते है और ये सब ऑन-ऑफ कालन के लिए प्रोग्रामनीय है। चित्र-6 नीतभार नियंत्रक का पूरा अभिकल्प सत्यापन नमूना दिखा रही है।



चित्र 5 : नीतभार नियंत्रक

चित्र 6 : नीतभार नियंत्रक पेकेज

उच्च परिशुद्धता वाले आंकड़े अर्जन निकाय (HPDAS)

एक अंकीय आंकड़े अर्जन मॉड्यूल जो 8032 माइक्रो नियंत्रक एवं MIL-STD-1553B अंतरापृष्ठ जो RT में संरूपण है उसका उपयोग किया गया है। यह क्रमिक डाटा को भिन्न FPGA से अंतरापृष्ठ से अर्जित उसे MIL-STD-1553B बस द्वारा स्थानांतर CCSDS फारमेट में निष्पादन किया जाता है। यहाँ पर अभिगमन क्रमिक कडियाँ है, हर एक कड़ी में तीन सिग्नलों का सामवेश किया गया है, जैसेकि ब्लॉक, डाटा तथा स्ट्रोब। क्रमिक कड़ी से प्राप्त डाटा क्रमिक शब्द फरामेट मे होता है तथा आगे FIFO (फस्ट इन फस्ट आउट) यंत्र द्वारा संचित किया जाता है। यह FIFO FPGA मे ही संरूपण है।

यह डाटा का पठन माइक्रो द्वारा किया जाता है तथा उसके तत्पश्चात् MIL-STD-1553B कड़ी से बस नियंत्रक में स्थानांतर किया जाता है। बाहय तत्व से प्राप्त डाटा को माइक्रों को AGC (स्वचालित लब्धि संशोधन) एवं स्वाचालिका ऑफसेट संशोधन की गणना आवर्ती करना है। यह गणना हर एक चैनल और नियंत्रण कार्ड के आदेशों को अभिग्राही करने में सक्षम है। यह अभिग्राही MIL-STD-1553B बस BC से द्वारा उसका अनुपालन किया गया है। यह निकाय दो विन्यासों में गठित है DAS≠01, तथा DAS≠02 (डाटा अर्जन निकाय≠01, 02)

अंकीय आंकड़े अर्जक निकाय- DAS≠01

यह एक मूल आदि परिवर्तक है जो बहु श्रेणीकर निवेशों तथा उनका MIL-STD-1553 बस में परिवर्तित है। उपरांत उसके अनुरूप डाटा का फारमेटन करना है। DAS≠01 की रचना का प्रस्ताव माइक्रो नियंत्रक, Xilinx FPGA UART एवं DPRAM के द्वारा किया गया है। माइक्रो नियंत्रक का अंतरापृष्ठ DDC61580 M12-1553B निंयत्रक एवं उसका संरूपण RT में किया गाय है। इस कार्ड के पैकेज में हर एक कार्ड को स्टिफानर के साथ जोड़ा गया है। इस कार्ड के हार्डवेर का अभिकल्प और उसके अनुरूप अनुप्रयोग सॉफ्टवेयरों का भी अल्पविकास किया गया है।

अंकीय आंकड़े अर्जक निकाय- DAS≠02

यह भी एक मूल आदि परिवर्तक है जो बहु श्रेणीकर निवेशों तथा उनका MIL-STD-1553 बस मे परिवर्तित है। उपरांत उसके अनुरूप डाटा का फारमेटन भी करना है। DAS≠02 की रचना का प्रसताव माइक्रो नियंत्रक, ACTEL FPGA UART के साथ किया गया है। माइक्रो नियंत्रक का अंतरापृष्ठ UTMC-UT69151, MIL -1553B नियंत्रक से RT मोड में संरूपण किया गया है। इस कार्ड के पैकेज में हर कार्ड को स्टिफानर के साथ जोड़ा गया है। इस कार्ड के हार्डवेर का अभिकल्प और उसके अनुरूप अनुप्रयोग सॉफ्टवेयरों का भी अल्पविकास किया गया है। विभिन्न SEU (सिग्नल इवेंट अपसेट) न्यूनीकरण तकनीकी जैसे कि TMR (ट्रिपल मॉड्यूल रिडन्डन्सी) एवं स्क्रबिंग का कार्य किया गया है। EDAC (त्रुटि संसूचन एवं संशोधन) का कार्यवाहन ब्राहय RAM माइक्रो के द्वारा किया गया है। यह एक SEU न्यूनीकरण तकनीक में से एक है।

चित्र 7:उच्च परिशुद्धता वाले आंकड़े अर्जन निकाय (HPDAS)

चित्र 8 : उच्च परिशुद्धता वाले आंकड़े अर्जन निकाय (**HPDAS**)पेकेज

उद्योग से सहभागिता

उद्योग से सैक की सहभागिता काफी प्रभावशाली रही। सैक उद्योग से उपनिकायों के अभिकल्पों तथा उसके विकास करने में और उनका (DVM) मॉड्यूल से (FM) मॉड्यूल मे स्थापन करने में मदद रूप हुए है। DVM जो एक अभिकल्प स्थापन मॉड्यूल है उसके हार्डवेयर को बनाया गया है और हमें उड़ान वाले मॉड्यूल के हार्डवेयर को भी बनानेमें मदद रूप हुए है। कुछ उद्योग जो हमारे साथ थे उनका वर्णन आगे किया गया है।

डाटा पेटटर्न्स (चेन्नई)

डाटा पेटटर्न्स ने (DVM) के अल्प विकास मे सहभागिता निभाई है। यह DVM मेघा ट्रॉपिक्स प्रक्षेपण मे डाटा अर्जक निकाय मे किया गया है। उन्होंने अभिकल्पों के विवरण से विश्लेषण, विवरण से परिपथ का अभिकल्प, निकृष्टतम केस पर त्रुटियों का विश्लेषण, श्रेणी में त्रुटियों का पयोग कर परेश तापमान पर विनिर्देशों का निष्पादन और उसमें सुधार लाना, गरम एवं ठंडे वातावरण का विश्लेषण, यांत्रिक अभिकल्प का विकास, PCBके अभिकल्प घटकों का उपार्जन, समुच्चय परीक्षण परिवेश तापमान पर, गरम एवं ठंडे तापमान पर सफलतापूर्वक किया गया था।

डाटा पेटटर्न्स ने दो एककों का विकास किया था। आवश्यकता के अनुसार यह एककों का फलन निष्पादन समान था पर, उनकेFPGA अलग ये ,एक Xilinx से दूसरा अंक्टेल (Actel)जैसे भिन्न विक्रेताओं से लेकर बाकी का अभिकल्प समान रखा गया था। 12-बिट के ADC का निष्पादन 11.8 बिट ENOB पाया गया था। तापमान की यथार्थता 0.5 डिग्री पर पायी गयी थी, संपदित धारा स्त्रोत का उपयोग किया गया जिसकेर्थमिस्टर का स्वयं तापन हो। यह घटकों का समान पदचिन्ह हैऔरएसे घटकों का चयन किया गया जिससे M/2 एवं RAD हार्ड में उद्योगी दर पर उपयोग कर सके DVM मॉड्यूल पर।

इस निकाय में नौ उच्च परिशुद्ध वाले एनालोग प्रवेश चैनलों का अर्जन किया गया है। उनका प्रक्रमण करना, संवेदकों के लिए निष्क्रिय सूक्ष्म तरंग विकरणमापी करना। इसके संकलन में ताप डाटा बहु थर्मिस्टर से प्राप्त किया जाता है। यह पांच मॉड्यूल में बहु चैनल वाले अंकीय मॉड्यूल, ताप डाटा अर्जक मॉड्यूल, अंकीय एकीकरण एवं नियंत्रक मॉड्यूल, शक्ति वातानुकूलन मॉड्यूल, मधर बोर्ड और हर एक मॉड्यूल के साथ चैसिस

और प्रवेश निवेश का समावेश किया गया है। MCDMकी बनावट मे भी उनका साथ रहा है जिसमें Xilinx FPGA का प्रयोग किया गया है और दूसरी MCDM मे Actel FPGA का प्रयोग किया गया है और बिना किसी रुकावट के उन्होंने DVM तथा चेकऑउट के अभिकल्पों को तैयार किया था।

चित्र 9: HPDAS **पेकेज**

भू चैकऑउट परीक्षण HPDAS के लिए

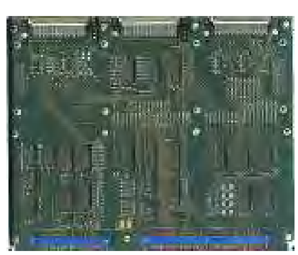
डाटा पेटटर्न्स ने भू चैकऑउट भू परीक्षण के उपयोग के लिए उसके अल्पविकास को पूर्ण करने मे भी मदद कि है। इस अल्पविकास की कुंजी है जो व्यापक उद्देशीI/Q अंतरापृष्ठ बोर्ड, DP-3510 कार्ड के द्वारा Xilinx XCV300 FPGA में प्रोग्राम किया गया था। इसके साथ अन्य यंत्र जो CPCI बोर्ड मानय है और CPCI चैसिस है उनका प्रयोग डाटा पेटटर्न्स से किया था।

RISAT एवं SCATTEROMETER के लिए CMC हैदराबाद

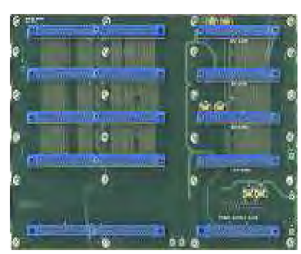
सी.एम.सी ने सैक के साथ में शुरू से सहभागिता निभाई है जैसेकि हार्डवेयर की आवश्यकताओं का हिमीकरण, अभिकल्प की विधिवत तथा BOM (बिल ऑफ मटिरियल्स) को सौपना, घटकों का उपार्जन करना, PCB का अभिविन्यास एवं अभिकल्प, PCB संविचरन करने से पहले जो विश्लेषण किया जाता है वह सब सम्मिलित है जैसेकि विश्लेषण रिपोर्ट का उत्पादन, सिग्नल पूर्णता एवं तापीय विश्लेषण। PCB गरर्बस को सौपना, चित्र आलेखन की फिल्मेंPCB संविचरन, FPGA की VHDL मे अभिकल्प मॉड्यबल तथा VHDL में जाँच निर्देश। अभिकल्पों अल्पविकास जांच सॉफ्टवेयर मॉड्यूल का जाँच , घटकों का आरोपण तथा स्वीकृति परीक्षण DVM बोर्ड पर सहम करने का काम किया गया था। पैकेज का अभिक्लप, संविचरन तथा उपयोगी सॉफ्टवेयर को DVM के अनुरूप करना यह सब सी.एम.सी द्वारा पूरण किया था। न्यूनीकरण तकनीकीयों का कार्यान्वयन जैसे कि TMR सक्रबिन्ग जो एकल घटना जैसे पलटो को संभाल ने में सक्षम है और विकिरण से पैदा हुए पलटो को सुधार ने में मदद रूप है।

इसके अलावा DVM पूरण पैकेज को सौंपना जैसेकि DCG विकल्प ≠ 1, DCG विकल्प≠ 2, PLC, DACS एकल, DACS युगल। पैकेजो विक्रेता के यहाँ पर इन पैकेजों का परीक्षण तथा एकीकरण भी किया गया था। और इन सारे विश्लेषण को लेखिक रूप में भी दिया गया था। प्रयोगककर्ता के लिए मेनुपल भी उनके उत्पाद है। चित्र में दिखाए गए सी .एम.सी द्वारा प्राप्त उत्पाद है।

नीतभार नियंत्रक- CPU **बोर्ड**



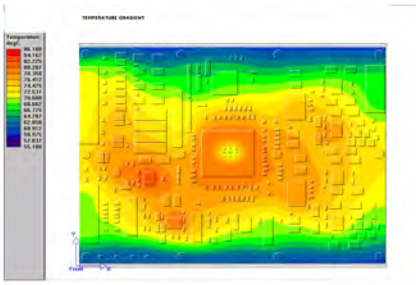
नीतभार नियंत्रक-I/O **बोर्ड**



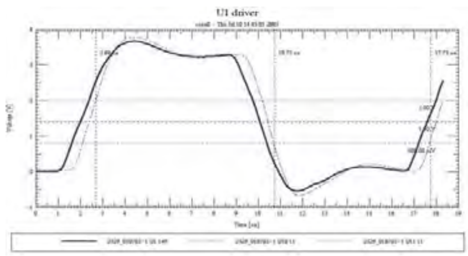
नीतभार नियंत्रक -मदर बोर्ड

अंकीय चर्प जनित्र Xilinx FPGA

अंकीय चर्प जनित्र Actel FPGA



DCG DVM तापीय विश्लेषण



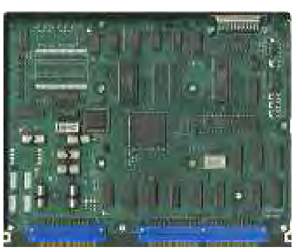
DCG DVM सिग्नल पूर्णता विश्लेषण

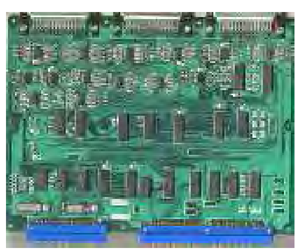
DACS DVM एकल चैनल बोर्ड DACS

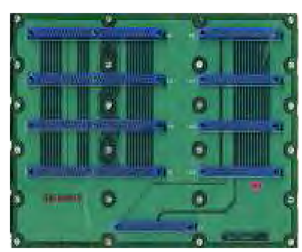
DVM युगल चैनल बोर्ड

<u>ऐम्बिमेट- अहमदाबाद</u>

अभिकल्प सत्यापन नमूनों के लिए विधिवत आरेख और अभिविन्यास, केंद्र के अंदर किया गयाऔरऐम्बिमेट पी.सी.बी. संविचरन, अंग खरीददारी और अंग आरोपण में सम्मिलित हुआ। ऐम्बिमेट ने नीतभार नियंत्रक के आठ अभिकल्प सत्यापन नमूने सफलतापूर्वक प्रदान किए।





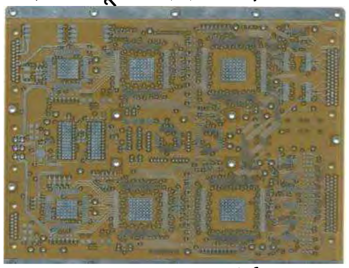


नीतभार नियंत्रक–DVM CPU बोर्ड नीतभार नियंत्रक–DVMI/O बोर्ड नीतभार नियंत्रक-DVMमदर बोर्ड

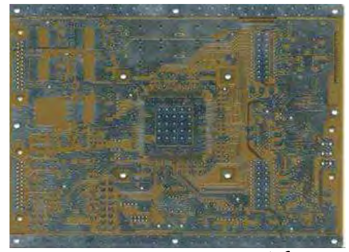
ECAD बेंगलुरू

उड़ान मॉड्यूल के लिए ईकेड से सैक ने सभाग्यता शुरू कि थी और इस सभाग्यता में नीतभारों नियंत्रक, विधिवत अभिकल्पों की रचना की थी। पीसीबी अभिविन्यास, सिग्नल पूर्णता, तापीय विश्लेषण तथा पीसीबी संविचरन करने में भार लिया था। और सारे ईकेड ने कार्यअच्छे से पूर्ण किए थे। इकेंड ने 6 एककों जो उड़ान

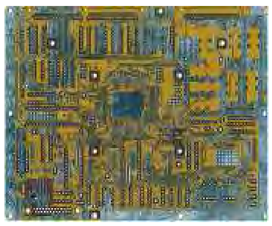
मॉड्यूल है उनके विकास में मदद कि थी। DACS एकक तथा युगल और DCG एवं PLC को बोर्ड का विश्लेषण पूर्ण कर सौंप दिया था जिसका निष्पादन RISAT तथा स्कैट्रोमीटर में कार्यरत हो रहा है।



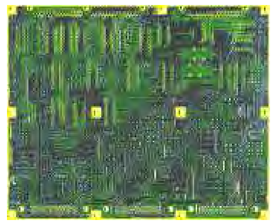
FM DACSबोर्ड



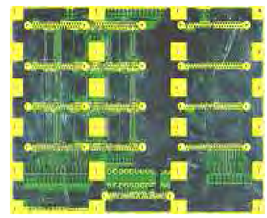
FM DCGFM DCG बोर्ड



नीतभार नियंत्रक–FM CPU बोर्ड



नीतभार नियंत्रक -FM I/O बोर्ड



नीतभार नियंत्रक-FMमदर बोर्ड

सी.एस.आई.एल.(CSIL) – अहमदाबाद

रीसैट-1 सार के नीतभार नियंत्रक के उड़ान नमूनों के लिए पी.सी.बी. संविचरन सी.एस.आई.एल. में किया गया और यह पी.सी.बी.काअंतरिक्ष उपयोग केंद्र के गुण प्रत्याभूति /गुण नियंत्रक दल द्वारा स्वीकार भी किया गया। सी.एस.आई.एल. अंतरिक्ष उपयोग केंद्र के गुण प्रत्याभूति दल के द्वारा उड़ान नूमनों की पी.सी.बी. संविचरन के लिए मान्यता प्राप्त है।

निष्कर्ष

सूक्ष्मतरंग संवेदन क्षेत्र के सारे नीतभार के सभीअंकीय आधारदल उप प्रणाली में उच्च कौशल्य अभिकल्पना, बारीक अंतराल वाले अवयवों, उच्च गति वाले अवयवों और उच्च शक्ति खपत वाले अवयवों का उपयोग किया गया है। भारतीय औद्योगिकी इकाईयों के सक्रिय सहयोग, उच्च तकनीकी ज्ञान और प्रबोध निपुणता के बिना हमारी योजनों की रूपरेखा बहुत कम समय में तैयार और पूर्ण करना कठीन था। अभिकल्प सत्यापन नमूनों का यह प्रस्ताव की जो गहन परीक्षण, व्यवहारिक सॉफ्टवेयर और उच्च गति पी.सी.बी. विन्यास तकनीक, उसका विश्लेषण तथा संविचरन के द्वारा प्रस्थापित गया वह काफी विश्वसनीय है।
यह बताते हुए हमे बहुत खुशी हो रही है के भारतीय औद्योगिकी इकाईयों ने हमारे अभिकल्प सत्यापन नमूनों की रूपरेखा के लिए बड़े ही प्रभावशाली तरीके से और पूरे दिल से काम किया।

आभार

इस लेख के लेखक, सूक्ष्मतरंग संवेदक सबंधी विकास गतिविधि तथा तकनीकी काम में हिंदी के इस्तेमाल की बढोतरी हेतु मार्गदर्शन और प्रोत्साहन के लिए श्री ए.एस.किरण कुमार (निदेशक, अंतरिक्ष उपयोग केंद्र), श्री तपन मिश्रा (उप निदेशक, सूक्ष्मतरंग सुदूर संवेदन क्षेत्र) और श्री निलेश देसाई (ग्रुप निदेशक, सूक्ष्म तरंग संवेदन अंकीय समूह) के प्रति आभार व्यक्त करते हैं। लेखक श्री बी.आर.राजपूत (वरिष्ठ हिंदी अधिकारी) और हिंदी कक्ष के सहकर्मियों के प्रति, उनकी इस लेख को हिंदी में मुद्रण के हेतु की मदद के लिए अभार व्यक्त करते है। लेखक अपने सूक्ष्मतरंग संवेदन अंकीय समूह के सहकर्मीयों, अंतरिक्ष उपोयग केंद्र के बाकी कर्मचारी तथा इसरो के अन्य केंद्रों के कर्मचारी जिन्होंने सूक्ष्मतरंग रडार संवेदक मिशन हेतु अपना योगदान और सहयोग दिया है उनके प्रति भी आभार व्यक्त करते हैं।

।। समाप्त ।।

रीसैट-1(RISAT-1) हेतु COTS औद्योगिक मॉड्यूल आधारित हार्डवेयर तीव्र दृश्य संश्लेषित द्वारक रडार (सार) संसाधित्र

रितेश कुमार शर्मा, अभिषेक कुणाल, शिवानी, बी. सरवना कुमार, रमेश गामेती, जे.जी.वाछानी एवं निलेश देसाई
एम.एस.डी.पी.डी./एम.एस.डी.जी./एम.आर.एस.ए./सैक, बिल्डिंग नं. 52, कमरा नं. 29
अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र, इसरो, अहमदाबाद – 380015, भारत
फोन नं. +91-07926915229 Ext.: 5292/5232/5240
ई मेलः nmdesai@sac.isro.gov.in, nmdesai44@yahool.com, ritesh@sac.isro.gov.in

प्रमुख शब्दः संश्लेषी द्वारक रडार ***(Synthetic Aperture RADAR, SAR),*** तीव्र दृश्य संसाधित्र ***(Quick Look Processor, QLP),*** निकट वास्तविक काल संसाधित्र ***(Near Real Time Processor, NRTP) ,COTS*** मॉड्यूल ***(Commercial off-The Shelf Modules),*** अंकीय संकेत संसाधित्र ***(Digital Signal Processor, DSP)***

सारांश

इसरो/भारत सन् 1985 से अपने सूक्ष्म तरंग सुदूर संवेदन कार्यक्रम (एमआरएसपी) के अंतर्गत SAR प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में कार्यरत है। इन वर्षों के दौरान इसरो दो C-बैंड प्रतिबिंबन SAR तंत्रों का सफलतापूर्वक विकास एवं प्रचालन कर चुका है। इसके साथ-साथ सैक/इसरो पिछले कुछ वर्षों से वायुवर्ती आपदा प्रबंधन SAR (DMSAR) का अभिकल्प एवं निर्माण कर रहा है। वर्तमान समय में DMSAR Beechraft B-200 वायुयान पर आरोहित है। तदुपरांत इसको Jet Class वायुयान द्वारा वहन किया जाएगा एवं बड़े क्षेत्र (50-75 किमी) में क्षति परिमाण का अनुमान लगाने हेतु इसका उपयोग किया जाएगा। DMSAR का उपयोग बाढ़ जैसी प्राकृतिक विपदा के समय राहत कार्यों की सफलता का मूल्यांकन करने के लिए भी किया जाएगा। 26 अप्रैल, 2012 को भारत के पहले अंतरिक्ष वाहित बहु-विधा SAR अभियान रीसैट-1 का सफल प्रमोचन किया गया।

DMSAR एवं रीसैट-1 चित्रों को वास्तविक काल/निकट वास्तविक काल (बहुत कम संसाधन अवधि के साथ) में उत्पन्न एवं उपलब्ध कराना इन SAR अभियानों की सर्वप्रमुख आवश्यकता है। क्योंकि आंकड़ों की विशाल मात्रा, अत्याधिक गणन क्षमता एवं कठिन नियंत्रण की आवश्यकता, SAR आंकड़ा संसाधन की विशिष्टता है, अतः ऑफलाइन SAR आंकड़ा उत्पाद उत्पन्न करने हेतु सॉफ्टवेयर आधारित परिशुद्धता संसाधित्र को अधिगणन यंत्र शक्ति की आवश्यकता होगी तथा उसकी संसाधन अवधि भी अत्यधिक होगी। इस कारण SAR संवेदक की भावी उपयोगिता कम हो सकती है। अतः एक वर्गीय (Generic) पुनर्विन्यास योग्य COTS बहुसंसाधित्र DSP तंत्र का विकास किया गया जो रीसैट-1 एवं DMSAR की विभिन्न कार्यवाही विधाओं की विविध एवं जटिल निकट वास्तविक काल SAR संसाधन आवश्यकताओं की पूर्ति कर सके।

तीव्र दृश्य संसाधित्र (QLP) का विकास उद्योग द्वारा विकसित COTS मॉड्यूल का उपयोग करके किया गया है, जिसमें उपग्रह गमन के दौरान वास्तविक काल में SAR आंकड़ों का अभिलेख एवं संसाधन करके SAR चित्र उत्पन्न करने की क्षमता है। इस जटिल विकास प्रक्रिया में भारतीय उद्योगों के सहयोग का वर्णन इस लेख में किया गया है। इसके अतिरिक्त, रीसैट-1 अभियान के लिए प्रयुक्त हार्डवेयर QLP के प्रमुख लक्षण एवं अभिकल्प का विस्तृत वर्णन भी इस लेख में प्रस्तुत किया गया है।

प्रस्तावना

सूक्ष्म तरंग संवेदक, अपनी सर्वऋतु, दिन-रात की सुदूर संवेदन क्षमता के साथ, विभिन्न सूचना अंश प्रदान कर चित्रित पृष्ठ का एक भिन्न संदर्श प्रस्तुत करते हैं। आंकड़ों की विशाल मात्रा, अत्याधिक गणन क्षमता एवं कठिन नियंत्रण की आवश्यकता, उच्च विभेदन SAR आंकड़ा संसाधन की विशिष्टता है। SAR उपकरण

विशाल मात्रा में कच्चे आंकड़े उत्पन्न करते हैं। ऑफलाइन उच्च विभेदन SAR आंकड़ा उत्पाद उत्पन्न करने हेतु सॉफ्टवेयर आधारित परिशुद्धता संसाधित्र की संसाधन अवधि अत्यधिक होगी। इसको ध्यान में रखते हुए रीसैट-1 के भू-आधारित निकाय के लिए, एक संपूर्ण, उच्च उत्पादक दर वाले हार्डवेयर तीव्र दृश्य SAR संसाधित्र (QLP) एवं पूर्ण प्रमार्ज (स्वाथ,swath) निकट वास्तविक काल SAR संसाधित्र (NRTP) के अभिकल्प एवं विकास का कार्य एमआरएसए/सैक/इसरो में शुरू किया गया।

रीसैट-1 अभियान के घोषित लक्ष्यों के अंतर्गत QLP/ NRTP का विकास निम्नलिखित उद्देश्यों के साथ किया गया है-

- रीसैट-1 के भू आधारित निकाय के संघटक के रूप में वास्तविक काल तीव्र दृश्य एवं निकट वास्तविक काल SAR संसाधित्र का विकास एवं प्रचालन करना।
- औद्योगिक सहयोग से cPCI प्लेटफार्म पर COTS हार्डवेयर plug-in मॉड्यूल का उपयोग करके एक संपूर्ण हार्डवेयर SAR संसाधित्र का निर्माण करना।
- रीसैट-1 की विभिन्न SAR कार्यवाही विधाओं के लिए वास्तविक काल/निकट वास्तविक काल कार्यान्वयन हेतु उपयुक्त संकेत संसाधन विधियों का विकास करना।
- एनआरएससी, हैदराबाद में NRTP का उपयोग कर एक वैकल्पिक आपातकाल आंकड़ा उत्पाद श्रृंखला के लिए उपयुक्त सॉफ्टवेयर एवं अंतरापृष्ठों की पहचान करना एवं उनका विकास व कार्यान्वयन करना।
- SAR आंकड़ा संसाधन हेतु प्रमुख प्रौद्योगिकी तत्वों की पहचान करना एवं भावी अंतरिक्ष वाहित वास्तविक काल/निकट वास्तविक काल SAR आंकड़ा संसाधन तंत्रों का विन्यास करने हेतु SAR आंकड़ा संसाधन विधियों का इष्टतमीकरण करने हेतु अनिवार्य निपुणता व अनुभव प्राप्त करना तथा इस प्रकार के विकास के लिए औद्योगिक हिस्सेदारी तय करना।

COTS **आधारित हार्डवेयर** QLP SAR **संसाधित्र**

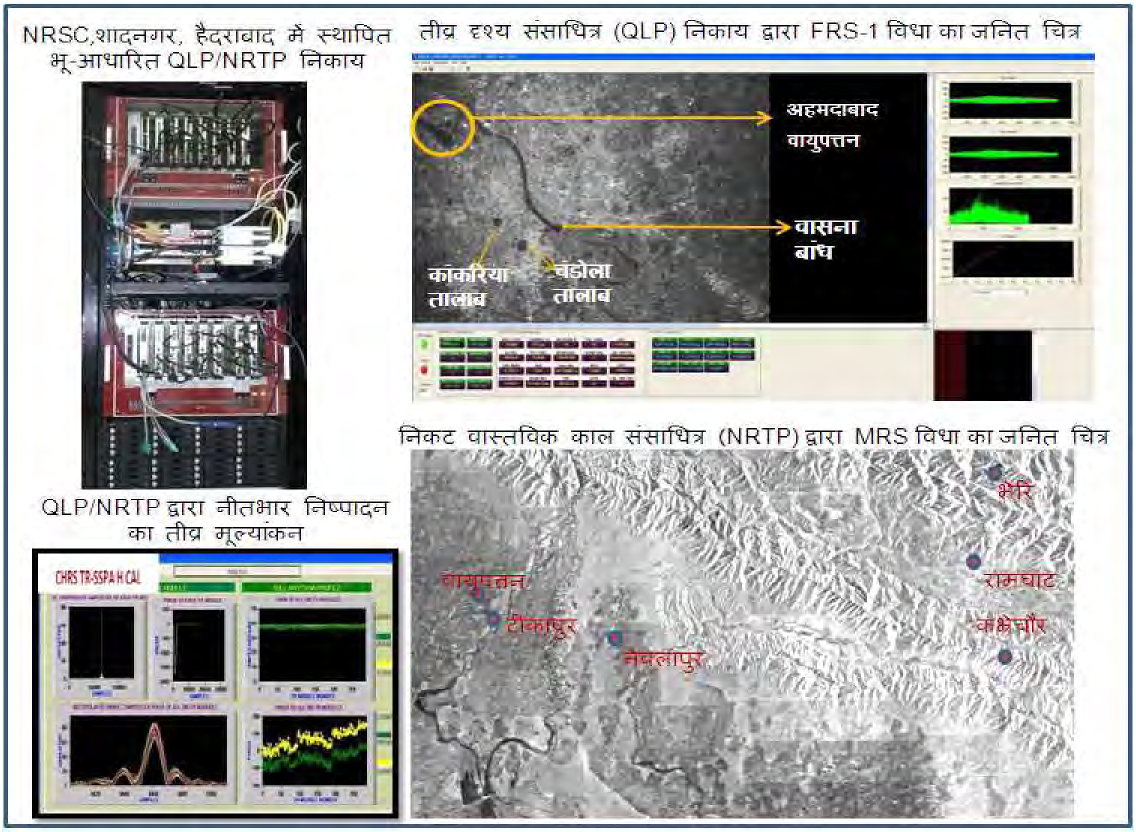
QLP एक cPCI कंप्यूटर आधारित तंत्र है जिसमें COTS बहुसंसाधित्र DSP बोर्ड 16 DSP मॉड्यूल एवं विभिन्न डाटा लिंक अंतरापृष्ठों पर आधारित है। परिधीय बोर्ड में SVGA एवं स्वयंकृत FPGA अंतरापृष्ठ सम्मिलित हैं। द्वि-आयामी SAR आंकड़ा संसाधन कार्य DSP बोर्ड द्वारा किए जाते हैं तथा संसाधित्र चित्र आंकड़ा मॉनीटर स्क्रीन पर प्रदर्शित किया जाता है एवं साथ ही एक उपयुक्त अभिलेखन माध्यम पर संचित किया जाता है। एक cPCI Intel द्वि कोर SBC विभिन्न DSP संसाधित्रों एवं अन्य अंतरापृष्ठों के संपूर्ण नियंत्रण व संयोजन कार्यों का निष्पादन करता है। सारणी-1 में **QLP/NRTP** हार्डवेयर विन्यास के विनिर्देशों को दर्शाया गया है।

सारणी-1: रीसैट-1 के QLP/NRTP हार्डवेयर विन्यास के मुख्य विनिर्देश

QLP/NRTP हार्डवेयर विन्यास	
मुख्य संगणक एवं व्यवस्थापना (Main Computer & Training)	Intel core 2 T7400 @2.16 GHz SBC-PC cPCI @33MHz, 32-bit, ≥ 500 गिगा बाइट्स 16-slot CPcPCI चैसिस
बहु संसाधित्र DSP	FIM 16 Tiger SHARC (TS2015) DSPs @500 MHz QLP/NRTP-V ध्रुवण : 112 Tiger SHARC(TS201S)DSPs @500 MHz QLP/NRTP-H ध्रुवण : 112 Tiger SHARC(TS201S)DSPs @500 MHz
NRTP हेतु अतिरिक्त संचय	RAID/JBOD, ≥7200 rpm क्षमता : 2टेरा –बाइट्स फाइबर चैनल/SATA/SCSI अंतरापृष्ठ 16 डिस्क की बाह्या संग्रहण क्षमता
प्रदर्श मॉनीटर	21 " SVGA/TFT/LCD

वजन एवं शक्ति	5 कि.ग्रा., 500 वाट्स (FIM) 25 किग्रा., 1500 वाट्स(QLP/NRTP) 15 किग्रा., 500 वाट्स (अभिलेखित्र)

चित्र-1 में NRSC, IMGEOS, शादनगर, हैदराबाद में स्थापित भू-आधारित निकाय तीर्व दृष्य एवं निकट वास्तविक काल हार्डवेयर SAR संसाधित्र (QLP/NRTP) दर्शाया गया है, जिसको सैक नीतभार टीम ने RISAT-1 SAR अभियान के लिए विकसित किया है।



चित्र -1 QLP/NRTP निकाय एवं इनके द्वारा जनित चित्र तथा परिणाम

प्रत्येक QLP/NRTP तंत्र COTS 112 बहुसंसाधित्र DSP एवं 2TB JBOD डिस्क सारणी लेखागार तंत्र पर आधारित है। इसका उपयोग विस्तृत संकेत संसाधन के पश्चात् वास्तविक या निकट वास्तविक काल SAR चित्र उत्पन्न करने के लिए होता है। इसका उपयोग भारत के ऊपर उपग्रह गमन के दौरान RISAT-1 SAR नीतभार निष्पादन का तीव्र मूल्यांकन करने हेतु भी होता है। आपातकालीन SAR उत्पाद, जिनका विभेदन 3 मीटर, 23 मीटर एवं 50 मीटर तथा प्रमार्ज (स्वाथ) कवरेज 25 कि.मी., 115 कि.मी एवं 223 कि.मी. है, को उत्पन्न करने के लिए भी इसका उपयोग होता है।

QLP/NRTP की प्रमुख विशेषताएं

- Analog Devices के Tiger SHARC DSP संसाधित्र पर आधारित cPCI COTS बहुसंसाधित्र DSP माड्यूल
- QLP/NRTP के लिए 112 Tiger SHARC DSP का विन्यास।
- RISAT-1 की सभी कार्यवाही विधाओं में तीर्व दृश्य परिमित प्रमार्ज (स्वाथ) / दिगंश दिशा चित्रों को वास्तविक काल संसाधन अवधि में उत्पन्न करना।

- उपग्रह गमन के दौरान अभिलेखित्रों में सामानांतर आंकड़ों का संग्रहण।
- RISAT-1 की सभी कार्यवाही विधाओं में उच्च परिशुद्धता एवं पूर्ण प्रमार्ज (स्वाथ) SAR चित्रों को निकट वास्तविक काल संसाधन हेतु तीव्र दृश्य संसाधन तंत्र एवं उच्च परिशुद्धता व पूर्ण प्रमार्ज (स्वाथ) संसाधन हेतु निकट वास्तविक काल संसाधन तंत्र के रूप में विन्यास योग्य।
- ऑनलाइन BAQ विकोडन की सुविधा।
- NRTP विन्यास हेतु RAID/JBOD पर आधारित 2TByte का अतिरिक्त स्थानीय संचय।
- HDD ड्राइव पर संसाधित आंकडो के अभिलेखन की सुविधा।

उद्योगों की भागीदारी

QLP/NRTP तंत्र टाईगर शार्क के बहु संसाधित्रों पर आधारित है। अष्ट संसाधित धारी टाईगरशार्क COTS बॉर्ड को ट्राईडेन्ट ईनफोसोल, मुंबई / बंगलूरु की सहायता से इसके मुख्य निर्माता बिटवेयर (यु.एस.ए.) है, से प्राप्त किया गया था। सन् 2000 से, ट्राईडन्ट ईनफोसोल, अनेक उत्पादों के विकास में लागत प्रभावी समाचार प्रदान करता आया है। ट्राईडेन्ट ईनफोसोल वांतरिक्ष (Aero-space) एवं रक्षा, दूरसंचार, स्वचालन, परिवहन, चिकित्सा-आण्विकि इत्यादि क्षेत्रों में उत्कृष्ट सहायता प्रदान करतें हैं। नयी दिल्ली, हैदराबाद, बंगलूरु, मुंबई, कोलकता, त्रिवेंद्रम जैसी जगहों पर इनके कार्यालय हैं और लगातार बीस वर्षो से ये COTS चैसिस एवं अनेक इलेक्ट्रोनिकी उपकरण जो कि वांतरिक्ष (Aero-space) अनुप्रयोगो में प्रयुक्त होते हैं, का अभिकल्पना एवं विकास करते आएँ हैं।

सैक/इसरो के प्रतिष्ठित सुदुर संवेदी कार्यक्रम के अंतर्गत, ऑशनसैट, आई.आर.एस. श्रेणी, रिसैट, मेघा-ट्रॉपिक्स जैसे उपग्रहों के निर्माण में ट्राईडेन्ट ईनफोसोल ने सहयोग प्रदान किया है। रिसैट-1 के QLP/NRTP तंत्र के लिए ट्राईडेन्ट इनफोसोल वं इसकी सहयोगी कंपनी एलिगैटर ने 16 खांचो वाली चैसीस का निर्माण किया था, जिसमें दोनों ए.सी. डी.सी. शक्ति श्रोतों के साथ कार्य करने की क्षमता है। संक्षेप में, उन्होंने इस जटिल तंत्र की अभिकल्पना एवं विकास में निम्नलिखित प्रमुख सहयोग प्रदान किए हैं -

- 16 खांचों वाली चैसिस, जिसकी कुल ऊर्जा दक्षता
- 6U cPCI सिंगल बॉर्ड कम्प्यूटर, युगल कॉर सी.पी.यू.
- अष्ट संसाघित्र धारी 6U cPCI टाईगरशार्क बॉर्ड

6U cPCI कार्डों के लिए 1500 वॉट्स क्षमता के साथ 16 खांचो वाली चैसिस

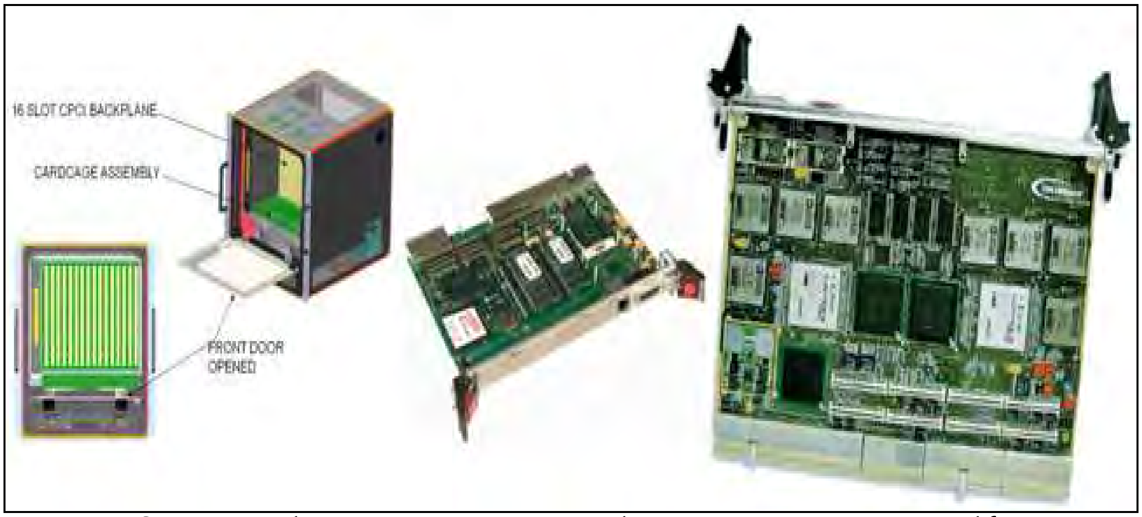
IEEE 1101.10/11 के मानक के अनुसार, cPCI चैसिस का निर्माण किया गया है, जो उच्च ई.एम.सी. शील्ड प्रदान करते हैं और जिनका उपयोग उनके प्रकार के अनुप्रयोगों में किया जा सकता है। इस चैसिस में 6U कार्ड ऊध्वाकार करते डाले जा सकते है। ये चैसिस खरोंच अवरोधी होने के साथ साथ देखने में भी आकर्षक हैं। 6U cPCI एकल बॉर्ड कम्प्यूटरः यह एक INTEL का कॉर-टू-ड्युओ (Core-2-Duo) प्रक्रमक बॉर्ड (T7400) है, जिसकी प्रचालन आवृत्ति 2.16 GHz. है। इसमें 4 गीगा बाईट्स का डी.डी.आर.-टू एस. डी. रैम (DDR-2 SDRAM) है एवं अन्य मानक अंतरापृष्ठ जैसे कि 10/100/1000 मेगाबिट्स ईथरनेट, यू.एस.बी. 2.0 अंतरापृष्ठ इत्यादि विशेषताएं हैं। इसमें विंडोज़ (Winodws XP) लीनक्स (Linux) , वी.एक्स वर्कस् के लिए बॉर्ड सपोर्ट पैकेज हैं। इस कार्ड के मुख्य निर्माता Concurrent, USA है, और भारत में इन्होंने ट्राईडेन्ट ईनफोसोल को इसका संभरक बनाया है।

अष्टधारी 6U सुसंहत PCI (compact PCI) टाईगरशार्क अंकीय संकेत प्रक्रमक बोर्ड

T2-6U- cPCI (T26U) एक सुसंहत PCI (cPCI) बोर्ड है जिसमें ऐनालोग डिवाइसेस (Analog Devices) के द्वारा बनाए गए आठ अंकीय संकेत प्रक्रमक हैं। अपनी पूर्ण क्षमता का उपयोग करने के लिए T26U में Bittavare’s Atlantis का क्रियान्वयन किया गया है, जो TigerSHARC संसाधक की प्रक्रमण और Xilinx

Virtex-II Pro एफ.पी.जी.ए. की विविध उन्नत क्षमता को प्रयोग करके अत्यधिक निवेश-निर्गमन बैंड विस्तार प्रदान करता है। उच्च प्रक्रमण क्षमता के अनुप्रयोग, उदाहरणार्थ रेडार एवं सोनार के लिए T26U एक आदर्श विकल्प है। T26U में चार ADSP TS201 प्रक्रमकों के दो क्लस्टर होते हैं जो 28.8 GFLOPS (3.6 GFLOPS यानि 3.6 गीगा चल बिन्दु प्रचालन प्रति प्रक्रमक) की क्षमता प्रदान करते हैं। T2-6U बिटवेयर (Bittware) के T2 बोर्ड परिवार का एक अंग है, जिसमें एक सामान्य, विस्तारित वास्तुकला है- Atlantis – और ये PCI-X प्लग-इन, 3U VPX, 6U VME 6U रूप गुणक (form factor) में उपलब्ध हैं।

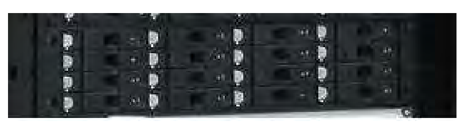
इन सभी तंत्रों, COTS DSP एवं ट्राईडेंट ईनफोसोल (Trident Infosol, Bangalore/ Mumbai) के द्वारा प्रदान किए गए बोर्डों की सहायता से QLP/NRTP रेडार संकेत संसाधित्र का रीसैट-1 एवं अन्य वायुवर्ती रेडार परियोजना में उपयोग किया गया है। इस तंत्र की संसाधन क्षमता, स्मृति बैंड विस्तार एवं RAID/JBOD पर आधारित आंकड़े संचय की क्षमता 2-120 TFlops, 3-8 Gbytes एवं 2Tbytes हैं। QLP/NRTP के पूर्ण विन्यास में 80-100 टाईगरशार्क DSP’S@250/500 MHz प्रयुक्त होते हैं, जिनका समावेश एक 16- स्लॉट cPCI चैसिस (Chassis) में किया जाता है। चित्र सं. 2 में COTS एवं अन्य मॉड्यूल जोकि ट्राईडेंट ईनफोसोल के द्वारा प्रदान किए गए हैं, को दर्शाया गया है।



चित्र 2 : 16 स्लॉट व्यवस्थापन, SBC cPCI मॉड्युल 6U Tiger Share DSP बॉर्ड

QLP/NRTP अभिलेखन तंत्र:

QLP/NRTP के अभिलेखन तंत्र को Vmetro नार्वे (वर्तमान में Curtiss Wright Controls, यूएसए/सिंगापुर) ने प्रदान किया है। अभिलेखन तंत्र के मुख्य अंग-अभिलेखी नियंत्रक, संबद्ध सॉफ्टवेयर एवं बाह्य JBOD/RAID हैं। JBOD/RAID की पूर्ण अभिलेखन क्षमता 2 टेराबाइट्स है। यह तंत्र वास्तविक काल में, उपग्रह गमन के समय आंकड़ों का अभिलेखन करते हैं और उपग्रह के गमन के पश्चात् प्रतिश्रवण विधा में NRTP के लिए उपयोग में लाए जाते हैं। चित्र सं. 3 में QLP/NRTP JBOD संचयन तंत्र को दर्शाया गया है।



चित्र 3: QLP/NRTP JBOD संचयन तंत्र

QLP/NRTP के परिणाम

हार्डवेयर QLP/NRTP तंत्र को रीसैट-1 उपग्रह के प्रमोचन के समय (अप्रैल 26, 2012) से एनआरएससी, शादनगर में स्थापित किया जा चुका है और इसका प्रचालनीकरण भी हो चुका है। QLP

वास्तविक काल में, उपग्रह के गमन के समय बिंब प्रस्तुत करता है, एवं NRTP उच्च कोटि के बिंब को निकट वास्तविक काल में प्रस्तुत करता है। चित्र संख्या 1 में QLP/NRTP के बिंबो को दर्शाया गया है। इसके अलावा QLP / NRTP RISAT-1 सार के नीतभार के प्रमुख उपतंत्रो के स्वास्थ्य की जानकारी भी प्रदान करता है। यह जानकारी हमें अंशदान (calibration) के समय प्राप्त होती है।

उपसंहार

RISAT-1 उपग्रह के भू-खंड विकास के अंतर्गत, QLP/NRTP तंत्र की अभिकल्पना एवं विकास SAR प्रदायभार दल के लिए एक चुनौतीपूर्ण कार्य था। इतने सम्मिश्र तंत्र, जिसमें सुपर कम्प्यूटर जैसी क्षमता हो और साथ-साथ आसानी से संवादित किया जा सके, की विकास उद्योगों की विलक्षण प्रवीणता, सहायता एवं मार्गदर्शन के बिना संभव नहीं हो पाता। भारतीय उद्योग जैसे कि ट्राईडेन्ट ईनफोसोल, मिस्ट्रल इत्यादि ने इस जटिल तंत्र के विकास में उल्लेखनीय सहायता प्रदान की है।

आभार

हमें इस कार्य को करने के लिए दिए गए सुअवसर, प्रोत्साहन एवं दिशा-निर्देश के लिए हम श्री ए. एस. किरण कुमार (निदेशक-सैक), श्री तपन मिश्रा (उप निदेशक, एम.आर.एस.ए.) के अत्यंत आभारी है। हम वरिष्ठ हिन्दी अधिकारी एवं हिन्दी कक्ष के सभी सहकर्मियों का आभार प्रकट करते हैं, जिन्होंने इस पत्र का टंकण करने में सहयोग प्रदान किया है। अंत में हम एम.आर.एस.ए. के सभी वैज्ञानिकों, अभियंताओं, सहकर्मियों, सैक/इसरो के कर्मियों तथा समस्त इसरो परिवार के आभारी हैं।

।। समाप्त ।।

रीसैट-1 एन्टेना की टाईल इलेक्ट्रानिकी एवं युगपत नियंत्रक के संविरचन में स्वदेशी उद्योगों का योगदान

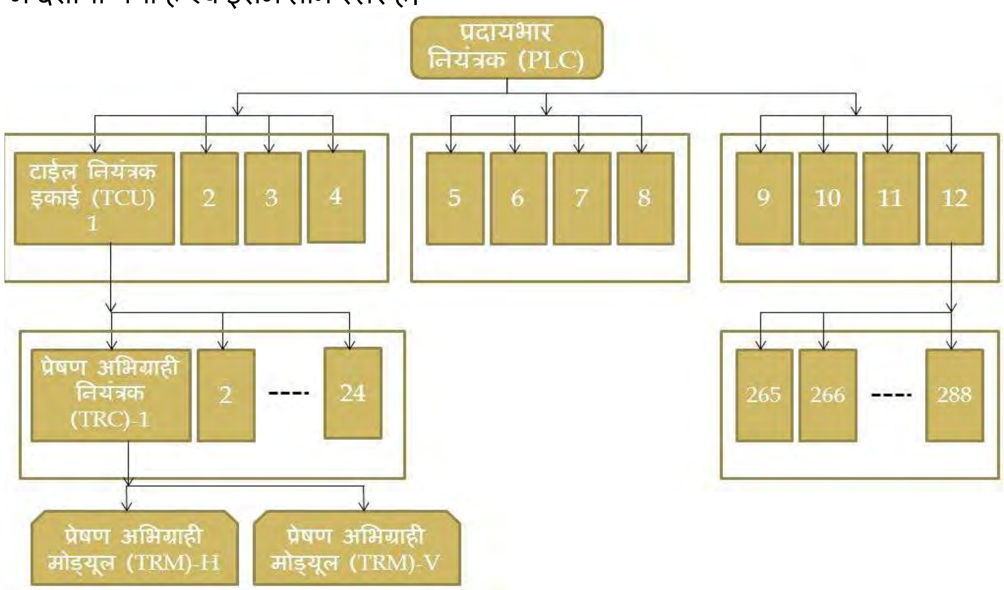
संजय कसोदनिया, हिमांशु पटेल, मनीष गुप्ता, संजय त्रिवेदी, निलेश देसाई

सारांश

इस लेख में विशेषतः हाल ही में प्रक्षेपित रीसैट-1 (राडार प्रतिबिम्बन उपग्रह) के टाईल इलेक्ट्रानिकी के संविरचन में योगदान देने वाले स्वदेशी उद्योगों का उल्लेख है। रीसैट-1 में त्रिस्तरीय वितरित नियंत्रक अनुक्रम प्रणाली है। प्रदायभार नियंत्रक, केंद्रीय किरणपुंज नियंत्रक का कार्य करता है एवं अनुक्रम में शीर्ष स्तर पर है। प्रदायभार नियंत्रक, टाईल इलेक्ट्रानिकी को नियंत्रित करता है, जिसमें टाईल नियंत्रक इकाई (TCU) एवं प्रेषण-अभिग्राही नियंत्रक (TRC) सम्मिलित हैं। प्रदायभार नियंत्रक (PLC), 12 टाईल-नियंत्रक इकाईयों (TCU) को नियंत्रित करता है एवं प्रत्येक टाईल-नियंत्रक-इकाई, 24 प्रेषण-अभिग्राही-नियंत्रकों (TRC) को नियंत्रित करता है। युगपत् नियंत्रक (OBC) उपयोग विशिष्ट एकीकृत परिपथ (ASIC) की संरचना केंद्रीय नियंत्रक एवं वितरित नियंत्रक की अपेक्षाओं को ध्यान में रख कर की गई है। युगपत् नियंत्रक, 8051 सूक्ष्म नियंत्रक सॉफ्ट-कोर आधारित हैं, जिसका परिधीय मॉड्यूल के साथ अंतरापृष्ठ विशिष्ट फलन-रजिस्टर (SFR) या स्मृति-बस द्वारा किया गया है। युगपत् नियंत्रक का संविरचन 0.6μm वाली विकिरण-रोधी गेट-व्यूह तकनीकी से किया गया है। युगपत् नियंत्रक की RTL संरचना अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (सैक) में की गई। इस संरचना में अग्रांत सत्यापन बैंगलुरू आधारित सीजी-कोरेल द्वारा किया गया एवं संविरचन कार्य मे. ब्राईका (द्वारा मैं. एरोफ्लेक्स) ने किया। टाईल इलेक्ट्रानिकी (TCU &TRC) की युगपत् नियंत्रक आधारित संरचना अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (सैक) में की गई। टाईल इलेक्ट्रानिकी हार्डवेयर की संख्यात्मक मात्रा अधिक होने से इनका संविरचन स्वदेशी उद्योगों मे. एस्ट्रा माइक्रोवेव प्रोडक्ट्स लिमिटेड हैदराबाद एवं मे. सेन्टम इलेक्ट्रानिक्स लिमिटेड, बैंगलुरू द्वारा किया गया।

1. भूमिका

रीसैट-1 में एक सक्रिय फेज अरे (व्यूह) रडार है जिसमें किरणपुंज संचालन की क्षमता है। इलेक्ट्रानिकी किरणपुंज संचालन के लिए प्रेषण-अभिग्राही मॉड्यूल (TRM) में 6 बिट के फेज एवं आयाम मानों का भारण करना होता है, जोकि वितरित नियंत्रक अनुक्रम द्वारा किया जाता है। रीसैट-1 के वितरित नियंत्रक अनुक्रम को चित्र सं. 1 में दर्शाया गया है एवं इसमें तीन स्तर हैं।

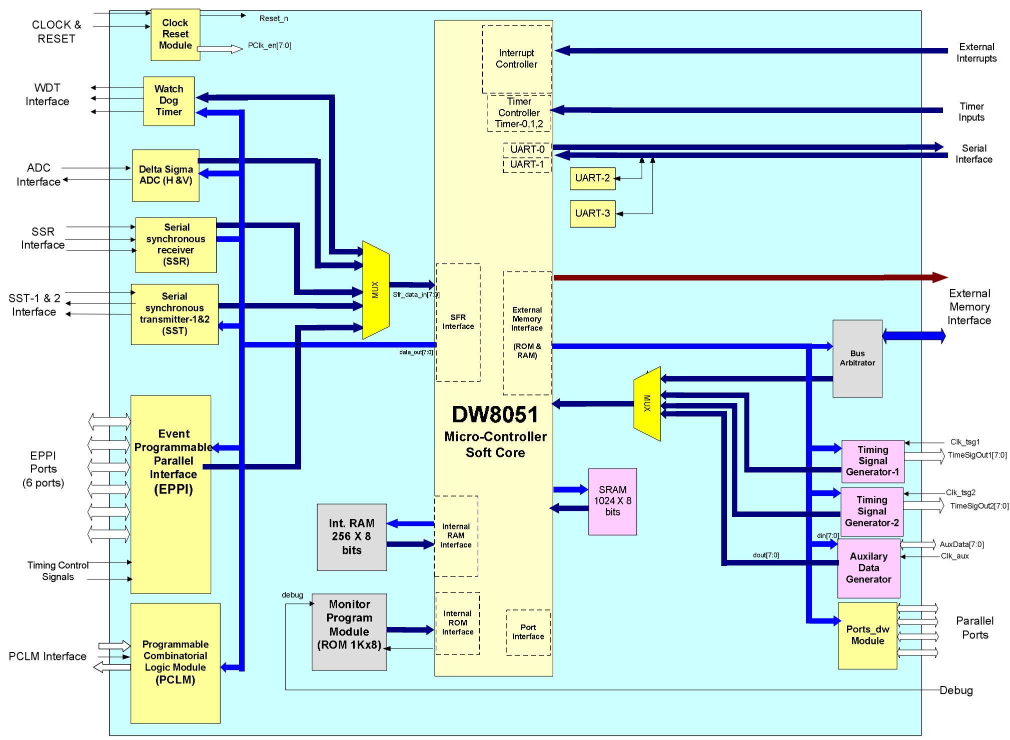


चित्र सं.-1रीसैट-1 का वितरित नियंत्रक अनुक्रम

प्रदायभार-नियंत्रक (PLC) (प्रथम स्तर) एक केंद्रीय किरणपुंज नियंत्रक है एवं यह अनुक्रम में शीर्ष पर है। प्रदायभार नियंत्रक, 12 टाईल नियंत्रक इकाईयों (TCU) को नियंत्रित करता है, जोकि अनुक्रम में द्वितीय स्तर पर है। प्रत्येक टाईल नियंत्रक इकाई और आगे 24-प्रेषण अभिग्राही नियंत्रक (TRC) को नियंत्रित करते हैं, जोकि अनुक्रम में तृतीय स्तर पर हैं। प्रेषण अभिग्राही नियंत्रक (TRC) द्वारा फेज़ एवं आयाम मानों को प्रेषण-अभिग्राही मॉड्यूल (TRM) में भारण किया जाता है। ये प्रत्येक प्रेषण अभिग्राही मॉड्यूल और आगे 24-पैच एन्टेना को फीड करते हैं। इस प्रकार फेज-अरे सक्रिय एन्टेना में कुल 288 (12 X 24) प्रेषण-अभिग्राहीनियंत्रक (TRC) हैं। वितरित नियंत्रकों के मध्य संचार, आरएस-422/आरएस-485 सिरियल-लिंक द्वारा होता है। प्रदायभार नियंत्रक (PLC), किरणपुंज-चयन डाटा, टाईल नियंत्रक इकाई (TCU) को सीरियल लिंक द्वारा भेजता है। बदले में टाईल नियंत्रक इकाई (TCU) किरणपुंज अभिलक्षण डाटा को प्रेषण-अभिग्राहीनियंत्रक (TRC) को भेजता है। प्रेषण अभिग्राही नियंत्रक (TRC) इस अभिलक्षण डाटा पर तापीय संशोधन करके इन्हें प्रेषण अभिग्राही मॉड्यूल (TRM) में लोड करता है।

2. युगपत् नियंत्रक (OBC) का संवर्धन

रीसैट-1 की टाईल इलेक्ट्रानिकी, युगपत् नियंत्रक पर आधारित है। युगपत् नियंत्रक में कई सामान्य लक्षणों का भी समावेश किया गया है, जिससे इसे भविष्य के रडार अभियानों में उपयोग किया जा सके। युगपत् नियंत्रक 8051 सूक्ष्म नियंत्रक सॉफ्ट-कोर आधारित है, जिसका परिधीय मॉड्यूलों के साथ अंतरापृष्ठ विशिष्ट फलन रजिस्टर (SFR) एवं स्मृति-बस द्वारा किया गया है। इस प्रकार परिधीय मॉड्यूल का अभिगम स्मृति पठन/लेखन प्रचालन द्वारा होता है। चित्र सं. 2 में युगपत् नियंत्रक का खंड आरेख चित्र दर्शाया गया है।



चित्र सं.-2 युगपत् नियंत्रक का खण्ड आरेख

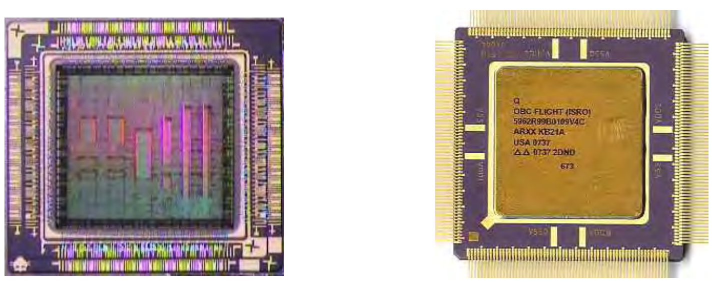
युगपत् नियंत्रक के प्रकार्य लक्षण-

- DW8051 सूक्ष्म-नियंत्रक सॉफ्ट-कोर
- 3-टाईमर एवं 5 इन्टरप्ट
- 4-यूएआरटी
- 10-पोर्ट समानान्तर निवेश/निर्गम

- 16-प्रोग्रामीय कालन-संकेत जनित्र
- 8-बिट डेल्टा सिग्मा अनुरूप से अंकीय परिवर्तक
- वाच डाग टाईमर
- चीप-स्थित मॉनीटर प्रोग्राम, दोषमार्जन हेतु
- 1-किलो बाईट चिप स्थित SRAM
- JTAG परिसीमा क्रमवीक्षण श्रृंखला

युगपत् नियंत्रक के तकनीकी लक्षण-

- सीमॉस (CMOS) आधारित पूर्णतः डिजिटल कार्यान्वयन
- 0.6μm CMOS विकिरण रोधी गेट अरे तकनीकी
- 5 वोल्ट निवेश/निर्गम
- 256 पिन सिरेमिक चपटा संकुल (CQFP)
- 224 निवेश/निर्गम प्रयोक्ता हेतु
- विकिरण विनिर्देश- कुल आयानित मात्रा (TID)- 100 किलो रेड से अधिक
    - LET>125 Mev-cm^2/mg
    - SEU≤ $1x10^{-10}$त्रुटि/बिट/दिन
- सन्निरीक्षण ÷ इष्टतमीकृत QML-V
- ESD संवेदिता- 2 किलो वोल्ट
- अधिकतम क्लॉक आवृत्ति = 16 मेगा हट्‌र्ज
- 300 किलो NAND2 तुल्य गेट



चित्र सं.-3 –ब्राईका(द्वारा एरोफ्लेक्स) में संविरचित युगपत् नियंत्रक का चित्र

उद्योग सहभागिता

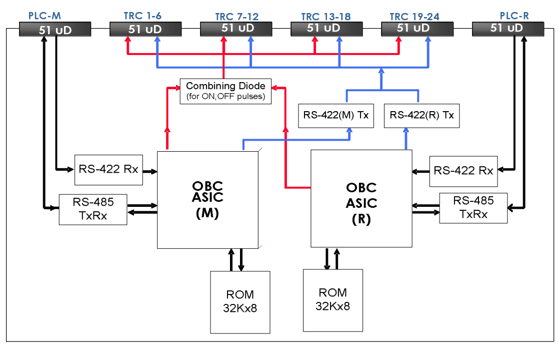
युगपत् नियंत्रक के संवर्धन में उद्योगों का महत्वपूर्ण योगदान रहा है। इस संरचना में अग्रांत सत्यापन (Front End Verification) बेंगलुरू स्थित सीजी-कोरेल (CG CoreEL) ने किया। इसमें RTL संरचना सैक द्वारा उपलब्ध कराई गई जिसका प्रकार्य सत्यापन, संश्लेषण (Synthesis), एसटीए, फार्मल-सत्यापन स्केन एवं जेन्टैग का समावेश सीजी-कोरेल ने किया। युगपत् नियंत्रक संरचना का शीर्ष स्तर पर प्रकार्य सत्यापन व्यापक रूप से किया गया। इसमें कुल 431 परीक्षण केसों का उपयोग किया गया। सीजी कोरेल ने यह कार्य सैक अभियंताओं के निकट सहयोजन में पूरा किया। सीजी कोरेल द्वारा नियमित मासिक उन्नति रिपोर्ट सैक को भेजी जाती थी। प्रारंभिक-अभिकल्प-पुनरावलोकन (PDR) एवं समीक्षात्मक अभिकल्प-पुनरावलोकन (CDR) करने के पश्चात् ही नेटलीस्ट, फाउन्ड्री को आगे के प्रक्रम हेतु भेजी गई। युगपत् नियंत्रक का अभिविन्यास (Layout) एवं संविरचन, मुम्बई स्थित मे. ब्राइका इलेक्ट्रोसिस्टम्स एंड सॉफ्टवेयर प्राईवेट लिमिटेड ने कोलोराडो स्प्रिंग (यूएसए) स्थित मे. एरोफ्लेक्स के सहयोजन से पूर्ण किया। इसमें फ्लोर-प्लान, क्लाक-ट्री-संश्लेषण, प्लेस एंड राउट, पैरासीटिक एक्स्ट्रेक्शन, टाइमिंग क्लोजर, जीडीएस-2 जनन शामिल हैं। मे. ब्राइका

ने कुल 500 युगपत् नियंत्रक युक्तियाँ सैक को प्रदान की हैं। चित्र सं. 3 में युगपत् नियंत्रक युक्ति का चित्र दर्शाया गया है।

3. टाईल इलेक्ट्रानिकी

3.1 टाईल नियंत्रक इकाई (TCU)

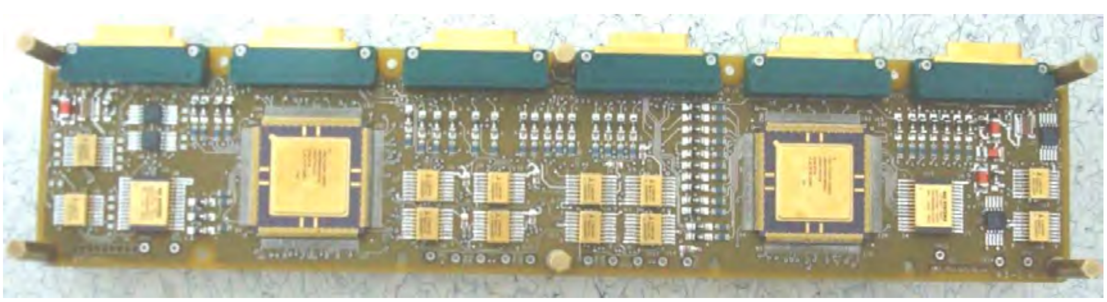
प्रदायभार नियंत्रक (PLC) से टाईल नियंत्रक इकाई (TCU) को निवेश प्राप्त होते हैं एवं इससे प्रेषण अभिग्राही नियंत्रक (TRC) के लिए सिरियल आदेश का जनन होता है। टाईल नियंत्रक इकाई का खण्ड आरेख चित्र सं. 4 में दर्शाया गया है। टाईल नियंत्रक इकाई पैकेज में मुख्य एवं अतिरिक्त इकाई हेतु अलग-अलग शक्ति प्रदाय इकाईयाँ हैं, जिसमें से एक समय में कोई एक इकाई ही सक्रिय होती है। टाईल नियंत्रक इकाई में युगपत् नियंत्रक के अतिरिक्त आरएस-422 अभिग्राही/प्रेषक, आरएस-485 प्रेषण-अभिग्राही, प्रोग्रामनीय स्मृति आदि युक्तियाँ प्रयुक्त की गई हैं। टाईल-नियंत्रक इकाई का खंड आरेख चित्र सं.4 में दर्शाया गया है। टाईल-नियंत्रक इकाई के उड़ान (Flight) मॉडल को चित्र सं.-5 में दर्शाया गया है।



चित्र सं.-4 टाईल-नियंत्रक इकाई का खंड आरेख

उद्योग सहभागिता

टाईल नियंत्रक इकाई का संविरचन अहमदाबाद स्थित मे. कोमोलाईन इलेक्ट्रानिक्स प्राइवेट लिमिटेड द्वारा किया गया जोकि हैदराबाद स्थित मे. एस्ट्रा माइक्रोवेव प्रोडक्ट्स लिमिटेड की सहायक कंपनी है। सैक से मुद्रित परिपथ बोर्ड (PCB) एवं घटक युक्तियाँ मे. कोमोलाईन को दिए गए। इन पर घटक-स्थापन पैकेज समुच्चय, पर्यावरणीय जाँच का कार्य मे. कोमोलाईन द्वारा किया गया। कुल 20 टाईल नियंत्रक इकाईयाँ सैक को उपलब्ध कराई गई।

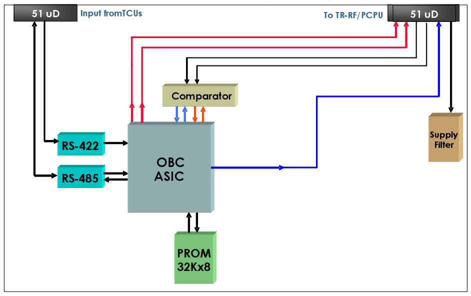


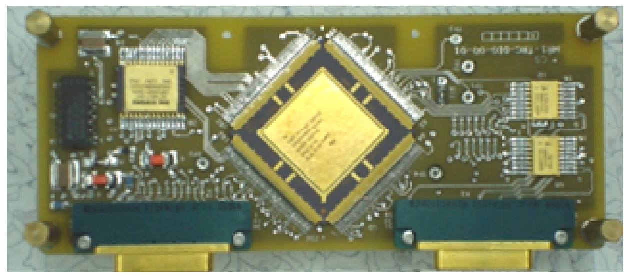
चित्र सं.-5 मे. कोमोलाइन/एस्ट्रा में संविरचित टाईल नियंत्रक इकाई

3.2 प्रेषण अभिग्राही नियंत्रक (TRC)

प्रेषण अभिग्राही नियंत्रक का मुख्य कार्य फेज एवं आयाम मानों को प्रेषण अभिग्राही मॉड्यूल (TRM) में लोड करता है। ये फेज एवं आयाम मान तापमान प्रतिपूरित किए जाते हैं, जोकि संश्लेषित द्वारक रडार (SAR)

की सभी विधाओं के लिए उपयुक्त है। प्रतिबिम्बन शुरू होने से पहले ही टाईल नियंत्रक इकाई द्वारा किरणपुंज सूचना प्रेषण अभिग्राही नियंत्रक को भेज दी जाती है। प्रेषण अभिग्राही मॉड्यूल स्थित सुरक्षा स्विच एवं प्रेषण अभिग्राही स्विच का नियंत्रण प्रेषण-अभिग्राहीनियंत्रक (TRC)द्वारा किया जाता है। प्रेषण अभिग्राही नियंत्रक के मुख्य घटक युगपत् नियंत्रक, प्रोग्रामनीय स्मृति (PROM), आरएस-422 प्रेषण/अभिग्राही एवं तुलनाकारी है। प्रेषण अभिग्राही नियंत्रक (TRC) का खण्ड आरेख एवं उड़ान (Flight) मॉडल को चित्र सं. 6 में दर्शाया गया है।





चित्र सं.-6 मे. एस्ट्रा/सेंटम में संविरचित प्रेषण अभिग्राही नियंत्रक

उद्योग सहभागिता

जैसा कि पूर्व में वर्णन किया जा चुका है कि रीसैट-1 के प्रदायभार में कुल 288 प्रेषण अभिग्राही नियंत्रक (TRC) हैं। इतनी अधिक संख्यात्मक मात्रा की आवश्यकता पूर्ति हेतु TRC का संविरचन बाह्य उद्योग से करवाना तर्क पूर्ण था। अतिरिक्त एवं योग्यता मॉडल (QM) मिलाकर कुल 400 प्रेषण अभिग्राही नियंत्रकों का संविरचन आवश्यक था। इस कार्य को दो कंपनियों में बराबर बाँटा गया। इस प्रकार 200 इकाईयों का संविरचन बेंगलुरू स्थित मे. सेन्टम ने किया एवं बाकी की 200 इकाइयों का संविरचन हैदराबाद से मे.एस्ट्रा ने किया। इन कंपनियों को मुद्रित परिपथ बोर्ड (PCR) एवं घटक सैक की ओर से प्रदान किए गए थे एवं उन्होंने घटक स्थापना/आरोपण, पैकेज समुच्चय, पर्यावरण जाँच एवं परीक्षण किए।

4. उपसंहार

इस लेख में रीसैट-1 के टाईल इलेक्ट्रानिकी एवं युगपत् नियंत्रक के संविरचन में स्वदेशी उद्योगों के योगदान का उल्लेख किया गया है। रीसैट-1 के सार (SAR) प्रदायभार में कुल 288 प्रेषण अभिग्राही नियंत्रक एवं 12 टाईल नियंत्रक इकाईयाँ एवं कुल 312 युगपत् नियंत्रक इकाईयाँ प्रयुक्त हुई हैं। इतनी अधिक संख्यात्मक मात्रा के संविरचन हेतु यह कार्य बाह्य उद्योगों (स्वदेशी) द्वारा संपन्न कराया गया। टाईल इलेक्ट्रानिकी के संविरचन में मे. एस्ट्रा एवं मे. सेन्टम ने महत्वपूर्ण भागीदारी निभाई। दोनों ने मिलकर सैक को कुल 400 प्रेषण-अभिग्राहीनियंत्रक (TRC)एवं 20 टाईल नियंत्रक इकाई (TCU)उपलब्ध कराए। एमएसडीजी/ सैक हेतु विशिष्ट उपयोग एकीकृत परिपथ (ASIC) की संरचना एक नवीन कार्य था इसलिए इसके अग्रांत सत्यापन का कार्य सीजी कोरेल द्वारा कराया गया एवं बचा हुआ कार्य एवं संविरचन मे. ब्रायका एवं मे.एरोफ्लेक्स द्वारा संपन्न कराया गया। इसमें उन्होंने कुल 500 युगपत् नियंत्रक इकाईयों का संविरचन कर इन्हें सैक को उपलब्ध कराया।

परिणामस्वरूप यह कहा जा सकता है कि अधिक संख्यात्मक मात्रा की आवश्यकता के कारण टाईल-इलेक्ट्रानिकी का संविरचन बाह्य उद्योगों द्वारा कराना एक सही कदम था। इस कार्य से इन उद्योगों को बढ़ने में सहयोग मिला एवं इन्हें भविष्य में इस प्रकार का कार्य करने हेतु आवश्यक सक्षमता प्राप्त हुई। भविष्य में भी अधिक संख्या में आवश्यक संविरचन कार्य को इसी प्रकार बाह्य उद्योगों द्वारा निष्पादित कराया जाएगा।

।। समाप्त ।।

संचार उपग्रह आधारित बचाव एवं सहायता उपकरण - डीएटी
(डिस्ट्रेस एलर्ट ट्रांसमीटर – डी.ए.टी.)

जीतेन्द्र खर्डे
एससीटीडी/एसएनएए

लीना कोहली कपूर
एसएटीडी/एसएनएए

विपत्ति चेतावनी प्रेषित्र (**DAT**)

1) सार

भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो) राष्ट्र के सर्वांगीण विकास में अंतरिक्ष विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी के उपयोगों के विकास में कार्यरत रहा है। यह सिलसिला सन् 1975 से निरंतर चल रहा है, जब इसरो ने अमेरिकन संचार उपग्रह एटीएस-6 के द्वारा सेटेलाइट इन्स्ट्रक्शन टेलीविज़न एक्सपेरिमेंट (साइट) परियोजना शुरू की थी। इसकी सफलता के बाद खेड़ा संचार परियोजना (KCP) भी चलाई गई, जिसका मुख्य उद्देश्य देश के दूर-दराज के गांवों में संचार उपग्रह आधारित टेलिविजन प्रसारण के माध्यम से ग्रामीण समाज में उनकी मूलभूत आवश्यकताओं को पूरा करके उनका सर्वांगीण विकास करना था।

आज हमारे देश में इन्सेट (भारतीय राष्ट्रीय उपग्रह प्रणाली) श्रेणी के अनेक संचार उपग्रह, दूरसंचार, टेलीविजन प्रसारण, रेडियो नेटवर्किंग, दूरशिक्षा, टेलि-मेडिसिन नेटवर्क एवं अन्य अनेक सामाजिक सेवाएं प्रदान कर रहे हैं। सुदूर-संवेदन (Remote Sensing) के क्षेत्र में भी भारत के आईआरएस श्रेणी के उपग्रहों ने उल्लेखनीय प्रगति की है।

हमारे देश की संरचना ही कुछ ऐसी है, जिससे कुछ क्षेत्रों को प्राकृतिक आपदाओं का बार-बार सामना करना पड़ता है। देश को सबसे बड़ा समुद्री किनारा भी उपलब्ध है जहां कई बार चक्रवात, सुनामी जैसी प्राकृतिक विपत्तिओं का आना आम बात हो गई है। इस परिस्थिति से निपटने के लिए देश में संचार उपग्रह आधारित एक बृहद आपदा प्रबंधन प्रणाली का विकास किया गया है, जिसके अन्तर्गत आपदाओं से जूझने के लिए उपयुक्त तकनीक तथा उपकरणों का निरंतर अनुसंधान तथा विकास किया जा रहा है।

प्रस्तुत लेख में विपत्ति चेतावनी प्रेषित्र (DAT) के विकास, निर्माण, उपयोगिता एवं उसकी मुख्य विशिष्टताओं की संक्षिप्त जानकारी देने का प्रयास किया गया है।

(2) भूमिकाः

देश के अंतरिक्ष कार्यक्रम का मुख्य उद्देश्य अंतरिक्ष विज्ञान और प्रौद्योगिकी का उपयोग देश के सामाजिक, औद्योगिक विकास के लिए और खास तौर पर जो लोग दूर-दराज के ग्रामीण एवं समुद्र तट क्षेत्रों में रहते हैं, उनकी मूलभूत समस्याओं को सुलझाना है। इसी महत्वपूर्ण सामाजिक उद्देश्य को ध्यान में रखते हुए

भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन के अहमदाबाद केन्द्र (SAC) द्वारा संचार उपग्रह (इन्सेट-3A) आधारित विपत्ति चेतावनी प्रेषित्र (DAT) का विकास किया है, इसका व्यावसायिक उत्पादन एक भारतीय औद्योगिक इकाई द्वारा अंतरिक्ष उपयोग केंद्र के एसएटीडी (SATD) प्रभाग के तकनीकी सहयोग से सफलतापूर्वक किया गया।

मछुआरों की सुरक्षा हेतु डीएटी को बनाने का अनुरोध भारतीय तटरक्षक दल (INDIAN COAST GUARD) ने किया था। मछुआरे अपनी नाव लेकर समुद्र में दूर-दूर तक मछली पकड़ने के लिए अक्सर जाते रहते हैं। उनके पास संचार, नौकायन (NAVIGATION) तथा अन्य सुरक्षा के अद्यतन उपकरणों का हमेशा अभाव रहता है। कभी-कभी वे अपनी जल-सीमा से बाहर होकर पकड़े भी जाते हैं। बीच सागर में नाव में कोई विपत्ति आने पर ऐसी स्थिति से निपटने हेतु डीएटी मछुआरों के लिए अत्यन्त लाभदायक सिद्ध हो सकता है।

(3) प्रेषित्र तथा अभिग्राही तंत्र की मुख्य विशेषताएं (FEATURES):-

- मुख्यतः मछुआरों के लिए संकटावस्था (DISTRESS) के दौरान त्वरित सहायता हेतु अभिकल्पित किया गया तंत्र।
- इन्सेट-3A संचार उपग्रह के डीआरटी (DATA RELAY TRANS PONDER) प्रेषानुकर द्वारा परिचालित, जिसकी संचरण बेंड आवृत्ति 402.65 MHz से 402.85 MHz है।
- निम्न लागत युएचएफ प्रेषित्र, जो पर्सनल लोकेशन बीकन (PLB) के समरूप है।
- सुवाह्य एवं प्रचालन में सरल, ऐंटिना पाइटिंग की आवश्यकता नहीं।
- संपूर्णतः प्लवनीय (FLOTABLE) , समुद्री पर्यावरण में अनुकूल प्रचालनीय।
- संकटावस्था का यथार्थ समय एवं स्थिति (POSITION) की जानकारी हेतु जीपीएस रिसिवर एकीकृत जो इस प्रणाली की प्रमुख (PRIME) आवश्यकता भी है।
- बेटरी परिचालित (निम्नतर 24 घंटे तक की कार्यशीलता)
- 24 घंटे (24X7) 99.99% अनवरत सेवा की गारंटी
- हब में नाव की पहचान क्रमांक, संकटावस्था का समय, अवस्थिति, ऑनलाइन, संकटावस्था के प्रकार का प्रदर्शन तथा ध्वनि सचेत, संकटावस्था का तत्कालीन प्रदर्शन एवं फाईल संचय की सुविधा।
- संचरण प्रोटोकोल – एक बार सक्रिय (ACTIVATE) हो जाने पर प्रथम पांच मिनिट तक प्रति एक मिनिट प्रसारण और बाद में प्रत्येक पांच मिनिट के बाद एक प्रसारण, बेटरी लो हो जाने तक।

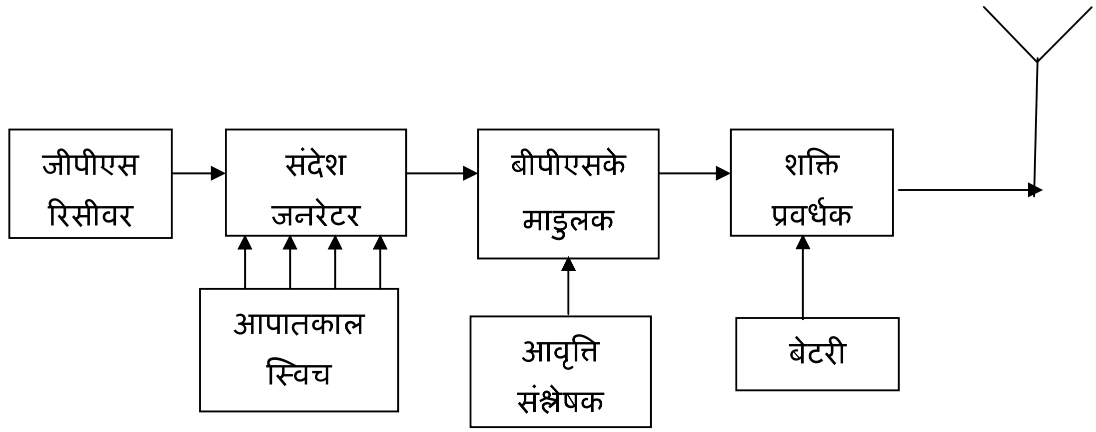
(4) विवरणः- इस प्रणाली को निम्नलिखित तीन भागों में विभाजित किया गया हैः

(i) चेतावनी प्रेषित्र (ALERT TRANSMITTER)
(ii) संचार उपग्रह (INSAT-3A) का डीआरटी प्रेषानुकर
(iii) सागरी बचाव समन्वयन केंद्र (MARINE RESCUE CO-ORDINATION CENTRE-MRCC) जो चैन्नई में कार्यरत है।

4.1 चेतावनी प्रेषित्रः-

चेतावनी प्रेषित्र युएचएफ (UHF) बेंड में कार्य करता है। जिसकी वाहक आवृत्ति (CARRIER FREQUENCY) 402.65-402.85 MHz है। उसका आउटपुट पावर न्यूनतम 5 वॉट है। इसमें जीपीएस रिसीवर का भी उपयोग किया गया है जो प्रेषित्र (हमारे लिए नाव) की वर्तमान स्थिति (POSITION) एवं सटीक समय की जानकारी प्रदान कराना है। इसके अतिरिक्त प्रेषित्र के अंदर आकस्मिक आने वाली संकटावस्था के संदेश (MESSAGES) निर्माण करने के लिए अंकीय संदेश जनरेटर, बीपीएसके माडुलक, आवृत्ति संश्लेषक (SYNTHESIZER), शक्ति प्रवर्धक एवं सर्वदिशात्मक

हिलिक्स ऐंटिना भी उपस्थित है। इन सभी घटकों को उपयुक्त विद्युत-ऊर्जा प्रदान करने के लिए 7.2V/3.2Ah लिथियम आयन बेटरी का उपयोग किया गया है जो 24 घंटे तक अविरत कार्य करने की क्षमता रखती है।



<u>विपत्ति चेतावनी प्रेषित्र का खंड आरेख</u>

चेतावनी प्रेषित्र की संरचना (DESIGN) करते समय उसकी लागत (COST) निम्नतर एवं प्रचालन में सरलता (SIMPLICITY) को प्राथमिकता दी गई है, क्योंकि इस प्रणाली के प्रमुख उपयोगकर्ता मछुआरे हैं। लागत एकदम निम्नतर रखी गई है तथा सरल प्रचालन के लिए उपकरण पर चार स्विच दी गई है, जो आकस्मिक संकटावस्था की स्थिति के नाम से दर्शाई गई है।

स्विच नं. (1) आग लगने पर (FIRE)
स्विच नं. (2) नाव डूबने पर (BOAT SINKING)
स्विच नं. (3) नाव से किसी के पानी में गिरने पर (MAN OVER BOARD)
स्विच नं. (4) वैद्यकीय आवश्यकता के लिए (MEDICAL)

नाव में संकटावस्था के अनुसार उपयोगकर्ता को उपरोक्त किसी एक स्विच को दबाना है। उसी के अनुरूप अंकीय मेसेज जनरेटर एक संदेश (मेसेज) निर्माण करता है। इस संदेश के साथ जीपीएस रिसिवर द्वारा प्राप्त वर्तमान स्थिति एवं समय की जानकारी, नाव का पंजीकृत पहचान, क्रमांक एवं अन्य उपयुक्त जानकारी भी सम्मिलित की जाती है। बाद में इसे युएचएफ बेंड में बीपीएसके माडुलित किया जाता है। इस UHF मॉडुलित सिग्नल को 5 वॉट शक्ति प्रवर्धक द्वारा प्रवर्धित करके प्रेषित्र की ऐंटिना द्वारा संचार उपग्रह (इंसेट-3A) की ओर संचारित किया जाता है।

4.2 उपग्रह कड़ीः

इस अनुप्रयोग (APPLICATION) के लिए संचार उपग्रह इन्सेट-3A के UHFXC डेटा रिले ट्रान्सपोंडर (DRT) का उपयोग किया गया है। यह ट्रान्सपोंडर उपरोक्त प्रकार की सामाजिक अनुप्रयोज्यता के लिए ही उपग्रह पर संलग्न किया गया है। जिसकी उर्ध्वकडी (U/L) आवृत्ति 402.65 से 402.85 MHz है, तथा अधोकडी (D/L) आवृत्ति 4505 MHz है। यह ट्रांसपोंडर चेतावनी प्रेषित्र से प्राप्त यूएचएफ सिग्नल को प्राप्त करके उसकी आवृत्ति को विस्तृत-सी बेंड में परिवर्तित करता है। बाद में इसे उचित पावर पर प्रवर्धित करके अपनी प्रेषण एन्टिना द्वारा पृथ्वी की ओर (अभिग्राही स्टेशन) पुनः प्रसारित करता है।

4.3 अभिग्राही स्टेशन (एमआरसीसी, चैन्नई):

उपग्रह द्वारा पुनः प्रसारित सिग्नल को प्राप्त करने के लिए चैन्नई स्थिति भारतीय कोस्ट गार्ड के सागरी बचाव समन्वयन केंद्र (MRCC) में अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, अहमदाबाद के तकनीकी सहयोग से डीएटी का केन्द्रीय हब स्थापित किया गया है, जो अनवरत (24x7) कार्यरत रहता है। इसमें 2.4 मीटर व्यास की डीश ऐंटिना है, जिसका G/T 19dB केल्विन है। इस ऐंटिना को 90° एलिवेशन एवं 360° एझिमुथ तक सरलता से घुमाया जा सकता है।

अन्य आरएफ उपप्रणालियों में प्रमुख निम्न रव प्रवर्धक (LNA), आरएफ आवृत्ति अधोपरिवर्तक (D/C) शामिल है, जो उपग्रह कडी से प्राप्त सिग्नल को 70 MHz +/-18MHz मध्यवर्ती आवृत्ति (IF) में परिवर्तित करता है।

इस 70MHz आईएफ सिग्नल को पुनः 9KHz अचल मध्यवर्ती आवृत्ति (FIXED 9KHz IF) पर अधोपरिवर्तित किया जाता है। बाद में इस 9KHz सिग्नल को डीएसपी आधारित बर्स्ट विमाडुलक को भेज दिया जाता है। इस डीएसपी विमाडुलक की संपूर्ण संरचना सैक के एसएटीडी प्रभाग द्वारा ही की गई है। जो 9KHz बीपीएसके माडुलित सिग्नल को अनुवर्तित (TRACK) करने में संपूर्णतः सक्षम है।

डीएसपी विमाडुलक में इस सिग्नल (IF) को प्रथम अनुरूप से अंकीय (A TO D) सिग्नल में परिवर्तित करके DSP प्रोसेसर को भेज दिया जाता है, जहाँ पहले इनपुट वाहक आवृत्ति (CARRIER FREQ.) का आंकलन किया जाता है। यह प्रक्रिया तब तक जारी रहती है जब तक उचित सिग्नल लेवल प्राप्त नहीं हो जाता। उचित सिग्नल प्राप्त होने पर प्रोसेसर (DSP) अपना आगे का कार्य आरंभ करके प्राप्त सिग्नल को विमाडुलित करके उसे 600 SPS पर तुल्यकालिन डेटा विकोडित करता है। बाद में एक अंतरापृष्ठ (INTERFACE) कार्ड इस तुल्यकाली डेटा को अतुल्यकालिन 4800 बाऊड पर परिवर्तित करता है। जिसे आगे संसाधन (PROCESSING) हेतु कम्प्युटर को भेज दिया जाता है। कम्प्युटर इस डेटा को संसाधित करके ऑनलाइन प्रदर्शित करता है। इस डेटा संसाधन का सॉफ्टवेयर भी केंद्र (SAC) में ही विकसित किया गया है। जिसका प्रचालन संतोषजनक है।

(5) परीक्षणः-

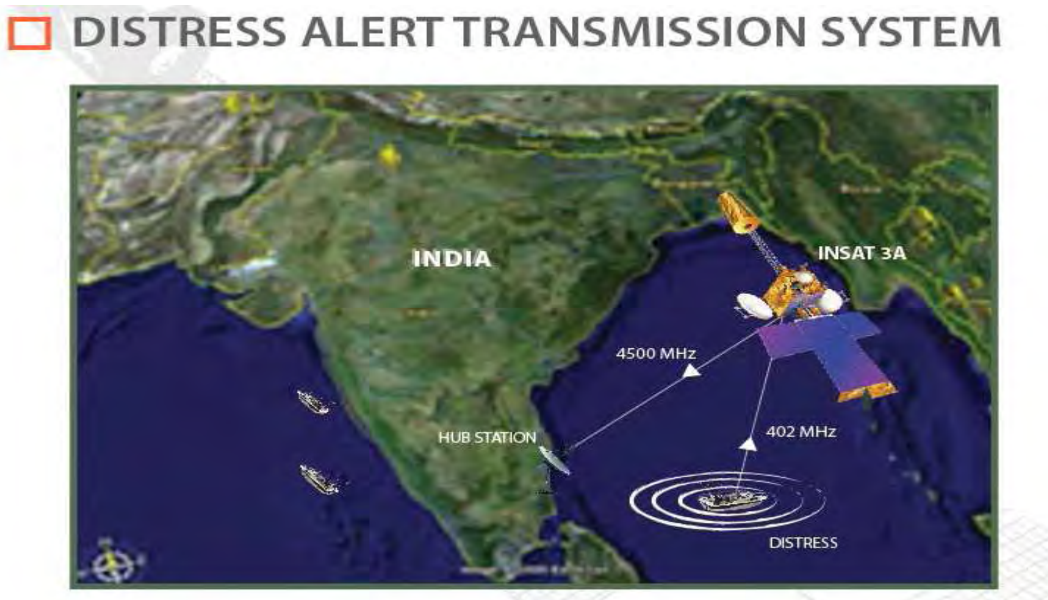
अंतरिक्ष उपयोग केंद्र के एसएटीडी प्रभाग ने इस प्रणाली के मुख्य उपकरण चेतावनी प्रेषित्र का संकल्पनात्मक (CONCEPTUAL) परीक्षण इन्सेट 3A के UHF XC प्रेषानुकर की मदद से सफलतापूर्वक कर लिया। अन्य उपयुक्त उपप्रणालियां, हार्डवेयर जो केंद्र में पहले डीसीपी परियोजना के लिए विकसित किये थे, उन्हीं उपलब्ध घटकों का उपयोग किया गया जो उपरोक्त प्रेषानुकर (UHF XC) के साथ कार्य करते थे।

उपग्रह से प्रसारित सिग्नल को 2.4 मीटर व्यास के सोलिड रिफ्लेक्टर एंटिना द्वारा प्राप्त करके कम्प्युटर स्क्रिन एवं इन्टरनेट के जरिये भी दर्शाया गया।

(6) प्रचालनः –

इसरो ने उपरोक्त निम्न लागत विपत्ति चेतावनी संचरन (प्रेषण) प्रणाली का विकास किया है। इसके प्रमुख उपकरण चेतावनी प्रेषित्र का व्यावसायिक उत्पादन एक भारतीय औद्योगिक इकाई द्वारा किया गया। अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र (SAC) ने चैन्नई स्थित सागरी बचाव समन्वयन केंद्र (MRCC) में इस संपूर्ण प्रणाली का नियंत्रण केंद्र (HUB) भी स्थापित किया है। प्रारंभिक दौरे में कुछ मछुआरों की नाव में चेतावनी प्रेषित्र उपकरण को स्थापित कर के दूर सागर में 15-20 किलोमीटर तक ले जाकर उनका परिचालनीय परीक्षण भी सफलतापूर्वक परिपूर्ण किया। हाल ही में भारतीय तटरक्षक दल द्वारा इस प्रणाली के लगभग 1000 उपकरण

मछुआरों को वितरित किए गए हैं। जिनका भारतीय कोस्ट गार्ड द्वारा निरंतर (ROUND THE CLOCK) मॉनिटरिंग किया जाता है। इसके अतिरिक्त राज्य सरकारों द्वारा ऐसे और प्रेषित्रों का वितरण किये जाने की योजना है।



<u>विपत्ति चेतावनी प्रसारण तंत्र।</u>

(7) उपसंहारः-

कृत्रिम संचार उपग्रह आधारित विपत्ति चेतावनी प्रेषित्र (DAT) का विकास एवं निमार्ण देश के सागर तट विस्तार में कार्यरत मछुआरों के लिए किसी भी संकटावस्था में सहायता पाने के लिए किया गया है। जैसे कि – नाव में आग लगना, नाव का डूबना, चिकित्सा सहायता अथवा अन्य कोई भी संकटावस्था।

संकटावस्था के प्रकार के अनुसार उपयोगकर्ता (मछुआरा) द्वारा स्विच दबाने से इस प्रणाली का चेतावनी प्रेषित्र तत्क्षणिक सक्रिय हो कर एक खास प्रकार का संकेत प्रसारित करता है, जिसमें नाव का पंजीकृत पहचान क्रमांक, उसकी वर्तमान स्थिति (Current position), समय, संकटावस्था का प्रकार एवं अन्य उपयोगी जानकारी सम्मिलित होती है। इस संदेश को प्राप्त करने के लिए चैन्नई स्थित अभिग्राही स्टेशन (MRCC) अविरत कार्यरत रहता है, जो संदेश पाते ही उसके अनुरूप बचाव अभियान आरंभ कर देता है और संकटग्रस्त नाव तक पहुंच कर उनकी उपयुक्त सहायता करता है। इस प्रकार से डीएटी मछुआरों की किसी भी आपातकालिन परिस्थिति में सहायता पाने के लिए बहुत ही उपयुक्त एवं कार्यक्षम है।

(8) संदर्भः-

(i) तकनीकी नोट्स – डीएटी, एसएटीडी, जनवरी 2011

।। समाप्त ।।

उपग्रह नीतभार निर्माण हेतु पीसीबी संविचरण (फैब्रिकेशन) में उद्योगों की भूमिका

दिलीपकुमार मेहता एवं अरुण बिंदल
पीएफडी-इएफएमजी-इएसएसए

सारांश :

उपग्रह नीतभार निर्माण के लिए द्विपरत एवं बहुपरत दोनों प्रकार के पीसीबी (मुद्रित वीज परिपथ बोर्ड/ प्रिंटेड सर्किट बोर्ड) की आवश्यकता होती है। ये पीसीबी बहुत सीमित मात्रा में अपनी कार्यालयीन सुविधा में बनते है। इनकी अधिकतर मात्रा उद्योगों द्वारा बनवायी जाती है। पीएफडी में उपलब्ध पीसीबी संविचरण सुविधा की क्षमता दो परत के ग्राउंड एवं ऑनबोर्ड पीसीबी निर्माण तक सीमित है। पीसीबी में लगे पुर्जों की घनिष्ठता एवं नीतभार के वजन को देखते हुए आजकल अधिकांश पीसीबी बहुपरत होते है। बहुपरत ग्राउंड एवं ऑनबोर्ड पीसीबी उद्योगों / विक्रेताओं द्वारा बनवाना आवश्यक हो गया है। अंदरूनी सुविधा की सीमित निर्माण क्षमता एवं केंद्र की अत्यधिक आवश्यकताओं को देखते हुए अधिकांश पीसीबी, विक्रेताओं द्वारा अनुबंध से बनवाए जाते हैं। इस कार्य में पिछले कुछ वर्षों से विविध विक्रेताओं का बहुत बड़ा योगदान रहा है। इस लेख द्वारा इस क्षेत्र में उद्योगों की भूमिका एवं उनके प्रदान को दर्शाने की कोशिश की गयी है।

प्रस्तावना :

इलेक्ट्रॉनिक सर्किट की अभिकल्पना के पश्चात जब इसे वास्तविक रूप देना हो तो पुर्जों को प्रिंटेड सर्किट बोर्ड पर लगाया जाता है। उसके पश्चात सर्किट का परीक्षण होता है। ग्राउंड एवं ऑनबोर्ड पीसीबी बनाने हेतु अलग-अलग मार्गदर्शिकाएँ होती है। ऑनबोर्ड पीसीबी के लिए गुणवत्ता नियंत्रण (क्यूसी) एवं गुणवत्ता आश्वासन (क्यूए) के मार्गदर्शक सिध्धान्तों का सख्ती से पालन अत्यावश्यक है। सर्किट ले-आउट बनाने से लेकर, फोटो फिल्म एवं पीसीबी बनाने तक एवं बनाने के पश्चात भी गुणवत्ता आश्वासन एवं गुणवत्ता नियंत्रण की स्वीकृती लेनी आवश्यक है। बिना स्वीकृती के ऑनबोर्ड पीसीबी का उपयोग वर्जित है। क्यूए के बनाए मानकों का पालन सुनिश्चित करना होता है। विक्रेताओं को भी अगर वे ऑनबोर्ड पीसीबी निर्माण कार्य करना चाहते हैं तो इसरो के योग्यता परीक्षण में उत्तीर्ण होना आवश्यक है-जो कि लोहे के चने चबाने जैसा है। कदम-कदम पर निर्माण के हर चरण में गुणवत्ता का ख़याल रखना पड़ता है। इसके बावजूद भी कुछ विक्रेता आज बरसों से हमारे साथ जुडे हैं और हमारी सभी परियोजनाओं के लिए पीसीबी बनाकर दिए है। उनका यह योगदान अत्यंत प्रशंशनीय है और अंतरिक्ष कार्यक्रम को आगे बढाने में बहुत ही मददरूप रहा है।

उद्योगों से अनुबंध का इतिहास :

एक जमाने में जब 4-5 साल में एक उपग्रह बनता था तब तो हमारी घरेलु सुविधा में द्विपरत पीसीबी बनाए जाते थे। उपग्रह प्रायोगिक स्तर पर बनते थे। लेकिन धीरे-धीरे संचार एवं दूर संवेदी उपग्रहों की मांग बाजार में बढ़ती चली और कई उपग्रहों का काम एक साथ ही चलने लगा। एक साल में ही 4-5 उपग्रह बनाने की चुनौती आ गयी। इन उपग्रहों में लगने वाले नीतभार भी बड़े एवं जटिल होने लगे। इनमें उपयोग होनेवाले अधिकतर पीसीबी भी अब बहुपरत पीटीएच (प्लेटेड थ्रू होल) प्रकार के थे जिन्हें बनाने के लिए केन्द्र में पर्याप्त सुविधा प्राप्त नहीं थी। तत्काल रूप में ये पीसीबी इसरो उपग्रह केंद्र से बनवाए जाने लगे। लेकिन उनकी क्षमता एवं कुल मांग को ध्यान में रखते हुए यह कार्य किसी विक्रेता से करवाने के विषय में सोचा गया। इससे हमारे उद्योग भी विकसित होंगे और हमें भी अनुसंधान कार्य में सहयोग मिलेगा। ऑनबोर्ड पीसीबी के लिए तो उनको तुरंत प्रमाणित करवाना मुश्किल था लेकिन ग्राउंड बहुपरत पीसीबी की आवश्यकता भी बहुत बड़ी थी। क्यों न ग्राउंड पीसीबी के लिए ही अनुबंध किया जाए यह सोचकर पीसीबी बनानेवाले विक्रेताओं से संपर्क किया गया और सन 2000 में एक अनुबंध किया गया।

इसरो उपग्रह केंद्र भी एक विक्रेता माइक्रोपेक लि. से अनुबंध करके पीसीबी बनवा रहा था। उनसे भी पीसीबी का काम लिया गया लेकिन हमें ऐसे विक्रेता की आवश्यकता थी जो कि हमारी कम संख्या लेकिन बेहतर गुणवत्ता की आवश्यकताओं को समजे, अच्छा काम भी करें और हमारी समय सारणी का पालन करे। और वो केंद्र के समीप होना भी जरूरी था जिससे आदान-प्रदान सुविधाजनक रहे। ऐसा एक विक्रेता सर्किट सिस्टम (इ) प्रा. लि. (सी एस आई एल)-गांधीनगर में मिला जिससे पहला अनुपात अनुबंध (रेट कांट्रेक्ट) सन 2000 में किया गया। द्विपरत ग्राउंड पीसीबी उनसे बनवाए जाने लगे। उसी दौरान अन्य ऐसे विक्रेताओं की तलाश भी जारी थी जिससे की हमारी बढती हुई खपत को भी पूरा किया जा सके एवं प्रतिस्पर्धा से हमें अच्छी गुणवत्ता भी मिले। धीरे-धीरे और विक्रेता भी मिलते गए और उनसे भी ग्राउंड पीसीबी हेतु अनुबंध किये गए। इस सन्दर्भ में समय-समय पर अहमदाबाद स्थित कोमोलिन इलेक्ट्रानिक्स प्रा. लि. (के इ पी एल) एवं इन्नोवेटिव, होसूर स्थित माइक्रोपेक लि. एवं एसेन्ट सर्किट्स प्रा. लि., सावली-वडोदरा स्थित मीना सर्किट्स प्रा. लि. से भी इसी प्रकार से अनुपात अनुबंध किये गए।

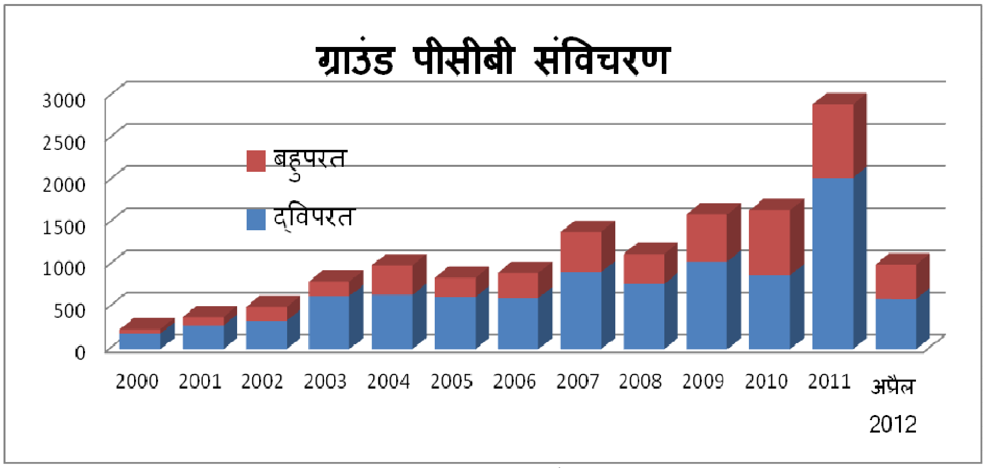
विक्रेताओं द्वारा पीसीबी निर्माण :

विक्रेताओं से ग्राउंड का काम लेने के साथ-साथ उनको हमारी ऑनबोर्ड पीसीबी की आवश्यकताओं से भी अवगत कराया गया। गांधीनगर स्थित सी एस आई एल ने हमारी इस चुनौती को स्वीकार करते हुए हम से 2004 में द्विपरत पीसीबी संविचरण का प्रमाणीकरण करवाया। प्रमाणीकरण के पश्चात सी एस आई एल के साथ ऑनबोर्ड द्विपरत पीसीबी निर्माण एवं आपूर्ति का अनुपात अनुबंध सन 2004 में किया गया। उसके पश्चात उनसे ऑनबोर्ड बहुपरत (10 परत तक के) पीसीबी के संविचरण के लिए प्रमाणीकरण करवाने हेतु तैयार किया गया। विक्रेता द्वारा ऑनबोर्ड बहुपरत पीसीबी संविचरण पहली बार होने जा रहा था। योग्यता परीक्षण एवं प्रमाणीकरण में बहुत सारी कठिनाइयाँ आयी और आखिरकार सन 2005 में हमें इसमें भी सफलता मिली। सन 2006 में ऑनबोर्ड बहुपरत (10 परत तक के) पीसीबी के संविचरण के लिए अनुपात अनुबंध किया गया। यह हमारी उद्योगों के साथ काम करने की बहुत बड़ी पहल थी। तब से लेकर आज तक हम बहुपरत पीसीबी के लिए पूर्णतया उद्योगों पर आधारित हैं। विक्रेता का ऑनबोर्ड बहुपरत पीसीबी निर्माण हेतु योग्यता परीक्षण एवं प्रमाणीकरण करवाना कोई आसान काम नहीं है। समय के साथ-साथ बहुत ही श्रम तथा धैर्य रखना आवश्यक होता है।

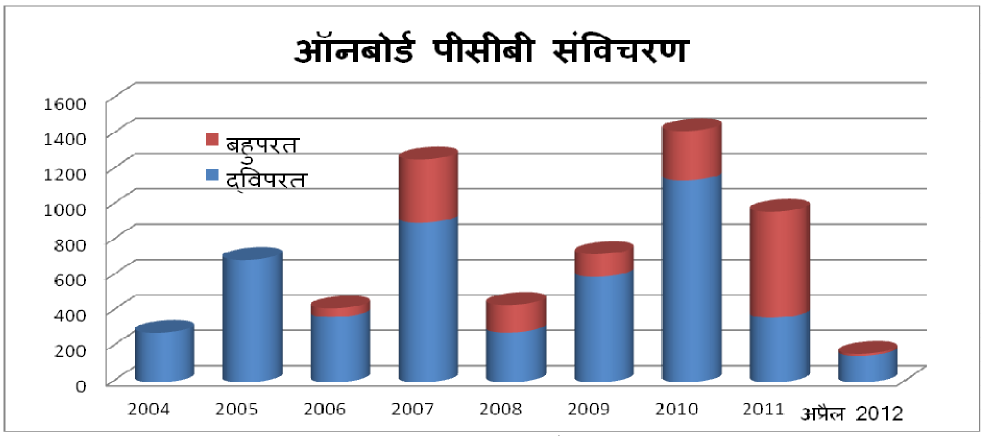
हाल ही में एसेन्ट सर्किट्स प्रा. लि. होसूर का भी योग्यता परीक्षण एवं प्रमाणीकरण किया गया है और उनसे भी ऑनबोर्ड पीसीबी (10 परत तक के) निर्माण एवं आपूर्ति का अनुबंध किया जा रहा है। दूसरे अनुबंध से हमें समय सारणी का पालन करने एवं प्रतिस्पर्धा से उत्तम गुणवत्ता प्राप्त करने में सहायता मिलेगी। और विक्रेताओं से हम प्रमाणीकरण प्राप्त करवाने कि कोशिश कर रहे हैं जिससे कि हमारे देशमें भी एक अंतरिक्ष उद्योग विकसित हो।

पिछले केवल एक ही वर्ष में 4116 पीसीबी निर्मित हुए जिसमें सूक्ष्म रेखा / ड्रिल, नियंत्रित इम्पिडन्स, फ्लेक्शिरिजिड, एचएएल / इएनआईजी इत्यादि जटिल प्रकार के पीसीबी सामिल है। इसमें 995 (562 बहुपरत एवं 433 द्विपरत) ऑनबोर्ड पीसीबी जिनका क्षेत्रफल 178858 वर्ग से.मी. एवं 3121 (1103 बहुपरत एवं 2018 द्विपरत) ग्राउंड पीसीबी जिनका क्षेत्रफल 365785 वर्ग से.मी. था।

सन् 2000 से अप्रैल 2012 तक बनवाये गए ग्राउंड पीसीबी आलेख-1 में जबकि ऑनबोर्ड पीसीबी आलेख-2 में दर्शाये गए है।

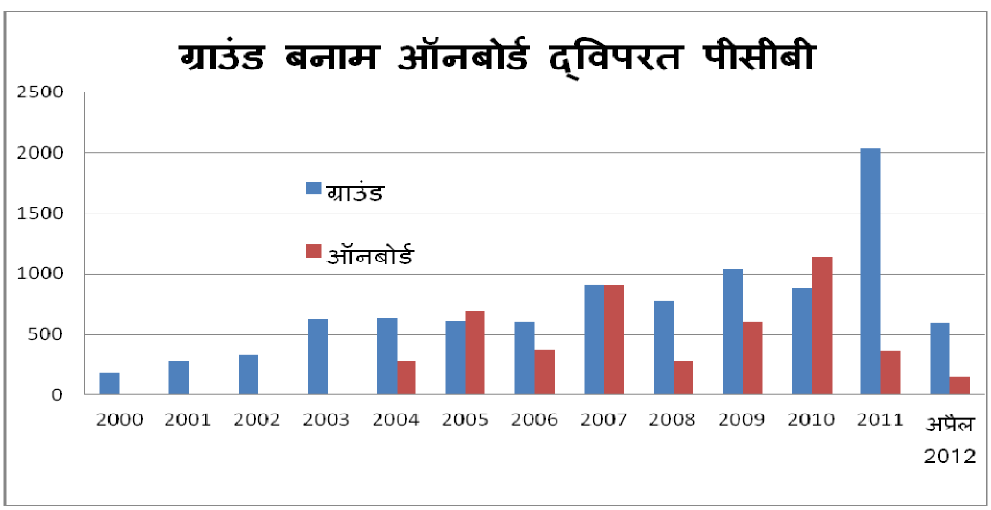


आलेख-1

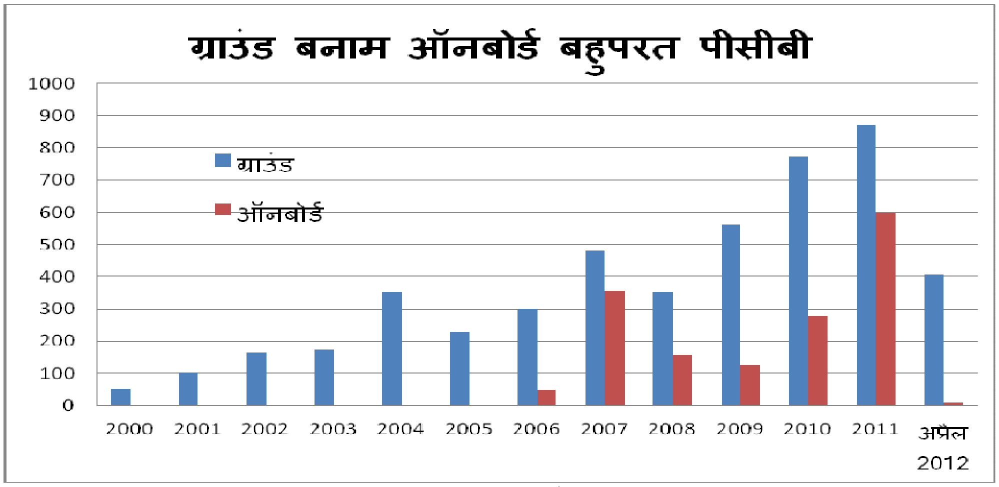


आलेख-2

आलेख-3 एवं 4 में विक्रेताओं द्वारा बनाये गए ग्राउंड बनाम ऑनबोर्ड अनुक्रम से द्विपरत तथा बहुपरत पीसीबी संख्या की तुलना दर्शायी गयी है। इससे अंदाजा लगाया जा सकता है कि पीसीबी की संख्या में कितनी बढोत्तरी हुई है।



आलेख-3



आलेख-4

जीसेट-11 डीवीएम हेतु विशिष्ट प्रकार का उष्मा परत सहित 1 मी.मी. अंतराल बीजीए माड्यूल (न्यूनतम 0.3 मी.मी. ड्रिल, 6 मील पथ, 8 मील दूरी) पीसीबी निर्माणाधीन है।

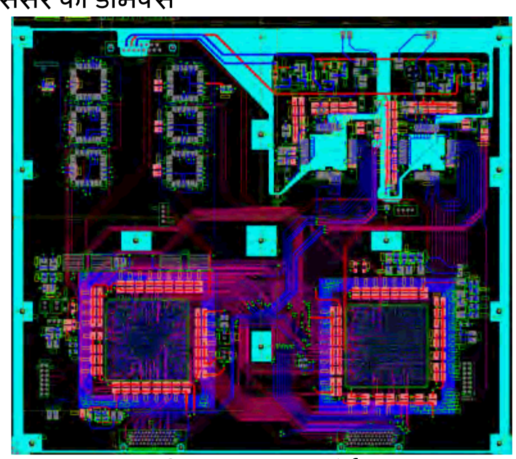
अंतरिक्ष उपयोग हेतु अभी 10 परत, न्यूनतम 0.5 मी.मी. व्यास का छेद एवं न्यूनतम 0.15 मी.मी. पथ चौड़ाई/ दूरी वाले पीसीबी विक्रेता द्वारा बनवाए जाना विनिर्दिष्ट हैं। विक्रेताओं द्वारा साल 2000 से अप्रैल 2012 तक बनाए गए पीसीबी की संख्या एवं क्षेत्रफल तथा उस पर आयी लागत नीचे तालिका-1 में दर्शायी गयी है।

	संख्या	क्षेत्रफल (वर्ग से. मी.)	कीमत (` लाख)
पीसीबी ग्राउंड	14348	2229802.35	257.74
पीसीबी ऑनबोर्ड	6349	829232.022	265.55
कुल	20697	3059034.37	523.29

तालिका-1 विक्रेताओं द्वारा कुल पीसीबी संविचरण (2000 से अप्रैल 2012)

वर्तमान चुनौतियाँ :

जीसेट-11 के ट्रांसपरेंट प्रोसेसर का डीमक्स



चित्र-1 डीमक्स बोर्ड

- दो 1738 पीन बीजीए डिवाइस (1 मी.मी. दूरी)
- 100 ओह्म इम्पिडेन्स, 55 डीफरेंशिअल जोड़

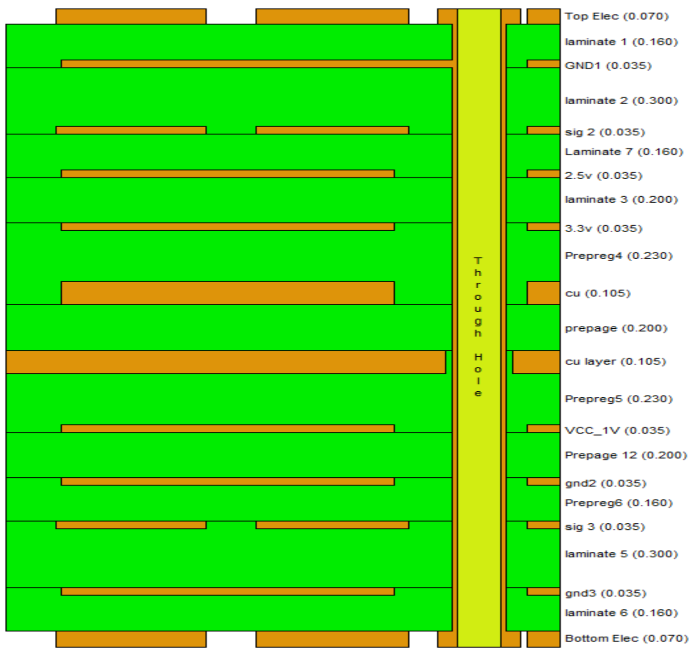
बोर्ड की कुल मोटाई : 2.9 मी.मी.

न्यूनतम पथ चौड़ाई : 0.15 मी.मी.

न्यूनतम ड्रिल नाप : 0.25 मी.मी.

ट्रेक से वाया एवं ट्रेक से पेड का न्यूनतम अंतर : 0.12 मी.मी.

ऐसी ही संरचना वाले अन्य बोर्ड : सिंथेसाईझर बोर्ड एवं राउटर बोर्ड

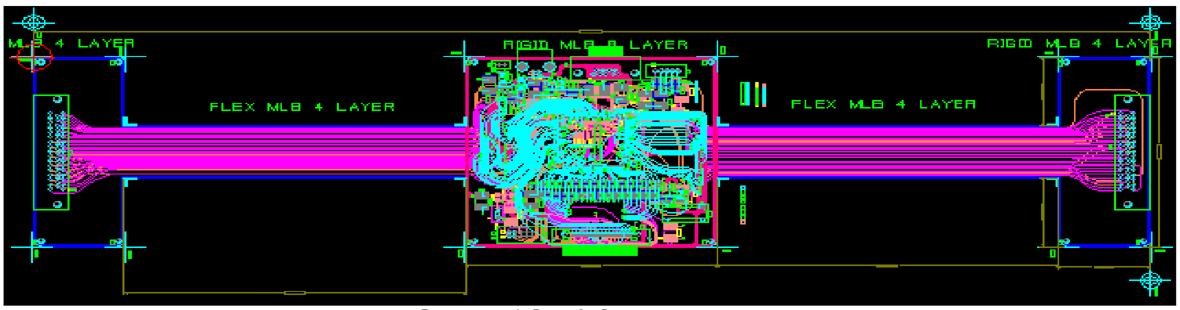


<u>**चित्र-2 संरचना**</u>

भविष्य की योजनाएं :

- बहुपरत पीसीबी निर्माण योग्यता परीक्षण हेतु निम्न दो विक्रेता नमूने प्रदान करने की प्रक्रिया में है :
  - मीना सर्किट्स, वड़ोदरा
  - हाई-क्यू इलेक्ट्रोनिक्स, होसुर
- आतंरिक ऊष्मा परत वाले बोर्ड के लिए (0.4 मी.मी. ताम्बे की परत) सी.एस.आई.एल. गांधीनगर से प्राप्त योग्यता पूर्व परीक्षण नमूने का परीक्षण जारी है।
- बीजीए/ सीसीजीए बोर्ड के निर्माण / असेम्बली की आवश्यकताओं का संकलन करके उसकी मार्गदर्शिका तैयार करना
- 1 मी.मी. दूरी वाले बीजीए एवं इम्पिडेन्स की आवश्यकता वाले एचडीआई (हाई डेंसिटी इंटरकनेक्ट) बोर्ड की यथार्थता हेतु नमूने संरचना पीसीबी आर्ट वर्क तैयार करवाना
- हाइब्रिड बहुपरत बोर्ड (4 एवं 6 परत) नियमित उपयोग हेतु यथार्थता
  - एफआर4 एवं टीएमएम10 का संयोजन
  - एफआर4 एवं आरटी ड्यूरोइड का संयोजन
- टीएमएम10आई सबस्ट्रेट पर सोने की पत्तर चढा पीटीएच पीसीबी पर एसआरए का परीक्षण

- आरटी ड्यूरोइड 6010, 1 मी.मी. ताम्बे के बेक अप के साथ, नमूने निर्माणाधीन
- सीएलटीइ – एक्सटी सबस्ट्रेट पर सोने की पत्तर चढा पीटीएच पीसीबी, प्रक्रिया चालू
- आरटी ड्यूरोइड 6010 एवं 6002 पर सोने की पत्तर चढा पीटीएच पीसीबी योग्यता परीक्षण के लिए लेना
- सीएसआईएल में निर्मित सोल्डर मास्क पीसीबी का योग्यता परीक्षण चल रहा है। एक और विक्रेता से नमूने बनवाए जा रहे है।
- फ्लेक्सिरिजिड पीसीबी का योग्यता परीक्षण



चित्र-3 फ्लेक्सिरिजिड पीसीबी

उपसंहारः

पीसीबी संविचरण के क्षेत्र में विक्रेताओं से बहुत ही बड़ी तादाद में कार्य लिया जा चुका है, और भी काम लिया जा रहा है। कुछ विशेष प्रकार के - 16 परत तक के पीसीबी, फ्लेक्सिरिजिड पीसीबी, एचडीआई पीसीबी, उच्च आकार अनुपात (अस्पेक्ट रेशियो) वाले ऊष्मा परत बोर्ड, हाईब्रिड पीसीबी इत्यादि बनाने वाले विक्रेता गिने-चुने ही है। उनसे भी अनुबंध करने कि कोशिश जारी है जिससे कि भविष्य में उपयोग में आनेवाले पुर्जों / तकनीकियों वाले पीसीबी बनवाने में हम पीछे न रह जाएं।

।। समाप्त ।।

स्केटरोमीटर नीतभार हेतु अति-संकीर्ण निस्यन्दक (ultra narrow band filter) का अभिकल्प एवं उसके निर्माण मे भारतीय उद्योग का योगदान

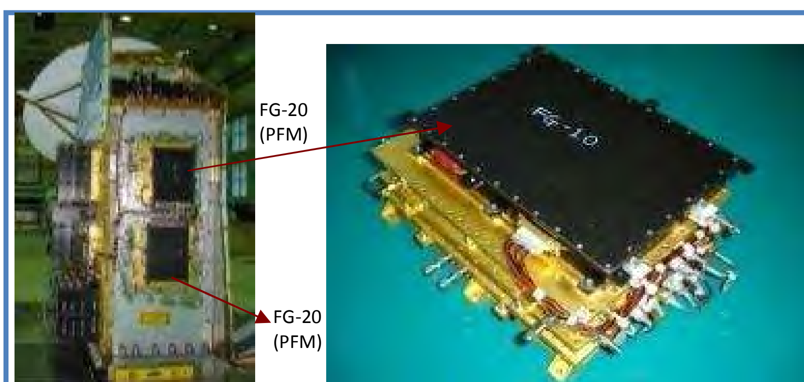
पूजा श्रीवास्तव, जी. वी रेड्डी
एम.एस.आर.डी/ एम.एस.टी.जी/ एम.आर.एस.ए

सारांश:

इसरो के प्रथम के. यू. बेंड स्केटरोमीटर नीतभार, ओशनसैट-2पर, दो अन्य नीतभार ओ. सी.एम एवं रोसा के साथ, सितंबर, सन् 2009 मे सफलता पूर्वक प्रक्षेपण किया गया. प्राप्त आकड़ों के विश्लेषण के आधार पर, यह स्केटरोमीटर, भारत मे ही नहीं अपितु , सम्पूर्ण विश्व मे, समुद्रीय अध्ययन एवं मौसम विज्ञान के क्षेत्र मे, अत्यंत उपयोगी सिद्ध हुआ है। इस स्केटरोमीटर नीतभार का एक अभिन्न अंग है आवृत्ति उर्जक उप- निकाय, (frequency generator subsystem) जो नीतभार की आवश्यक समस्त आवृत्तियों को उत्पन्न करता है। इस उप निकाय का एक महत्वपूर्ण अंग है 515MHz का अति-संकीर्ण निस्यन्दक. इस अति-संकीर्ण निस्यन्दक का निर्माण नवीन तकनीक से किया गया है। इस का अभिकल्प करते समय यह सुनिश्चित किया गया की भारतीय उद्योग में सुलभ से उपलब्ध निर्माण सुविधा का उपयोग करके यह निस्यन्दक बनाया जा सके। इस लेख में इसी निस्यन्दक का अभिकल्प एवं विकास प्रस्तुत किया गया है।

प्रस्तावना:

भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन, अंतरीक्ष विज्ञान एवं अंतरीक्ष प्रौद्योगिकी विकास के विभिन्न पहलुओं तथा उनके प्रबंधन के उद्देश्य के साथ-साथ भारतीय उद्योग जगत की प्रगति की ओर भी दृष्टि रखे हुए है। अंतरिक्ष कार्यक्रम की सफलता में निजी एवं सार्वजनिक इकाईयों का महत्वपूर्ण योगदान है। इसरो के प्रथम कू- बेंड स्केटरोमीटर नीतभार, ओशनसैट-2 पर, दो अन्य नीतभार ओ.सी.एम एवं रोसा के साथ, सितंबर, सन् 2009 में सफलता पूर्वक प्रक्षेपण किया गया। प्राप्त आकड़ों के विश्लेषण के आधार पर, यह स्केटरोमीटर, भारत मे ही नहीं अपितु, सम्पूर्ण विश्व मे, समुद्रीय अध्ययन एवं मौसम विज्ञान के क्षेत्र मे, अत्यंत उपयोगी सिद्ध हुआ है।



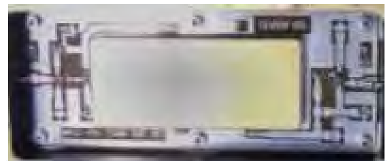
स्केटरोमीटर नीतभार, ओसानसैट-2

संजुक्त आवृति उर्जक 'उड़ान मॉडल (FM)'

आकृति संख्या 1

इस स्केटरोमीटर नीतभार का एक अभिन्न अंग है आवृति उर्जक उप- निकाय, (frequency generator subsystem) (आकृति संख्या 1.) जो नीतभार की आवश्यक समस्त आवृतियो को उत्पन्न करता है। इस उप निकाय का एक महत्वपूर्ण अंग है 515MHz का अति-संकीर्ण निस्यन्दक। इस

निस्यन्दक की आपेक्षित विशेषता है अति संकीर्ण संकेत बैंड विस्तृत एवं 50MHz पृथक अवत्तियों को अस्वीकार करना. इस प्रकार का तीक्ष्ण निस्यन्दक के अभिकल्प हेतु मिश्रित माइकरोस्टरिप प्रणाली का उपयोग माइक्रोवेव वर्णक्रम के निचले भाग की VHF एवं UHF आवृत्तियों मे नहीं किया जा सकता है, क्योंकि इन आवृत्तियों पर मिश्रित माइक्रोस्ट्रिप में उपयुक्त चिप प्रकार के इनडकटरो (Inductors) का विशेषता गुणक (quality factor) अपर्याप्त है। शुद्ध पारगमन रेखा सवरुप संरचना जैसे युग्मित रेखाएं (आकृति संख्या 2.) आदि का उपयोग भी इन आवृत्तियों पर ऐसे निस्यन्दक के अभिकल्प के लिये नही किया जा सकता है क्योंकि उनका आकार बहुत विस्तृत हो जाता है। दूसरे विकल्प जैसे SAW फ़िल्टर (आकृति संख्या 3.)का insertion loss बहुत ज्यादा होता है, और कुण्डलिनी निस्यन्दक (Helical Filter) (आकृति संख्या 3.)का आकार विस्तृत होता है। अन्तरिक्ष के निकायो में अवयवों हेतु छोटा आकार एवं निम्न loss अपेक्षित विशेषताएं हैं. अतः इन में से कोई भी विकल्प अपेक्षित निस्यन्दक के लिये उपयुक्त नही हैं।



SAW फिल्टर
आकृति संख्या 2

कुण्डलीनी फिल्टर
आकृति संख्या 3

इस अति-संकीर्ण निस्यन्दक का निर्माण नवीन तकनीक से किया गया है। इसका अभिकल्प करते समय यह सुनिश्चित किया गया की भारतीय उद्योग मे सुलभ से उपलब्ध निर्माण सुविधा के उपयोग कर यह निस्यन्दक बनाया जा सके।इस लेख में इसी निस्यन्दक का अभिकल्प एवं विकास प्रस्तुत किया गया है।

निस्यन्दक का अभिकल्प एवं विशलेषण

पूर्णवर्णित आंकलन के आधार पर इस निस्यन्दक के लिए समतल माइक्रोस्टरिप संरूप का चुनाव किया गया. 515 MHz पर एक चौथाई पारगमन रेखा का माप 58cm होता है, अतः आकार को सीमित करने हतु युग्मित रेखाएं (आकृति संख्या 4.) को परिवर्तित स्वरुप कैंची रेखा (आकृति

युग्मित रेखा फिल्टर
आकृति संख्या 4

कैंची रेखा
आकृति संख्या 5

विभाजित छल्ला अनुनादक आकृति संख्या

संख्या 5.) का उपयोग किया गया है। कैंची रेखा को मोड़ कर अगर विभाजित छल्ले का आकार दिया जाये तो नया प्रकार का अनुनादक (resonator) बन जाता है जिसे विभाजित छल्ला अनुनादक (split ring resonator) (आकृति संख्या 6.)कहते है, विभाजित रेखा को मोड़ कर विस्तृत करने से अनुनादक का माप एवं विशेषता गुणक में आवश्यकता अनुसार चुनाव किया जा सकता है। इस नवीन

अभिकल्प के उपयोग से यह निस्यन्दक ने सभी अपेक्षित आवश्यकताएं जैसे आकार एवं अति संकीर्ण संकेत बैंड विस्तृत एवं 50MHz पृथक आवृत्तियों को अस्वीकार करना, आदि परिपूर्ण की।
इस निस्यन्दक के विकास हेतु अध्स्तर (substrate) के लिए का चुनाव करते समय यह सुनिश्चित किया गया की भारतीय उद्योग मे सुलभ से उपलब्ध निर्माण सुविधा के उपयोग कर यह निस्यन्दक बनाया जा सके।

सामान्यता अन्तरिक्ष के RF निकायो के निर्माण के लिए एलुमिना अध:स्तर (substrate) का उपयोग किया जाता है। एलुमिना भुरभुरा होता है, इसलिए नीचें संवाहक पत्तर का उपयोग करना पड़ता है और 1 वर्ग इंच से बड़ें आकार की (circuit) परिधि नहीं बनायीं जा सकती है। इस समस्या के समाधान के लिए एक नए अध:स्तर ड्युरोइड (duroid) 6010 का उपयोग किया गया है। इस अध:स्तर के आण्विक गुड़ जैसे dielectric constant आदि अलुमिना के सामान है पर यह अलुमिना की तरह भुरभुरा नहीं है।

इसके आलावा एक बड़ा फायदा यह है की इस पर RF निकायो के निर्माण के लिए भारतीय उद्योग मे सरलता से उपलब्ध PCB निर्माण सुविधा के उपयोग से किया जा सकता है।
के. यू. बैंड स्केटरोमीटर नीतभार, ओशनसैट-2मे प्रयुक्त 515 MHz का अति-संकीर्ण निस्यन्दक का निर्माण गांधीनगर स्थित CSIL में किया गया है। इस कार्य के दौरान वहां की निर्माण प्रक्रिया को अंतरीक्ष उपयोग हेतु अपेक्षित गुणवत्ता एवं विश्वसनीयता के अनुसार तैयार किया गया. निर्मित निस्यन्दक का छायाचित्र एवं निस्यन्दक का मनित परिणाम आकृति संख्या 7,8 मे प्रस्तुत है।

।। समाप्त ।।

सत्र – 2

स्वदेशी उद्योगों एवं संस्थाओं का योगदान

अंतरिक्ष उपयोग की परियोजना “दूर-चिकित्सा” में उद्योगों तथा संस्थाओं का योगदान

लेखक : अरविन्द कुमार त्यागी, वैज्ञा./अभि . – एस इ, टी एन डी/ एस एन डी जी/डेकू (3128)
विक्रम देसाई, समूह निदेशक, एस एन डी जी/डेकू

1.0 परिचय :

भारत एक विकासशील देश है। भारत में कुल 6,25,000 गांव है तथा कुल 6,50,000 चिकित्सक गांव एवं शहर के लिये उपलब्ध है। भारत की 70% जनसंख्या ग्रामीण क्षेत्रों में रहती है। परन्तु भारत के 70% डॉक्टर शहर में पाये जाते है। गांवों तथा सुदूर क्षेत्रों में अच्छे चिकित्सक एवं चिकित्सालय उपलब्ध नहीं है इसी वजह से गांवों तथा सुदूर क्षेत्रों में अच्छी चिकित्सा उपलब्ध नहीं हो पाती है।

इन तथ्यों को ध्यान में रखकर, भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (भा. अं. अ. सं.) ने अंतरिक्ष तकनीकी का प्रयोग कर भारत के गांवों तथा सुदूर क्षेत्रों रहने वाली जनसंख्या को मूल सेवाएँ प्रदान करने की शुरूआत की है।

भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (भा. अं. अ. सं.) ने पहली दूर-चिकित्सा परियोजना 05 केन्द्रों के साथ सन् -2001 में की थी। भा. अं. अ. सं. ने राज्य सरकार अवं गैरसरकारी संस्थाओ की सहायता से अब तक भारत में 399 दूर चिकित्सा केन्द्र स्थापित कर दिए हैं। इस परियोजना को स्थापित करने के लिए मूलतः 04 अजेंसी ने योगदान दिया है जो इस प्रकार से है;

1.भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (भा. अं. अ. सं.)
2. राज्य सरकार
3.सरकारी एवं गैरसरकारी चिक्तिसा संस्थाऐ
4. उद्योग

2.0 दूर-चिकित्सा की परिभाषा

जब एक वरिष्ठ चिकित्सक दूर से किसी रोगी को सूचना ओर संचार तकनीकी के माध्यम से चिकत्सा प्रदान करता है उसे हम **दूर-चिकित्सा कहते है।**

3.0 दूर-चिकित्सा

दूर-चिकित्सा 5 चरणों में की जाती है

1. सबसे पहले रोगी की डाक्टरी जाँच रिपोर्ट को दईकोम-03 एवं अच् अल -7 के अनुसार डिजिटल फॉर्मेट (इलेक्ट्रॉनिक फॉर्म) में बदला जाता है।
2. इसके बाद रोगी की रिपोट्र्स को संचार के माध्यम के द्वारा, वरिष्ठ चिकित्सक के पास भेज दिया जाता है।
3. रिपोर्ट प्राप्त करने के बाद, वरिष्ठ चिकित्सक रिपोट्र्स का अध्ययन करता है
4. इसके बाद वरिष्ठ चिकित्सक, दूर चिकित्सक एवं रोगी के साथ वीडियो वार्तालाप के द्वारा पूछ ताछ (वार्तालाप) करता है तथा रोगी को कैमरा के द्वारा देखता भी है।
5. इसके बाद वरिष्ठ चिकित्सक रोगी को परामर्श देता है तथा दवाईयां लिखता है

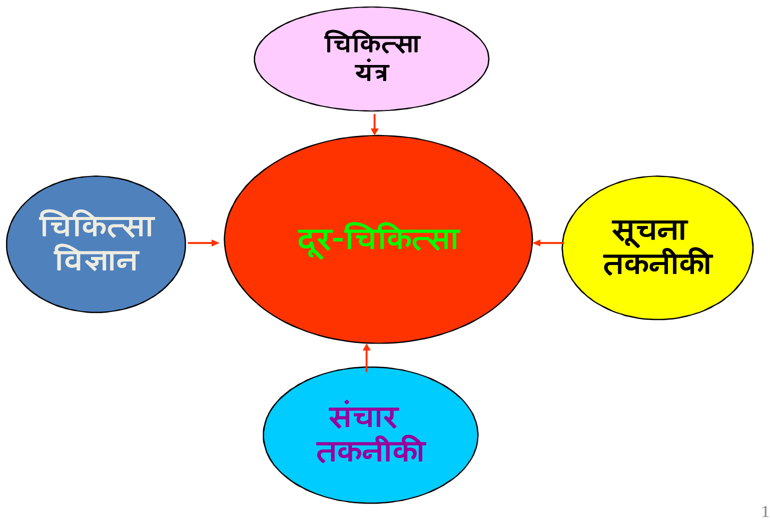
3.1 दूर-चिकित्सा पद्धति

दूर-चिकित्सा पद्धति मूलतः चार तत्वों की सहायता से के जाती है। जो इस प्रकार से है;

चिकित्सा यन्त्र: अन्य प्रकार के चिकित्सा यन्त्र जो रोगी की जाँच के लिये प्रयोग किये जाते है जैसे की विकिरण यंत्र, सूक्ष्म रक्त जाँच यंत्र, अति ध्वनी यंत्र.

चिकित्सा विज्ञान: डॉक्टर तथा वरिष्ठ डॉक्टर
संचार तकनीकी : संचार माध्यम – उपग्रह
सूचना तकनीकी: दूर-चिकित्सा सर्वर, डॉक्टर तथा रोगी छोर सॉफ्टवेर, परिकलक, विंडोस ओपेरातिंग सॉफ्टवेर

दूर-चिकित्सा प्रणाली



दृश्य संख्या -01

4.0 दूर – चिकित्सा जाल (नेटवर्क) का संरूपण (कांफिगरेशन)

दूर – चिकित्सा जाल (नेटवर्क) के मूल तत्त्व:

अ. वि. स. अ. ट. (वैरी स्माल अपार्चुएर टर्मिनल) हब
आ. दूर – चिकित्सा सर्वर हार्डवेर तथा सॉफ्टवेर
इ. वरिष्ठ डॉक्टर केंद्र
ई. रोगी केन्द्र
उ. रोगी जाँच यंत्र
ऊ. फॉर डॉक्टर तथा रोगी केन्द्र के लिए दूर – चिकित्सा सॉफ्टवेर
ऋ. अंतरिक्ष खंड (उपग्रह – बैंडविड्थ)

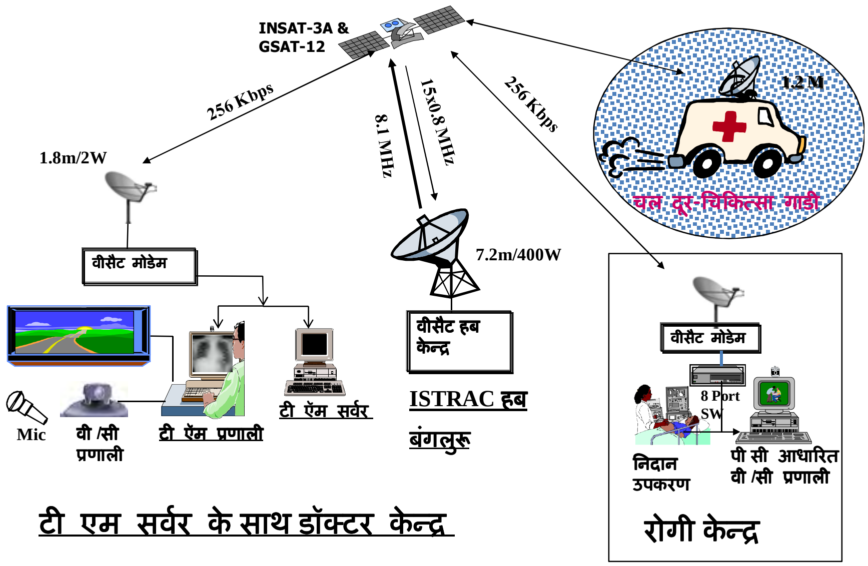
दूर–चिकित्सा जाल (नेटवर्क) स्थापित करने के लिए मूल तत्वों की आवश्कता विभिन्न उद्योगों एवं संस्थाओ के द्वारा पूरी की जाती है।

रोगी केन्द्र पर सामान्त: कम कीमत का वीडियो वार्तालाप सिस्टम दिया जाता है। भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन की प्राथमिक दूर –चिकत्सा नेटवर्क कांफिगरेसन के अंतर्गत, तीन प्रकार के रोगी जांच यंत्र दिए गये है। जो इस प्रकार है

1. रक्त जाँच (पैथोलोजी) उपकरण
2. एक्स रे - विकिरण उपकरण
3. हृदय रोग जाँच (कार्डियोलोजी) उपकरण

दूर – चिकित्सा का जाल (नेटवर्क) फिगर -02 में दर्शाया गया है

विशिष्ट दूर – चिकित्सा जाल : सरचना



चित्र संख्या -02

5.0 दूर – चिकित्सा जाल (नेटवर्क) को स्थापित करने में संस्थाओं तथा उद्योगों का योगदान

दूर – चिकित्सा जाल (नेटवर्क) को स्थापित करने में निम्नलिखित संस्थाओं तथा उद्योगों ने विभिन्न क्षेत्रों में योगदान दिया है

5.1 भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (भा. अं. अ. सं.)

भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (भा. अं. अ. सं.) ने दूर – चिकित्सा जाल (नेटवर्क) को स्थापित करने में निम्नलिखित क्षेत्रो में योगदान दिया हैः-

अ. सभी राज्य सरकारों के साथ सभाएं करके उनकी दूर-चिकित्सा की आवश्यकता की जानकारी प्राप्त करती है।

आ. राज्य सरकार की आवश्यकता के अनुसार, राज्य के लिए दूर-चिकित्सा नेटवर्क की रूपरेखा तथा परियोजना दस्तावेज तैयार कराती है।

इ. परियोजना दस्तावेज के अनुमोदन के बाद, दूर-चिकित्सा नेटवर्क स्थापित करने के लिए उपकरणो की खरीद करती है।

ई. नेटवर्क स्थापित करने के बाद, भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन अभियंता, नेटवर्क का परीक्षण तथा मूल्यांकन भी करते हैं।

उ. नेटवर्क संचालन (पहले साल) तथा नेटवर्क का वार्षिक रखरखाव भी कराती है।

ऊ. सभी नेटवर्क के उपयोग तथा व्यय का आकलन भी कराती है।

ऋ. सबसे मुख्य बात है की भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (भा.अं.अ.सं.) सभी राज्य सरकारों को मुफ्त उपग्रह आवृति प्रदान करती है।

ऌ. सभी राज्य सरकारों के साथ आपसी समझौता कराती है।

5.2 राज्य सरकार

राष्ट्रीय ग्रामीण स्वास्थ्य मिशन (रा. ग्रा. स्वा. मि) की सहायता से भारत में करीब करीब सभी राज्यों में दूर – चिकित्सा जाल (नेटवर्क) स्थापित कर दिये गये हैं। निम्नलिखित राज्यों ने, अपने स्वतंत्र दूर – चिकित्सा जाल (नेटवर्क) स्थापित कर लिये हैं :

अ. राजस्थान
आ. महाराष्ट्र
इ. अंडमान एवं निकोबार समूह
ई. लक्षद्वीप
उ. मध्यप्रदेश
ऊ. छत्तीसगढ़

दूर – चिकित्सा जाल (नेटवर्क) को स्थापित करने तथा पूर्ण रूप से उपयोग करने में, राज्य सरकार निम्नलिखित क्षेत्रो में योगदान देती हैः-

1. स्थल (साईट), कमरा, तथा जरूरत का सभी सामान उपलब्ध करती है।
2. दूर – चिकित्सा केन्द्र को चलाने तथा रखरखाव के लिये कर्मचारी उपलब्ध कराती है।
3. डॉक्टर केन्द्र के लिये वरिष्ठ डॉक्टर तथा रोगी केन्द्र के लिये डॉक्टर का प्रबंध कराती है।
4. दूर-चिकित्सा केन्द्रों के बीच परामर्श करने के लिये समय तालिका तैयार करती है।
5. एक साल के बाद दूर – चिकित्सा केन्द्र का संचालन एवं रखरखाव कराती है।
6. नेटवर्क के उपयोग का अवलोकन करने के लिये, समय समय पर भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन के साथ बैठक करती है।

5.3 सरकारी एवं गैरसरकारी चिकित्सा संस्थाऐ

भारत में कई गैरसरकारी चिकित्सा संस्थाएं हैं जिनका दूर – चिकित्सा जाल (नेटवर्क) स्थापित करने में महत्वपूर्ण योगदान है जिनमे से कुछ नीचे दी गई हैं:

1. शंकर नेत्रालय अस्पताल, चैन्नई
2. नारायण हृदयालय, बंगलूरू
3. अखिल भारतीय आयुर्विज्ञान (अ. भा. अ. वि.) दिल्ली –(सरकारी)
4. श्री रामचन्द्र मेडिकल कॉलेज, चैन्नई
5. सत्य साईं ट्रस्ट
6. एशिया हार्ट फाउंडेशन- कलकत्ता
7. अपोलो अस्पताल, हैदराबाद
8. नानावटी अस्पताल, मुंबई
9. टाटा मेमोरियल कैंसर खोज संस्थान, मुंबई
10. गुजरात कैंसर खोज संस्था, अहमदाबाद
11. भारत की थल, जल तथा वायु सेना (कुल 13 दूर-चिकित्सा केन्द्र)

गैरसरकारी चिक्तिसा नेटवर्क सयुंक्त रूप से स्थापित किया गया है। जिसमे, भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन ने कुछ जगह पर पूरा टर्मिनल तथा कुछ जगहों पर केवल वि. सेट टर्मिनल दिया है। गैरसरकारी चिकित्सा संस्था, दूर-चिकत्सा केन्द्र स्थापित करने तथा उसका चालन एवं रखरखाव खुद करती है।

गैरसरकारी चिकित्सा संस्थाएं, चल-दूर-चिकित्सा केन्द्र (मोबाइल वैन) का उपयोग अच्छी तरह से करती हैं। इससे ये गांव तथा दूर दराज के क्षेत्रो को अधिक संख्या में सेवाएं पहुंचाती हैं। अतः चल-दूर-चिकित्सा केन्द्र (मोबाइल वैन) के मुकाबले ज्यादा लोगों को सेवाएं प्रदान कर पाती हैं।

पहली चल दूर-चिकित्सा गाडी

शंकर नेत्रालय द्वारा "चल दूर-चिकित्सा गाडी" आँखों के रोगों के लिये प्रयुक्त चल गाड़ी

अब तक करीब 1.55 लाख रोगियों को सेवा प्रदान की जा चुकी है|

दृश्य संख्या -03

डॉक्टर चल चिकित्सा केन्द्र पर रोगी की आँखों का निरीक्षण किया जा रहा है|

दृश्य संख्या -04

गैरसरकारी चिकित्सा संस्थाएं उच्च श्रेणी के अलग अलग बीमारी के विशेषज्ञ उपलब्ध कराती है जिसकी वजह से दूर –दराज के लोगो को अच्छी स्वास्थ्य सेवाएं उपलब्ध हो रही है।

5.4 उद्योग (कंपनी)

भारत में कई कंपनियाँ (उद्योग) है जिनका दूर – चिकित्सा जाल (नेटवर्क) स्थापित करने में महत्वपूर्ण योगदान है जिनमे से कुछ नीचे दी गई है:-

1. मेसर्स इन्फिनियम इंडिया लिमिटेड- अहमदाबाद
2. मेसर्स मेंहदी बाग कंप्यूटर लिमिटेड- पुणे
3. मेसर्स भारत इलेक्ट्रानिक्स लिमिटेड –बंगलुरु
4. मेसर्स वेस्ट बंगाल इलेक्ट्रोनिक्स लिमिटेड – कोलकाता
5. मेसर्स अ. म. ट. र. ओ. न. गुवाहाटी
6. मेसर्स बी. ऍम. एल. टी. एस. गाजियाबाद
7. मेसर्स टेलीवाईटल, बंगलुरु
8. मेसर्स प्रोग्नोसिस बंगलुरु
9. मेसर्स सी. डी. ए. सी. चंडीगढ़

इन सभी उद्योगों ने दूर – चिकित्सा जाल (नेटवर्क) को स्थापित करने तथा संचालन एवं रखरखाव के लिये निम्नलिखित क्षेत्रों में महत्वपूर्ण योगदान दिया हैः-

1. दूर – चिकित्सा केन्द्र को स्थापित करने के लिये स्थान का चयन करना।
2. उपग्रह संचार तथा दूर – चिकित्सा के यंत्र खरीदना।
3. दूर – चिकित्सा को स्थापित (कमिशन) करना।
4. नेटवर्क रखरखाव के लिये उपकरण उपलब्ध कराना।

6.0 उपसंहार

दूर – चिकित्सा जाल (नेटवर्क) को स्थापित करने तथा इसको सफल बनाने में इन सभी संस्थाओ तथा उद्योगों का महत्वपूर्ण योगदान है। इन सभी के सयुंक्त प्रयत्नों से हम 5 दूर – चिकित्सा केन्द्रों से बढकर 399 दूर – चिकित्सा केन्द्र स्थापित कर चुके हैं। अप्रत्यक्ष रूप से भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (भा. अं. अ. सं.) ने इन संस्थाओं तथा उद्योगों के माध्यम से बड़ी संख्या में भारत के काफी लोगो को रोजगार प्रदान किया है।

दूर – चिकित्सा जाल (नेटवर्क) से भारत के काफी लोग (अलग-अलग रोग) से लाभान्वित हुए हैं। भविष्य में हमारा लक्ष्य, दूर – चिकित्सा सेवा की पहुंच प्राथमिक स्वास्थ्य केन्द्रों तक बढ़ाकर इन्हें वहाँ स्थापित करना है तथा सभी राज्यों में चल स्वास्थ्य केन्द्र भी स्थापित करना है जिससे अधिक से अधिक दूर–दराज के लोगो को स्वास्थ्य सेवाएं प्रदान हो सकेगीं।

।। समाप्त ।।

भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन के दूरशिक्षा कार्यक्रम में उद्योगों एवं संस्थाओं का योगदान

संदीप घोराई एवं विक्रम देसाई
sandip@sac.isro.gov.in , vikram@sac.isro.gov.in
वैज्ञा./अभि.एसडी, ग्रुप निदेशक. एस.एन.डी.जी./डेकू/इसरो, अहमदाबाद
दूरभाषः 3128/3186

सारांशः

तकरीबन चार दशक से भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम, अंतरिक्ष तकनीकियों में काफी कामयाब हो चुका है एवं ये कार्यक्रम सामाजिक उपयोग के लिए काफी केंद्रित है। यह एक बहुविमा कार्यक्रम के रूप में बनाया गया है जिसकी नीति को विभिन्न शेयर होल्डर जैसे राज्य सरकार, सरकारी एवं गैरसरकारी संस्थाएं, उपभोक्ता, बुद्धिजीवी एवं इसरो ने अन्तिम रूप दिया। सबसे मुख्य उद्धेश्य इस अंतरिक्ष तकनीकी को उस बड़ी जनसंख्या तक फैलाना एवं बढ़ाना है जोकि आर्थिक रूप से कमज़ोर है एवं दूरदराज के इलाके जिनके पास एकदूसरे से जुड़ने का कोई साधन नहीं है। इन अंतरिक्ष तरीकों का सफलता से उपयोग कई क्षेत्रों में किया जा रहा है, जैसे दूर-शिक्षा, आरोग्य सेवा, ग्राम स्रोत केंद्र इत्यादी। लेकिन इसे कायमी तरीके से एवं बहुत बड़े पैमाने पर काफी बड़े भौगोलिक क्षेत्रफलों में फैलाना हमारा सबसे महत्वपूर्ण उद्देश्य है।

1.0 प्रस्तावनाः

दूर शिक्षाः एड्यूसैट उपयोग कार्यक्रम

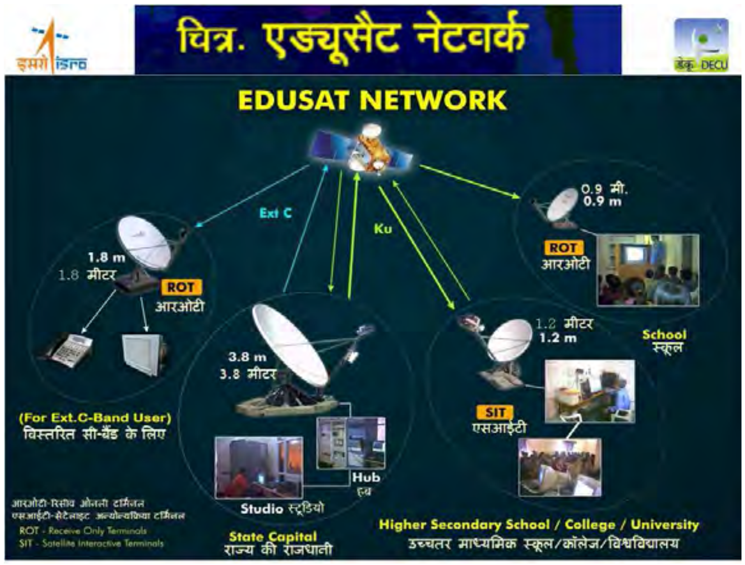
इन्सैट पर आधारित शिक्षा की सेवाओं की सफलता के उपरांत ऐसी जरूरत महसूस हुई कि शिक्षा सेवाओं के लिए एक उपग्रह होना चाहिए, तत्पश्चात एड्यूसैट को सितम्बर 2004 में प्रमोचित किया गया। इस उपग्रह के प्रक्षेपण से पाठ्यक्रम पर आधारित शिक्षा प्रदान करने वाले सैटकॉम नेटवर्क के उपयोग में एक क्रांति आ गयी।

एड्यूसैट उपयोग कार्यक्रम प्रारंभिक योजना: एड्यूसैट की स्थापना से पहले, ऐसा महसूस किया गया कि एड्यूसैट उपयोग कार्यक्रम को दिशा दिखाने के लिए राष्ट्रीय स्तर पर बातचीत एवं विचार-विमर्श होने चाहिए। भू-खंड के उपयोग एवं तैयारी के लिए बहुत सारी वार्तालाप, गोष्ठि एवं कार्यशालाएं आयोजित की गई थी जिसका मुख्य लक्ष्य भू-खंड के उपयोग एवं तैयारी। इन गोष्ठि के अंतर्गत जिसमें राज्य सरकारों, मानव संसाधन विकास मंत्रालय के अधिकारी एवं अन्य शिक्षा संस्थाओं ने भाग लिया था। एड्यूसैट के संकल्पना, उसकी तकनीक, उपयोग एवं उसके उपभोग के लिए नेटवर्क एवं कार्यशैली के बारे में जानकारी दी गई। अपने-अपने राज्य में प्रचलित शिक्षा प्रणाली आधारित संरचना एवं शिक्षा प्रदान करने में कौन-सी तकनीक का प्रयोग किया जाता है एवं उसमें क्या परेशानियां और रूकावटें आ रही है इन सबके बारे में हर राज्यों ने अपना प्रस्तुतीकरण दिया।

इन प्रस्तुतीकरण के आधार पर उन राज्यों की परेशानियों एवं क्या जरूरतें हैं उसके बारे में जानकारी मिली। इन वार्तालापों में निम्नलिखित विषयों पर चर्चा की गई। प्राथमिक शिक्षा, माध्यमिक शिक्षा, उच्च प्राथमिक शिक्षा एवं उच्च शिक्षा, तकनीकी एवं नौकरी से संबंधित शिक्षा, दूर शिक्षा, शिक्षकों का प्रशिक्षण एवं महिलाओं के लिए शिक्षा। इन विचार-विमर्श में उपग्रह के माध्यम से शिक्षा, अन्योन्यक्रिया, विषय वस्तु की गुणवत्ता, प्रगति परामर्श, लोगों का योगदान, खास लक्ष्य समुदाय के लिए कार्यक्रम, शिक्षा प्रबंधन सूचना प्रणाली एवं वास्तविक कक्षाओं आदि विषयों को सम्मिलित किया गया है। इस तरह हर राज्यों की आवश्यकताओं का मूल्यांकन किया गया।

एड्यूसैट उपभोग कार्यक्रम से संबंधित सभी विषय एवं संपूर्ण परिदृश्य की जानकारी लेने के उपरान्त कार्यक्रम को चलाने में मॉनीटर, संचालन करना एवं निर्देश देने के लिए एक परियोजना संरचना को बनाया गया। एड्यूसैट परियोजना के संपूर्ण तरीके से कार्यरत करने के हेतु एवं हर राज्य में अन्योन्यक्रिया नेटवर्क

लगाने के लिए इसरो में आंतरिक परियोजना दल, परियोजना प्रबंधन बोर्ड एवं परियोजना प्रबंधन मंत्रणा की स्थापना की गई। संपूर्ण मॉनीटरिंग एवं विभिन्न शेयर होल्डर के साथ समायोजन के लिए अंर्तविभागीय समिति बनाई गई। एक शिखर समिति– अंर्तविभागीय परियोजना निरीक्षण परिसर के नाम से भी बनाया गया जिसमें इसरो, मानव संसाधन विकास मंत्रालय के अधिकारी, कई शिक्षा संस्थाओं जैसे इग्नू, सीईसी/यूजीसी, एनसीइआरटी सीआईटी के प्रतिनिधि शामिल थे। यह फैसला लिया गया कि इसरो अंतरिक्ष खंड प्रदान करेगा एवं विभिन्न अन्योन्यक्रिया नेटवर्क को विभिन्न राज्यों को अत्याधुनिक तकनीक से निर्धारित करेगा जबकि उपग्रह का उपयोग उपभोक्ताओं के हाथ में होगा।



<u>चित्र-1 में एड्यूसैट नेटवर्क को दर्शाया गया है।</u>

2.0 कार्यान्वयन नीति

एड्यूसैट के सही एवं संपूर्ण उपयोग के लिए कार्यक्रम निर्माण की भूमिका महत्वपूर्ण है। एड्यूसैट द्वारा प्रसारित ये कार्यक्रम प्रांसगिक तथा मनोरंजक बनाया गया। यह भी तय हुआ कि उपभोक्ता ही उपभोग की देखभाल करेंगे – हाजिरी इत्यादि देखकर, उन कमियों को दूर करेंगे। इन सब कार्यों में इसरो उपभोक्ताओं संरूपण विकसित करने में एवं नेटवर्क स्थापित करने में सही मार्गदर्शन देगें एवं उपभोक्ताओं को सहायता करवायेगें। कार्यान्वयन की जिम्मेदारियां एवं उनका योगदान समझने के पश्चात एड्यूसैट उपयोग कार्यकम को 3 चरण में लगाया गया है – पाइलट परियोजना, अर्ध प्रचालन चरण एवं अवस्था प्रचालन चरण।

3.0 पायलट परियोजना

पायलट परियोजना में भारत के 3 राज्यों (महाराष्ट्र, मध्यप्रदेश एवं कर्नाटक) में निम्नलिखित संस्थाओं में पायलट परियोजना लागू की गईः-

1. यशवंतराव चौहान महाराष्ट्र मुक्त विश्वविद्यालय (वायसीएमओयू), नासिक, महाराष्ट्र
2. राजीव गांधी प्रौद्योगिकी विश्वविद्यालय (आरजीटीयू), भोपाल, मध्य प्रदेश
3. विश्वेश्वरय्या प्रौद्योगिकी विश्वविद्यालय (वीटीयू), कर्नाटक

महाराष्ट्र में वायसीएमओयू, नासिक दूरशिक्षा में कर्नाटक में विश्वेश्वरय्या प्रौद्योगिकी विश्वविद्यालय इंजीनियरिंग कालेजों में उच्च तथा तकनीकी शिक्षा देने में, राजीव गांधी प्रौद्योगिकी विश्वविद्यालय इंजीनियरिंग कालेजों में, इसका उपयोग कर रहे थे। प्रत्येक स्थान पर लगभग 100 कक्षा केंद्र थे जिनमें 50 आर.ओ.टी. एवं 50 अन्योन्यक्रिया टर्मिनल दिए गए थे।

इस पायलट परियोजना का उद्देश्य दूरशिक्षा की नई तकनीकों का परिचय मल्टिकास्टिंग, प्रशिक्षण एवं विकासात्मक संचार चैनल (टीडीसीसी) में प्रयोग किए जाने वाले परंपरागत टीवी प्रसारण के बदले अन्योन्यक्रिया मल्टिमीडिया प्रणाली का उपयोग करना है। इसका लक्ष्य जीसैट-3 उपयोग परियोजना (जीएपी-3) का प्रयोग करना हैं। पायलट चरण का उपयोग नए मल्टिमीडिया विषय के विकास, पैतृक विषयों को मल्टीमीडिया में बदलने, उपग्रह वापसी चैनल के साथ मल्टिकास्टिंग में अनुभव प्राप्त करने एवं अर्ध प्रचालन परियोजना के लिए प्रणाली पैरामीटरों को अनुकूल बनाना है। कई इंजीनियरिंग कालेज को 3 अलग नेटवर्कों से इन्सैट-3बी कू-बैंड प्रेषानुकर की सहायता से जोड़ा गया। एड्यूसैट के प्रमोचन के उपरान्त अर्ध प्रचालन अवस्था के दौरान जो पाठ नेटवर्क के संरूपण से संबंधित विद्यार्थियों एवं शिक्षकों को नेटवर्क की सुविधाएं एवं वैशिष्ट्य उपलब्ध है, कार्यक्रम वितरण के तरीके एवं कार्यसूची सब अन्योन्यक्रिया नेटवर्क को एवं विसंरूपित में काफी सहायक रहे।

4.0 अर्ध प्रचालन अवस्था एवं वर्तमान स्थिति

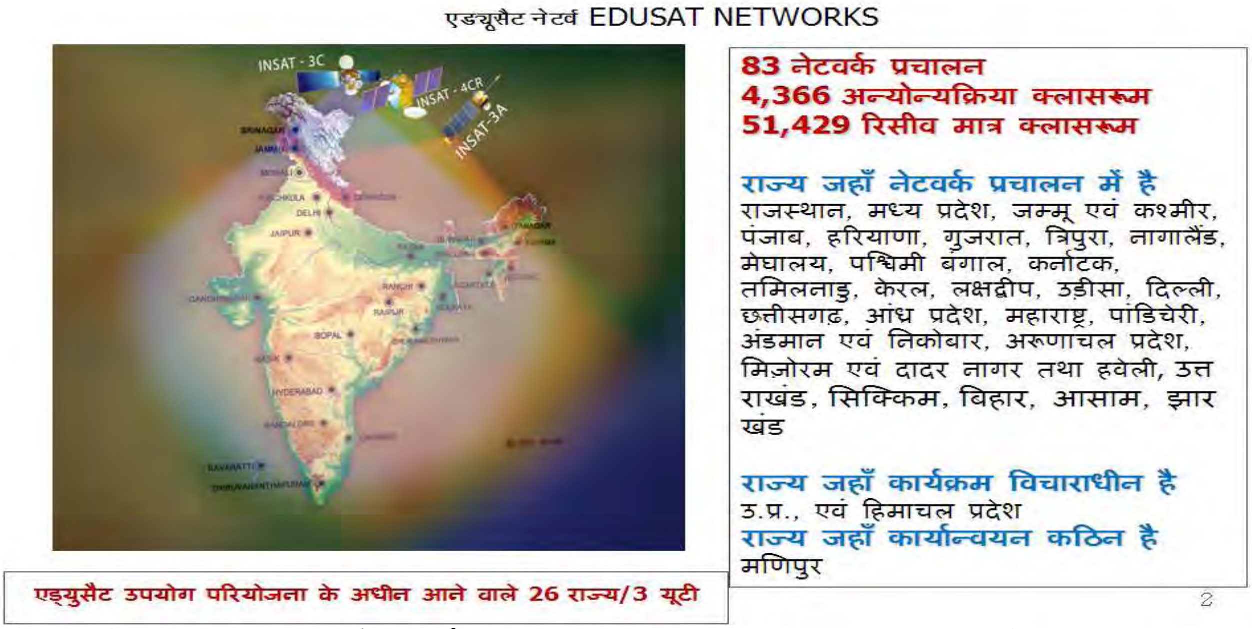
पायलट प्रचालन से जो फीडबेक मिला उसको ध्यान में रखकर हार्डवेयर एवं सॉफ्टवेयर में सुधार किया गया और उसे उपभोक्ता के अनुकूल बनाया गया। अर्ध प्रचालन अवस्था जो 2008-2009 तक चली थी, उसका मुख्य उद्देश्य भारत के हर राज्य में तकनीकी सुविधाओं के द्वारा एड्यूसैट के माध्यम से दूर शिक्षा को बढ़ाना था। इस अवस्था के अंतर्गत हर राज्य में एक हब एवं 50 अनोन्यक्रिया टर्मिनल दिए गए हैं। इसरो को हब लगाने की, भू-सुविधाजनक एवं नेटवर्क अन्य उपकरण लगाने की जिम्मेदारी थी। (अंतरिक्ष खंड एवं उपभोक्ताओं को तकनीकी सहायता एवं मार्गदर्शन इसरो ने किया है) विभिन्न राज्य सरकारों को नेटवर्क की प्रतिदिन की कार्यशैली को देखना था। राज्य सरकारी संस्थाओं को लक्ष्य उपभोक्ताओं को अभिनिर्धारित करने के अलावा नेटवर्क पर प्रसारित करने के लिए अंतर्वस्तु को भी अभिनिर्धारित एवं व्यवस्थित करने की जिम्मेदारी थी।

एड्यूसैट क्षेत्रीय भाषाओं में शिक्षा को प्रसारित करने के लिए 6 विस्तृत सी-बैंड की राष्ट्रीय बीम, एक कू-बैंड की राष्ट्रीय बीम एवं पांच कू-बैंड की क्षेत्रीय बीम प्रदान करता था। कू अथवा विस्तृत सी-बैंड अन्योन्यक्रिया नेटवर्क की जरूरत एवं स्थान के हिसाब से कू अथवा विस्तृत सी-बैंड से संचालित होता था। एड्यूसैट उपयोग कार्यक्रम के अंतर्गत, हर राज्य में एक हब स्थापित किया गया है जो अपने-अपने राज्य के कई नेटवर्कों को संभालता है। दो तरह के एड्यूसैट नेटवर्क स्थापित किए गए हैं। पहली तरह के नेटवर्क में अन्योन्यक्रिया होती हैं जो कला एवं विज्ञान के विद्यार्थियों, विविध कला विद्यालय, प्रबंध समिति एवं व्यवसाय संबंधित संस्थाओं को शिक्षक प्रशिक्षण एवं पाठ्यक्रम पर आधारित शिक्षा प्रदान करता है।

इन नेटवर्कों की दोतरफा ओडियो-वीडियो वार्तालाप होती है जोकि दूरवर्ती कक्षा में बैठे विद्यार्थियों को शिक्षण केंद्र में शिक्षक के साथ ओडियो विज़ुअल इन्टरेक्शन (वीडियो कॉन्फेसिंग) कराता है। दूसरी तरह के नेटवर्क जिन्हें आर.ओ.टी. कहते हैं, जो पाठ्यक्रम पर आधारित शिक्षण को प्राथमिक एवं माध्यमिक विद्यालयों के विद्यार्थियों तक पहुँचाते। एडयूसैट की सेवाएं मार्च, 2005 में सबसे पहले दी गई। एड्यूसैट पर आधारित प्राथमिक शिक्षण परियोजना इसरो एवं कर्नाटक राज्य सरकार द्वारा मिल-जुलकर चामराजनगर जिले में चालू की गई थी। इस परियोजना के अंतर्गत 885 प्राथमिक विद्यालयों जोकि मुख्तयः आदिवासी क्षेत्रों में स्थित थे। यह आर.ओ.टी. के द्वारा पाठ्यक्रम संबंधित शिक्षा प्रदान की गई थी। इन नेटवर्कों में प्राथमिक शिक्षण क्षेत्र में एक क्रांति ला दी, जिसके पश्चात् इसरो ने अपना नेटवर्क का गुलबर्गा जिले में भी विस्तार किया जिससे 900 और विद्यालयों को भी जोड़ा गया, दूसरे राज्यों को भी ऐसे नेटवर्क स्थापित करने की प्रेरणा मिली।

मई 2012 तक 83 स्वतंत्र नेटवर्क लग चुके हैं जिनमें 3335 अन्योन्यक्रिया टर्मिनल कू-बैंड में, 992 विस्तृत सी-बैंड में एवं 39 सी-बैंड में संचालित है। ये नेटवर्क पूरे देश के 55,795 कक्षाओं को जोड़ते हैं जिनमें 4366 से ज्यादा वार्तालाप कक्षाएं हैं एवं 50442 से ज्यादा प्राप्त करने वाली आर.ओ.टी. कक्षाएं हैं। 26 राज्यों में

नेटवर्क स्थापित किए गए हैं जो तकरीबन पूरे देश में फैले हुए हैं जिनमें सभी द्वीप, उत्तर-पूर्वीय राज्यों के दूरस्थ स्थित क्षेत्र एवं जम्मू एवं कश्मीर शामिल है। इसी तरह 3 केन्द्रशासित प्रदेश में भी नेटवर्क लगाए गए हैं बाकी राज्यों में अभी स्थापित करने का कार्य चल रहा है।



<u>चित्र-2 में समस्त भारत के एड्यूसैट नेटवर्क उपयोग परियोजना के अधीन आने वाले 26 राज्य/3 केंद्रशासित संघ को दर्शाया गया है।</u>

<u>चित्र-3 – आर.ओ.टी. नेटवर्क से प्राथमिक विद्यालयों की कक्षाओं को जोड़ती है।</u>

5.0 विशिष्ट नेटवर्क

जैसे एड्यूसैट कार्यक्रम के अंतर्गत विभिन्न प्रकार के विशिष्ट नेटवर्क लगाए गए है जैसे कि -

- गुजरात राज्य में अंधजन मंडल के लिए नेटवर्क
- भारतीय पुनर्वास परिसर के लिए नेटवर्क
- केरल एड्यूसैट नेटवर्क के अंतर्गत केरल राज्य में सी-डेक का नेटवर्क
- केरल एड्यूसैट नेटवर्क के अंतर्गत केरल राज्य में मानसिक विक्षप्त लोगों के लिए केंद्रीय संस्था

बीपीए प्रचालन एड्युसैट प्रणाली

चित्र-4 अंधजन मंडली एड्यूसैट नेटवर्क में विद्यार्थी शिक्षा ग्रहण करते हुए।

जैसे अंधजन विद्यालयों के लिए प्रसारण नेटवर्क जिसमें श्रवण एवं अंधजनों द्वारा पढ़ने का छपा हुआ चिन्ह (ब्रेल) का सीधा प्रसारण किया जाता है, मानसिक रूप से बीमार बच्चों के विद्यालयों में 2 नेटवर्क है जिनसे इन बच्चों के माता-पिता एवं शिक्षकों को शिक्षा अथवा कोई भी नई जानकारी से अवगत कराया जाता है।

चित्र-5 भारतीय पुर्नवास परिषद एड्यूसैट नेटवर्क को दर्शाया गया है।

6.0 तकनीकी सेवा एवं प्रशिक्षण केंद्र

तकनीकी सेवा एवं प्रशिक्षण केंद्र की स्थापना जनवरी 2011 को गुवाहाटी, आसाम में की गई। ये पाँच उत्तर-पूर्वी राज्य इसके अंतर्गत है। जिन राज्यों में अभी प्रचालन है वो इस प्रकार है 1) आसाम 2) मेघालय 3) त्रिपुरा 4) अरूणाचल प्रदेश एवं 5) सिक्किम। दो राज्यों में आगे परियोजना है वो है मिजोरम एवं नागालैंड।
तकनीकी सेवा एवं प्रशिक्षण केंद्र का मुख्य उद्देश्य इस प्रकार हैः-

1) पाँच उत्तर-पूर्वी राज्यों के एड्यूसैट स्थल समन्वयकर्ता को उसकी जरूरत के अनुसार निरन्तर प्रशिक्षण प्रदान करना। अन्योन्यक्रिया टर्मिनल की खामियों को दूरभाष द्वारा रजिस्टर में दर्ज करवाना।
2) अन्योन्यक्रिया टर्मिनल की तकनीकी खामियों को दूर करके अन्योन्यक्रिया नेटवर्क की संख्या को बढ़ाते हैं।
3) इस नेटवर्क के उपयोग को बढ़ाना।

भविष्य में ये परियोजनाएं उत्तर भारत में जम्मू, कश्मीर एवं उत्तराखंड एड्यूसैट नेटवर्क को भी तकनीकी सेवा एवं प्रशिक्षण केंद्र में सम्मिलित किया जायगा। इसका मुख्य कार्यालय नई दिल्ली में स्थापित किया जाएगा।

चित्र-6 इसरो के अभियंता एवं तकनीकी सेवा प्रशिक्षण केंद्र के अभियंता कार्यालय में चर्चा करते हुए।

7.0 नेटवर्क को मॉनिटरिंग करने की व्यवस्था

समस्त भारत के जितने भी एड्यूसैट नेटवर्क है उनमें से 30 नेटवर्कों को डेकू, इसरो की भवन नं. 2513 में मॉनिटरिंग कर सकते हैं। इन 30 में से 11 नेटवर्क की एक साथ मॉनिटरिंग हो सकती है।

चित्र – 7 मॉनिटरिंग रूम में डेकू बिल्डिंग नं. 2513 में विभिन्न एड्यूसैट नेटवर्क को मॉनिटर करते हुए डेकू के अभियंता को दर्शाया गया है।

8.0 भारतीय उद्योगों का योगदान

पूरे भारत के एड्यूसैट नेटवर्क के हब, अन्योन्यक्रिया टर्मिनल की देखभाल, सेवा उपलब्धकर्ता कर रहे हैं। इनका चुनाव डेकू, इसरो ने किया है। यह उपलब्धकर्ता का नाम इस प्रकार है –भारत इलेक्ट्रॉनिक्स लिमिटेड, बंगलौर जिन्होंने वायासेट नेटवर्क एड्यूसैट के लिए स्थापित किया है। ह्यूजेस, बंगलौर जिन्होंने ह्यूजेस नेटवर्क एड्यूसैट के लिए स्थापित किया है। इन्फीनियम इंडिया लिमिटेड, अहमदाबाद जिन्होंने 2 छोटे हब नई दिल्ली में एड्यूसैट नेटवर्क राष्ट्रीय बीम के लिए स्थापित किया है। ये तीनों सेवा उपलब्धकर्ता इन सभी

नेटवर्कों का रखरखाव भी करते हैं। इन तीन सेवा उपलब्धकर्ता का चुनाव डेकू, इसरो ने किसी एक कंपनी का एकाधिकार तोड़ने के लिए किया है।

9.0 सरकारी एवं गैर सरकारी संस्थाओं का योगदान

दूरशिक्षा के लिए कुछ महत्वपूर्ण सरकारी संस्थाएं अपने कार्यक्रम राष्ट्रीय मिनी हब के द्वारा प्रसारित करती है। ये संस्थाएं निम्नलिखित है – एनसीईआरटी/सीआईटी, सीईसी/यूजीसी, इग्नू, आईईटीई, विज्ञान प्रसार, इंडियन होटल मेनेजमेंट (ये सभी सरकारी संस्थाएं हैं)। गैर-सरकारी संस्थाएं भी इसमें शामिल है – जैसे दयालबाग विश्वविद्यालय, आगरा। ये संस्थाएं नई दिल्ली के 2 छोटे हब द्वारा अपने कार्यक्रम को प्रसारित करती है। शिक्षक एवं छात्र इसका लाभ उठा रहे हैं।

10.0 संचालन अवस्था

एड्यूसैट उपयोग कार्यक्रम के संचालन अवस्था के अंतर्गत एड्यूसैट के नेटवर्क पूरे देश में विस्तृत किए गए हैं। इस अवस्था के दौरान उपभोक्ताओं से ऐसी आशा है कि वो इसरो की तकनीकी सहायता से नेटवर्क स्थापित करेंगे एवं लागत की भरपाई भी करेगें। जो स्थापित नेटवर्क है उनके विस्तार का काम भी उपभोक्ता या राज्य सरकार का है। इसरो जो भी बैंड विस्तार एवं अंतरिक्ष खंड की जरूरत है उसे पूरा करेगा।

11.0 उपसंहार

पूरे भारत के सुदूर क्षेत्र में अच्छे स्तर की शिक्षा, कोने-कोने में श्रेष्ठ शिक्षा का इस तकनीक की सहायता से फैलें और इस कार्यक्रम में भारतीय उद्योगों एवं संस्थाओं का योगदान का प्रतिशत, समय के साथ बढ़ता जाये।

12.0 संदर्भः

- एड्यूसैट कक्षा द्वारा क्षमता बढ़ोत्तरी नामक तकनीकी पेपर श्री विक्रम देसाई एवं अन्य ने इंडियन नेशनल कार्टोग्राफिक एशोसियेशन (आईएनसीए) में गाँधीनगर में वर्ष 2008 में प्रस्तुत किया था।
- तकनीकी पेपर "एड्यूसैट नेटवर्क के द्वारा शिक्षा एवं तकनीक की बढ़ोत्तरी" पर लेखक श्री विक्रम देसाई एवं अन्य ने यह पेपर अंतर्राष्ट्रीय कॉन्फ्रेंस अंतरिक्ष तकनीकी एवं कार्यशैली के उभरते हुए रहस्यों-2008 (ईएसएसटीए) चेन्नई में प्रस्तुत किया।
- तकनीकी पेपर टेलीएज्युकेशन, लेख श्री संदीप घोराई एवं श्री विक्रम देसाई द्वारा सन् 2009 में सैक, अहमदाबाद, इसरो के अभिव्यक्ति के अंक में प्रकाशित किया गया।

।। समाप्त ।।

अंतरिक्ष ऐन्टेना के निर्माण व विकास में स्वदेशी उद्योगों और संस्थानों का योगदान

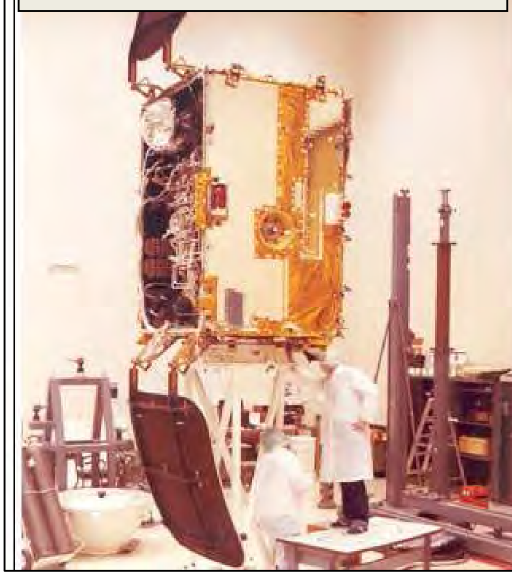
कृपा शंकर सिंह, अभियंता - एस.डी.
ए.सी. माथुर, प्रधान, ए. एम. डी. डी.

1. प्रस्तावना

हाल के वर्षों में अंतरिक्ष वैज्ञानिकों व अभियंताओं का ध्यान अंतरिक्ष मिशनों की लागत को कम करने पर संकेन्द्रित हुआ है ताकि उपग्रहों की बढती मांग को पूरा किया जा सके। ऐन्टेना उपग्रह का एक बहुत ही महत्वपूर्ण घटक है। भविष्य में ऐसें ऐन्टेना की आवश्यकता होगी जो भार में हल्की, बहुत मजबूत और बहुत बड़े आकार की हो।

इस के लिए कई नयें द्रव्यों, नई निर्माण विधियों और परीक्षण तरीकों के विकास की आवश्यकता होगी। इस वजह से स्वदेशी उद्योगों और संस्थानों का योगदान बहुत महत्वपूर्ण हो गया हैं। विभिन्न रूपों में स्वदेशी उद्योगों और संस्थानों के समर्थन से निर्माण व विकास की प्रक्रिया बहुत तेज हो जाती है। चित्र-1 एवं चित्र-2

चित्र-2- इन्सैट–1ए - खुलने वाली (डिपलायेबल)



2. अंतरिक्ष ऐन्टेना

एक ऐन्टेना एक विशेष ट्रांन्सड्यूसर है यह रेडियो आवृत्ति (आर.एफ.) क्षेत्रों को प्रत्यावर्ति धारा (एसी) या प्रत्यावर्ति धारा (एसी) को रेडियो आवृत्ति (आरएफ) क्षेत्रों बदल देता हैं। सरल भाषा में, ऐन्टेना एक विद्युत चुंबकीय तरंगों को भेजने या प्राप्त करने के लिए तंत्र है। इसके दो बुनियादी प्रकार है।

1) प्राप्त करने वाले (रीसीविंग) एन्टेना

प्राप्त करने वाले (रीसीविंग) एन्टेना आर.एफ़. ऊर्जा को प्रत्यावर्ति धारा (एसी) में बदल कर इलेक्ट्रॉनिक उपकरणों तक भेज देता है।

2) प्रेषित करने वाले ऐन्टेना

प्रेषित करने वाले ऐन्टेना इलेक्ट्रॉनिक उपकरणों से प्रत्यावर्ति धारा (एसी) को प्राप्त कर रेडियो आवृत्ति (आर.एफ.) क्षेत्रों को उत्पन्न करते है।

अंतरिक्ष- ऐन्टेना एक विशेष प्रकार का ऐन्टेना होता है। इसका निर्माण संयुक्त द्रव्यों (कम्पोजिट) जैसे सी. एफ. आर. पी, के. एफ. आर. पी, विभिन्न धातुओं, विशेष जाली और पॉलिमर द्रव्यों से होता है।

3- ऐन्टेना के प्रकार

ऐन्टेना को निम्नलिखित आधारों पर वर्गीकृत करते हैः-

1- अनुप्रयोगों के आधार पर

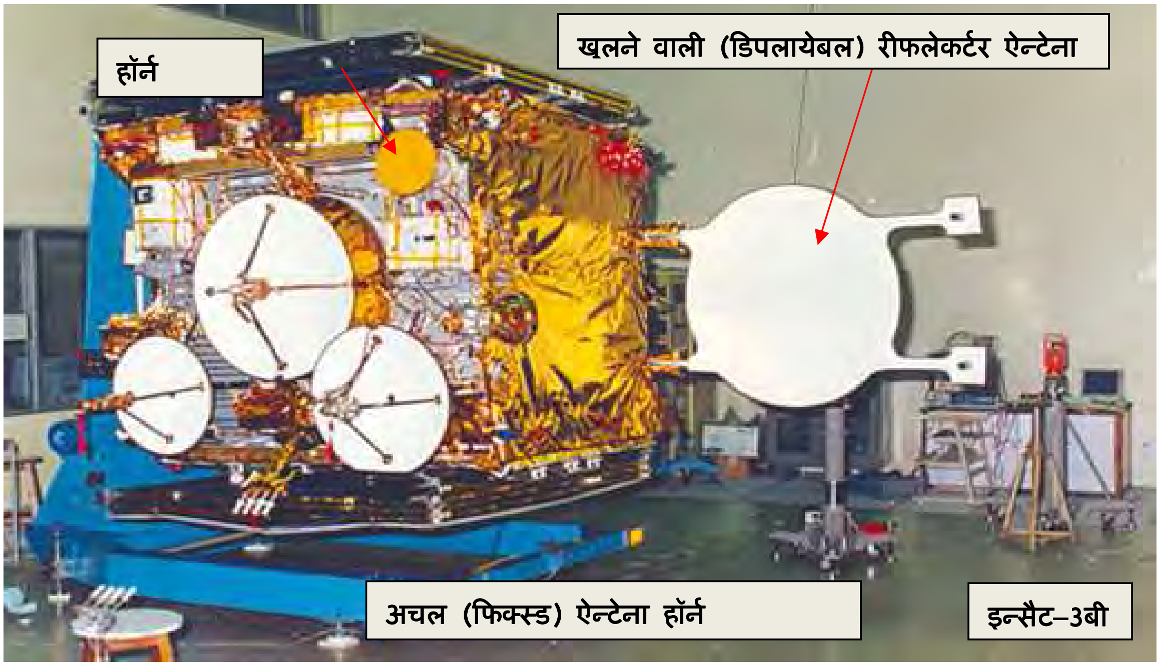
- उपग्रह संचार ऐन्टेना
- सुदूर संवेदन ऐन्टेना
- ऍर्बोरन ऐन्टेना
- भूमि स्टेशन ऐन्टेना

2- तंत्र के अनुप्रयोगों के आधार पर

- अचल (फिक्स्ड) ऐन्टेना
- खुलने वाला (डिपलायेबल) ऐन्टेना
- अनफरलेबल ऐन्टेना
- फुलने वाला (इनफ्लेटेबल) ऐन्टेना

3- ऐन्टेना के आकार के आधार पर

- परावर्तक(रिफ्लैक्टर) ऐन्टेना
- समतर ऐन्टेना



(चित्र-3)

चित्र-4 - रिसैट-1 - खुलने वाली (डिपलायेबल) सिंथेटिक एपर्चर राडार - समतर ऐन्टेना

4- अंतरिक्ष-ऐन्टेना के निर्माण व विकास में प्रमुख चुनौतियां

विभिन्न प्रकार के अंतरिक्ष-ऐन्टेना की चुनौतियों भी विभिन्न प्रकार की होती हैं। कुछ आम चुनौती के रूप नीचे दिए गए है:-

- कक्षा में ऐन्टेना की आयामी स्थिरता
- ऐन्टेना का संरेखण (ऐलाईनमेन्ट)
- कक्षा में एन्टेना द्रव्य की विफलता
- ऐन्टेना सतह की सटीकता
- बड़े आकार के ऐन्टेना का निर्माण
- कम stowed आयतन

चित्र-5 भू-केंद्र ऐन्टेना

इन चुनौतियों का सामना हम अकेले नहीं करते बल्कि हमारें देश में उपलब्ध कई स्वदेशी उद्योगों और संस्थानों के सहयोग और योगदान से करते हैं। इस बात को समझनें के लिए, हमें पहलें ऐन्टेना के विकास की प्रक्रिया को समझना पडेगा।

4.1 ऐन्टेना विकास चक्र

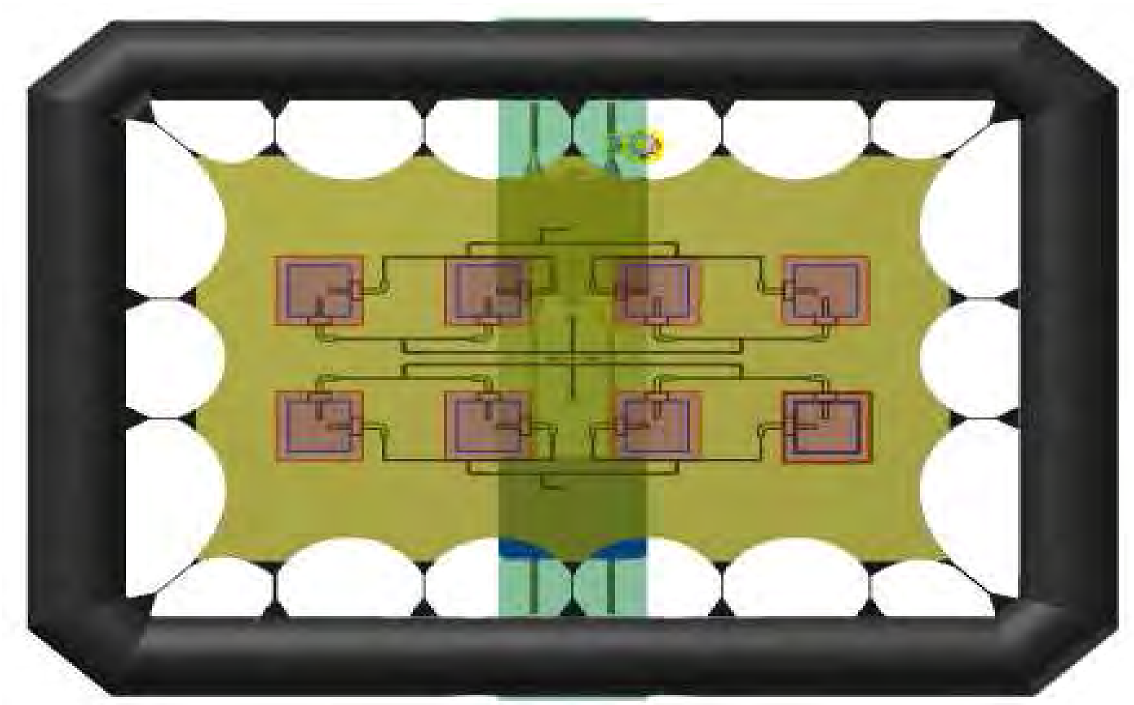
संक्षिप्त जानकारी और सरलीकृत एन्टेना विकास चक्र नीचे दिए गया है। ऐन्टेना का विकास और निर्माण न केवल सैक बल्कि हमारे उद्योगों के संयुक्त प्रयासों से संभव हो पाता हैं।

1. ऐन्टेना की आवश्यकताएँ
2. ऐन्टेना विनिर्देश (स्पेसिफीकेसन)
   - आर.एफ. विनिर्देश (स्पेसिफीकेसन)
   - यांत्रिक (मैकेनिकल) विनिर्देश (स्पेसिफीकेसन)

2. संकल्पनात्मक (कानसेपचुवल) डिजाइन
   - संकल्पनात्मक आर.एफ. डिजाइन
   - संकल्पनात्मक यांत्रिक (मैकेनिकल) डिजाइन
   - संकल्पनात्मक डिजाइन में इटेरेशन & आईसेक की मंजूरी
   - संकल्पनात्मक आरेखण (ड्राइंग) और 3D मॉडल
   - आंतरिक (इन्टरनल) डिजाइन की समीक्षा

3. विस्तार में डिजाइन और वर्चुअल प्रोटोटाइपिंग
   - विस्तार में आर.एफ. विश्लेषण (एनालिसिस)
   - 3 डी कैड मॉडलिंग
   - सामग्रियों का चयन
   - संरचनात्मक और थर्मल भार के लिए विस्तार में विश्लेषण
   - 3D मॉडल में संशोधन आर.एफ. और यांत्रिक विश्लेषण (एनालिसिस) के आधार पर डिजाइन में परिवर्तन
   - निर्माण, असेंबली और संरेखण (ऐलाईनमेन्ट) के आधार पर डिजाइन में परिवर्तन
   - प्रारंभिक डिजाइन की समीक्षा
   - 2 डी आरेखण (ड्राइंग)

4. डिजाइन सत्यापन मॉडल (डी.वी.एम.) का निर्माण
   - डी.वी.एम. का निर्माण
   - डी.वी.एम. का परीक्षण

- 

चित्र – 6 जीसैट-6- अनफरलेबल

- परिणाम इन्टर्प्रिटेशन और डिजाइन में और सुधार के लिए चर्चा
- डिजाइन में इम्प्रूवमेंट और संशोधन
- संरचनात्मक और थर्मल भार के लिए विस्तार में विश्लेषण
- 2 डी आरेखण (ड्राइंग)
- आरेखण (ड्राइंग) की गुणवत्ता आश्वासन स्वीकृति

5- फ्लाईट मॉडल का निर्माण

- फ्लाईट मॉडल का निर्माण
- फ्लाईट मॉडल घटकों का एम.आर.बी. और रिवर्क (यदि आवश्यक हो)
- निर्माण संबंधित विचलन के लिए आर.एफ. और यांत्रिक (मैकेनिकल) विश्लेषण (एनालिसिस)
- घटकों (कॉम्पोनेंट्स) का विद्युतीय आवरण
- घटकों की असेंबली
- टेस्ट और मूल्यांकन के लिए गुणवत्ता आश्वासन और ऑडिट स्वीकृति
- टेस्ट और मूल्यांकन
- उपग्रह स्तर इंटीग्रेशन की मंजूरी

6- उपग्रह स्तर इंटीग्रेशन कें लिए आईसेक भेजना
7- आईसेक में ऐन्टेना का संरेखण (ऐलाईनमेन्ट)

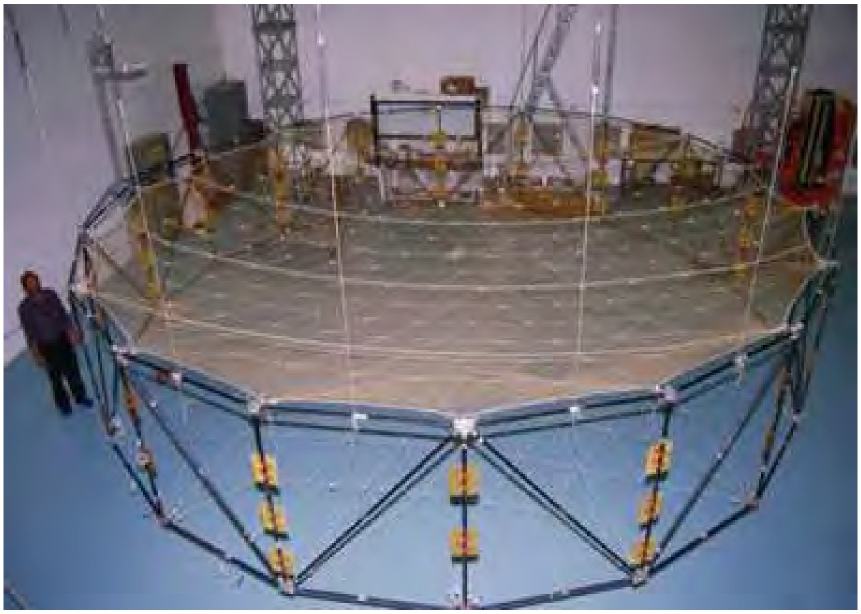
4.2 भविष्य के ऐन्टेना

भविष्य में ऐसें ऐन्टेना की आवश्यकता होगी जो भार में हल्की, बहुत मजबूत और बहुत बड़े आकार की हो। आगामी आवश्यकताओं को ध्यान में रखकर इसरो ने खुलने वाला (डिपलायेबल), फुलने वाला

(इनफ्लेटेबल) और अनफरलेबल ऐन्टेना का अनुसंधान और निर्माण शुरू कर दिया है। भार में हल्की, आसान परिवहनीयता और बहुत बड़े आकार की होने के कारण ऐसें ऐन्टेना के कई लाभ हैं। ग्रहों के अन्वेषण में भी ऐसें ऐन्टेना का उपयोग किया जा सकता है।

1- फुलने वाली (इनफ्लेटेबल) ऐन्टेना और (सैक ने अनुसंधान और निर्माण शुरू किया है)

2- अनफरलेबल ऐन्टेना (आईसेक ने अनुसंधान और निर्माण शुरू किया है)



चित्र – 7 फुलने वाला (इनफ्लेटेबल)

खुलने वाली अंतरिक्ष ऐन्टेना	फुलने वाली (इनफ्लेटेबल) अंतरिक्ष ऐन्टेना
कठोर सदस्यों के जोड़ों से निर्मित ऐन्टेना	बहुत हल्की पतली फिल्मों से और कम्पोसिट की आधार से निर्मित ऐन्टेना
संग्रहित स्थिति उर्जा की सहायता से खुलता है	फुलने वाली गैस की सहायता से खुलता है।
जटिल आकारों को प्राप्त करना कठिन है	जटिल आकारों को प्राप्त करना अपेक्षाकृत आसान है।
अधिक आकार त्रुटियाँ	कम आकार त्रुटियाँ
खोलने के लिए अधिक शक्ति का प्रयोग	फुलने में कम शक्ति का प्रयोग
भारी और महंगी होती है।	हल्की, उच्च पैकिंग दक्षता, अपेक्षाकृत सस्ती होती है।

4.2.1 फुलने वाली (इनफ्लेटेबल) अंतरिक्ष ऐन्टेना

फुलने वाली (इनफ्लेटेबल) अंतरिक्ष ऐन्टेना प्रौद्योगिकी, उच्च सांख्यिकी(डाटा) दर की आवश्यकता और दूर संचार के लिये बहुत ही महत्वपूर्ण है। फुलने वाली (इनफ्लेटेबल) अंतरिक्ष ऐन्टेना प्रौद्योगिकी का उपयोग निम्नलिखित हैः-

- परावर्तक (रिफ्लेक्टर) एंटीना
    - परवलयिक रिफ्लेक्टर ऐन्टेना

- समतल(पलेनर) एंटीना
  - पर्वतक व्यूह एंटीना
  - माइकोस्टीप चरणबद्ध एंटीना
  - सिंथेटिक एपर्चर रडार

4.2.2 फुलने वाली (इनफ्लेटेबल) अंतरिक्ष ऐन्टेना की चुनौतियां

फुलने वाली (इनफ्लेटेबल) ऐन्टेना के विकास में मुख्य रूप से निम्नलिखित चुनौतियां हैं।

- प्रौद्योगिकियों क्षेत्र की
- नियंत्रित तैनाती
- अंतरिक्ष कठोरता
- फूलने वाले तंत्र
- गतिशील मॉडलिंग
- अंतरिक्ष के वातावरण का सिमुलेशन
- यांत्रिक अभिकल्प(डिजाइन)
- अंतरिक्ष मे उपयोगी पदार्थ
- निर्माण
- परीक्षण

6.0 ऐन्टेना के निर्माण व विकास में स्वदेशी उद्योगों और संस्थानों का योगदान

6.1 स्वदेशी उद्योगों की भागीदारी

सैक कार्यक्रमों और परियोजनाओं के लिए भारत के विभिन्न भागों से अलग - अलग क्षेत्रों में विशेषज्ञता प्राप्त उद्योगों से माइक्रोवेव, आर.एफ., डिजिटल, एंटेना, वैज्ञानिक सॉफ्टवेयर, छवि प्रसंस्करण , डेटा विश्लेषण (एनालिसिस) के रूप में योगदान दिया है।

उद्योग द्वारा सैक - उद्योग टाई के माध्यम सी और केयू रिसीवर इन्सैटऔर जीसेट उपग्रहों के लिए, माइक्रोवेव दूरसंवेदी पेलोड, इलेक्ट्रो -ऑप्टिक पेलोड डेटा उत्पादों और स्टीरियो पट्टी के लिए हाइब्रिड माइक्रो सर्किट के लिए मॉड्यूल, पावर प्रवर्धक मॉड्यूल, बहुपरत तलीय ऐन्टेना, पावर कंडीशनिंग और प्रसंस्करण इकाइयों और डिजिटल उप संचारित से प्राप्त करेंकार्टोसेट के लिए त्रिभुजन सॉफ्टवेयर से दिया गया है,
ऐन्टेना के निर्माण व विकास में स्वदेशी उद्योगों सें मुख्य रूप से निम्नलिखित योगदान प्राप्त होता है।

1. यांत्रिक और इलेक्ट्रॉनिक उपकरणों के उत्पादों में
2. परीक्षण और माप उपकरणों के उत्पादों में
4. एडवांस्ड सॉफ्टवेयर / हार्डवेयर वितरण में
5. इलेक्ट्रॉनिक्स, यांत्रिक, परीक्षण और माप से संबंधित सेवाएं
6. निर्माण / विकास / सिस्टम के वितरण / में
7. अनुसंधान और विकास में

6.2 स्वदेशी संस्थानों की भागीदारी

ऐन्टेना के निर्माण व विकास में स्वदेशी संस्थानों सें मुख्य रूप से निम्नलिखित योगदान प्राप्त होता है।

1- सहयोगात्मक अनुसंधान में
2- अंतरिक्ष के लिए गुणवत्ता और प्रासंगिकता के अनुसंधान और विकास परियोजनाओं के विश्लेषण में
3- अनुसंधान उन्मुख काम के लिए, प्रशिक्षण परियोजनाओं में
4- उन्नत सैद्धांतिक विश्लेषण में

5.0 आभार

ग्रुप निदेशक, उप निदेशक व निदेशक अंतरिक्ष उपयोग केंद्र को धन्यवाद देता हूँ जिन्होंने इस पत्र को हिन्दी सेमिनार में मुद्रित करने की आज्ञा प्रदान की। मैं अपने सहकर्मियों को धन्यवाद देता हूँ जिन्होंने इस लेख की प्रूफ रीडिंग करी व त्रुटियों को सही करने में सहायता प्रदान की।

6.0 संदर्भ

1. इंटरनेट वेब साइट
   - www.nasa.gov
   - www.esa.int
   - www.ilcdover.com
   - www.lgarde.com
2. पुस्तकालय संग्रहालय से ई.एस.ए. और एन.ए.एस.ए. की कार्यवाहीयाॅ
3. अंग्रेजी-हिंदी अंतरिक्ष विज्ञान शब्दावली (जून-2009) - वैज्ञानिक व तकनीकी शब्दावली आयोग, भारत सरकार, मानव संसाधन विकास मंत्रालय, नई दिल्ली

।। समाप्त ।।

प्लेनर अरे एंटेना का स्वदेशीय विकास

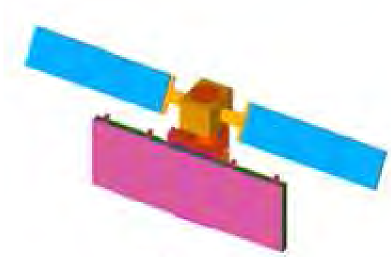
समीर साखरे - वैज्ञानिक अभियंता - एस . ई
ए. सी. माथुर - प्रधान , एंटेना यांत्रिकी अभिकल्प विभाग
यांत्रिक अभियांत्रिक प्रणाली क्षेत्र ,
अंतरिक्ष उपयोग केंद्र , अहमदाबाद

प्रस्तावना

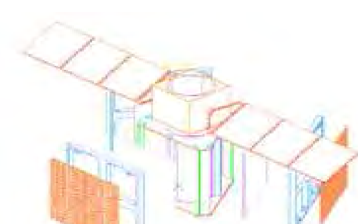
हमे अंदाज़ा तक नहीं की हमारा जीवन अंतरिक्ष प्रोद्योगिकी से संपूर्ण रूप से घिरा हूआ है। रोजमर्रा की ज़रूरत वाली छोटी छोटी चीज़ें जैसे अपने मोबाइल फोन पर बात करना, मौसम की जानकारी प्राप्त करना, सेटेलाइट टेलिविजन इत्यादि केवल अंतरिक्ष प्रोद्योगिकी के कारण ही संभव हो पाया है। अंतरिक्ष प्रोद्योगिकी का सबसे बड़ा घातक है अंतरिक्ष मे पृथ्वी की परिक्रमा करने वाला मानव द्वारा बनाया गया उपग्रह। मानव ने अपनी ज़रूरतो के अनुसार तथा विशेष कार्यो को अंजाम देने के लिए विभिन्न तरह के उपग्रहों की संरचना की और उनको अंतरिक्ष मे प्रस्थपित किया। इन सभी उपग्रहों मे एन्टेना का बहुत प्रमुख स्थान होता है। एंटेना को उपग्रहों की आँख कहा जाता है। इन्ही आँखों के द्वारा उपग्रह पृथ्वी की ओर देख पाता है और अंतरिक्ष से जुड़े हुए सारे कार्य संभव हो पाते हैं। विभिन्न लक्ष्यों को ध्यान मे रखते हुए तरह-तरह के उपग्रहों की संरचना की जाती है और उस पर लगने वाले एंटेना के प्रकार भी निर्धारित किए जाते हैं। दूरसंचार उपग्रहों पर लगे हुए एंटेना हमेशा पृथ्वी की निर्धारित क्षेत्र की ओर देखते हैं। इन उपग्रहों की परिक्रमा की गति पृथ्वी की परिक्रमा की गति के बराबर होने के कारण यह पृथ्वी की अपेक्षा मे स्थिर प्रतीत होते हैं। सुदूर संवेदन उपग्रहों मे लगे हुए एंटेना पृथ्वी के लगभग सभी क्षेत्रों की ओर देख पाते हैं क्योंकि इन उपग्रहों की परिक्रमा करने की गति पृथ्वी की गति से भिन्न होती है। प्लेनर अरे एंटेना एक प्रकार का एंटेना है जिसका प्रमुख उद्देश् माइक्रोवेव के सिद्धांत पर पृथ्वी का सुदूर संवेदन करना। इस प्रकार के एंटेना जो माइक्रोवेव के सिद्धांत पर कार्य करते हैं वे दिन रात तथा हर मौसम मे कार्य करने मे सक्षम होते हैं। इसका कारण है की माइक्रोवेव बादलों के आर पार भेद कर पृथ्वी के किसी भी क्षेत्र तक पहुँच सकता है।

माइक्रोवेव सुदूर संवेदन उपग्रह - रीसेट

इसरो ने हमारे देश मे सुदूर संवेदन की ज़रूरतों को ध्यान मे रखते हुए रीसेट नमक उपग्रह की संरचना की जिसका प्रमुख उद्देश्य हमारे देश को उपग्रह द्वारा हर मौसम मे सुदूर संवेदन की क्षमता दिलाना। यह उपग्रह सिंथेटिक आपर्चर रडार के सिद्धांत पर आधारित हमारे देश का पहला ऐसा उपग्रह होगा जिसमे दिन-रात तथा हर मौसम मे काम करने की क्षमता होगी। रीसेट उपग्रह पृथ्वी की सतेह से 608 किलोमीटर की कक्षा मे स्थापित किया जाएगा। इसपर लगा हूआ प्लेनर अरे एंटेना सी बैंड की फ्रीक्वेन्सी पर काम करने के लिए बनाया गया है। इसका मुख्य उद्देश्य हमारे देश मी कृषि से जुड़ी हुई ज़रूरतों से है। इस उपग्रह के कारण हम जंगलों का विस्तार, मिट्टी की नामता, समुद्री बरफ , मानवीय बनाई गयी वस्तुओं की निगरानी करने मे मदद मिलेगी। निसंदेह इसके कारण हमारे देश मे अंतरिक्ष सुदूर संवेदन की क्षमता मे वृद्धि मिलेगी।



रीसेट उपग्रह

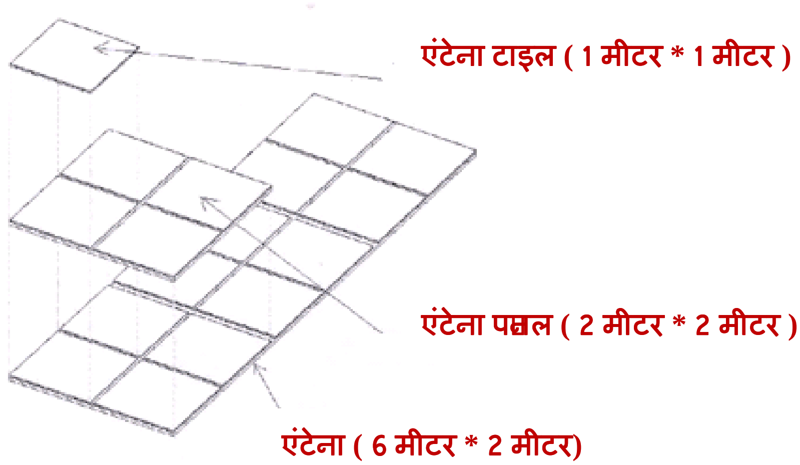


रीसेट उपग्रह
खंडित रूप

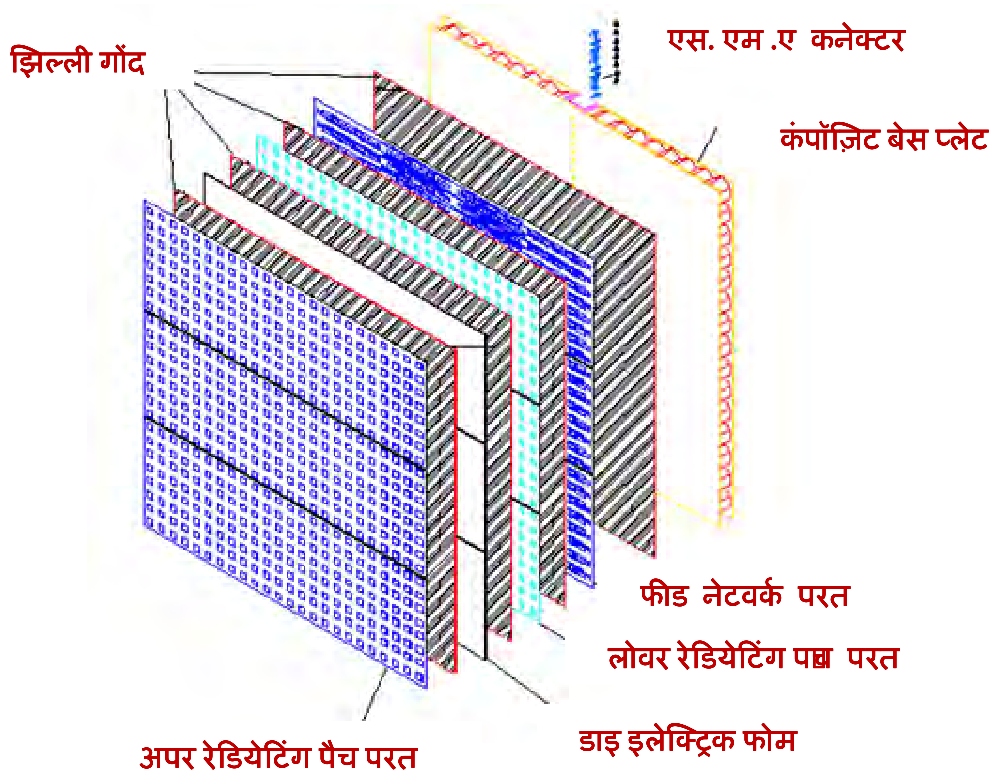
रीसेट मे लगे प्लेनर अरे एंटेना के संरचना

इस उपग्रह को अपना लक्ष्य पूरा करने मे मदद करने मे इसमे लगे प्लेनर अरे एंटेना का बहुत बड़ा हाथ है। इसमे लगे एंटेना की लंबाई 6 मीटर है तथा चौड़ाई 2 मीटर की है। इस एंटेना का इतना विशाल विस्तार

केवल एंटेना के अंतरिक्ष मे पहुँचने के पश्चात पूरी तरह खुलने के बाद देखने को मिलता है। इतना बड़ा एंटेना केवल एक भाग मे बनाना और इस रूप मे अंतरिक्ष मे भेज पाना अपने आप मे अत्यंत कठिन कार्य है। इस बात को ध्यान मे रखते हुए तथा इसे बनाने के दृष्टिकोण से इसका प्रमूख रूप से तीन भागों मे विभाजन किया गया है। प्रत्येक भाग की लंबाई और चौड़ाई 2 मीटर है और इसे पेनल कहा जाता है। प्रत्येक पेनल का पूनः चार भागों मे विभाजन किया गया है जिसकी लंबाई और चौड़ाई 1 मीटर है जिसे एंटेना टाइल कहा जाता है। दिखाए गये चित्र संख्या से यह साफ हो जाता है की इस एंटेना का विभाजन पेनल और टाइल मे किस प्रकार हुआ है। संक्षेप मे इस एंटेना को बनाने मे 3 पेनल अथवा 12 टाइल की ज़रूरत है। एंटेना टाइल जिसकी लंबाई और चौड़ाई 1 मीटर है इस एंटेना का सबसे छोटा खंड है जिसका विकास अलग से किया गया है। एक प्रकार की 12 टाइल को पूर्व निर्धारित तरह से जोड़कर पूरे एंटेना को बनाया गया।



एंटेना टाइल की संरचना



जैसा की बताया गया है कि इस एंटेना को बनाने मे 12 टाइल का इस्तेमाल होता है। परंत् प्रत्येक टाइल को बिल्कुल एक जैसा बनाना और बाद मे अत्यंत सूक्ष्मता से जोड़ना अपने आप मे चूनौती भरा काम है। इस बात का अंदाज़ा एक टाइल की बनावट को देख कर लगाया जा सकता है। प्रत्येक टाइल का गठन 5 प्रकार की विभिन्न परतों को एक के ऊपर एक पूर्वनिर्धारित रूप से जोड़कर किया गया है। इस एंटेना मे लगने वाली विभिन्न परतों का विवरण निम्नलिखित है।

क्रम संख्या	एंटेना परत का नाम	पदार्थ
1	फीड नेटवर्क	आर टी डुरॉइड
2	डाइ एलेक्ट्रिक फोम	रोहसेल फोम (डाइयेलेक्टरिक माध्यम)
3	लोवर रेडियेटिंग पच	आर टी डुरॉइड
4	डाइ एलेक्ट्रिक फोम	रोहसेल फोम (डाइयेलेक्टरिक माध्यम)
5	अपर रेडियेटिंग पैच	आर टी डुरॉइड

एंटेना मे लगाए जाने वाली अनिर्मित सामग्री को पूर्वनिर्धारित विकल्प अनूसार फोटोकेमिकल एचिंग पद्धति द्वारा तैयार किया जाता है। इसमे विशेषतः आर टी . इरॉइड नामक पद्धार्थ का उपयोग किया जाता है। अनिर्मित रूप मे इस पद्धार्थ के उपर 35 माइक्रॉन की तांबे की परत जड़ी होती है।

फोटोकेमिकल एचिंग द्वारा इस पद्धार्थ की सतह से तांबे की परत को वहाँ से निकाला जाता है जिसका निर्धारण पूर्वनिर्धारित विकल्प द्वारा किया जाता है।

इस पद्धति द्वारा अलग अलग परतो को तैयार करने के पश्चात इनको सूक्ष्म तरीके से जोड़ने का कार्य अपने आप मे चूनौतियों से भरा है। आर टी इरॉइड अपने अनिर्मित रूप मे 1 मीटर लंबाई और 1 मीटर चौड़ाई मे उपलब्ध न होने के कारण इसे ठीक ढंग से जोड़ने की चूनौती और बढ़ जाती है। इन चूनौतियों को ध्यान मे रखते हुए और यह ध्यान मे रखते हुए कि पूरे एंटेना को बनाने मे एक जैसी 12 टाइल की ज़रूरत है, एक संगणक द्वारा स्वचालित यंत्र का अभिकल्प किया गया जो की इस एंटेना टाइल की परतों को आती सूक्ष्म तरीके से जोड़ पाये। इस रोबाटिक यंत्र का अभिकल्प अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र के एंटेना यांत्रिक अभियांत्रिकों ने किया और इसका निर्माण गैर सरकारी कंपनी द्वारा कराया गया। इस यंत्र के साथ-साथ एंटेना की परतों को उच्च तापमान मे सेकने के लिए भी एक कक्ष का निर्माण किया गया। इस कक्ष मे निर्वात थैली की सहायता से उच्च तापमान मे एंटेना को सेकने की प्रक्रिया संपन्न होती है। इसके पश्चात ही एंटेना टाइल की परतें एक दूसरे के साथ एक मजबूत जोड़ बना पाती हैं जो अंतरिक्ष के कठोर वातावरण को झेलने मे सक्षम होती हैं।

संगणक नियंत्रित स्वचालित एंटेना अलाइनमेंट यंत्र

परतों को 1 मीटर * 0.3 मीटर के ट्कड़ो मे फोटोकेमिकल एचिंग करवाकर आपस मे जोड़कर 1 मीटर* 1 मीटर टाइल बनाई गयी। एंटेना को अपने निर्धारित काम करने के लिए उसकी सभी परतों को सूक्ष्मता से जोड़े जाने की आवश्यकता थी। खड़ी दिशा मे 250 माइक्रॉन की सामानांतरता की आवश्यकता थी जिसको पाने की लिए एक ठोस समतल कंपॉज़िट बेस प्लेट का उपयोग किया गया। पट की दिशा मे 30 माइक्रॉन की सूक्ष्मता की आवश्यकता को ध्यान मे रखते हूए, संगणक द्वारा नियंत्रित स्वयंचालित एँटना अलाइनमेंट यंत्र का निर्माण किया गया जिसकी अलाइनमेंट क्षमता 10 माइक्रॉन है।

जैसा की चित्र मे दर्शाया गया है, इस यंत्र मे मुख्य रूप से दो भाग हैं। पहले भाग में तैयारी प्लेट तथा दूसरे भाग में सम्मेलन प्लेट होती है। सबसे नीचे लगने वेल फीड नेटवर्क परत को तैयारी पठार पर रखकर उसे निर्वात द्वारा पठार पर पकड़ लिया जाता है। तत्पश्चात इस परत को उस पर लगे अलाइनमेंट क्रोस्स्मार्क की सहायता से यंत्र के समानांतर कर लिया जाता है। इस परत को निर्वात पकड़ की सहायता से समानांतर दशा मे तैयारी पठार से सम्मेलन पठार पर रखा जात है। इन सब कार्यों का आदेश संगणक द्वारा दिया जाता है। यंत्र मे लगे कैमरा के सहायता से हर परत की अपनी सतेह पर घुमावट का पता चल जाता है। इस घुमावट को सुधारने के लिए तैयारी प्लेट अपनी सतेह पर घूमने मे सक्षम है। जब परत की घुमावट निकाल दी जाती है, तभी उसे तैयारी प्लेट से सम्मेलन प्लेट पर निर्वात पकड़ द्वारा रखा जाता है। एंटेना की दो परतों के बीच झिल्ली गोंद का प्रयोग किया जाता है। इस यंत्र मे लगे ड्रिलिंग अटच्चमेंट की बदौलत, एंटेना बेस प्लेट पर कनेक्टर लगाने के लिए छेद भी किए जी सकते हैं। एक बार एंटेना की पूरी परतें लगा लेने के बाद , इस एंटेना को निर्वाट थैली मे डालकर उच्च तापमान पर सेका जाता है। इस प्रकार स्वदेश मे विकसित संगणक से नियंत्रित यंत्र द्वारा रीसेट एंटेना की टाइल का उत्पादन संपन्न हुआ।

निष्कर्ष

पूर्ण रूप से स्वदेश मे अन्वेषण तथा निर्माण किया गया एंटेना एलाईनमेन्ट व बॉन्डिग्र यंत्र द्वारा सफलतापूर्ण रीसेट एंटेना का विकास किया गया। यह देश मे पहला इस तरह का यंत्र है जिससे प्लेनर अरे एंटेना का निर्माण किया जा सकता है। भविष्य मे इसरो के आने वाले विकल्प जिनमे प्लेनर अरे एंटेना की ज़रूरत होगी, उसका विकास इस यंत्र द्वारा किया जा सकता है। वर्तमान काल में इसरो के अंतरिक्ष प्रोद्योगिकी के स्वदेशीकरण का यह उत्तम उदाहरण है। भविष्य मे इसरो की परियोजनाएँ जिनमे प्लेनर अरे एंटेना की ज़रूरत होगी, इसी यंत्र द्वारा निर्माण किया जाएगा।

आभार

लेखक,ग्रुप निदेशक, उप निदेशक व निदेशक, अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र का आभार व्यक्त करना चाहते हैं जिन्होंने इस पत्र को हिन्दी संगोष्ठी मे मुद्रित करने की अनुमति प्रदान की। मैं अपने सहकर्मियों को धन्यवाद देता हूँ जिन्होने इस लेख की प्रूफ रीडिंग की व त्रुटियों को सुधारने मे सहायता प्रदान की।

संदर्भ

1 . इंटरनेट वेब साइट

2 . एंटेना प.द.आर तथा सी. डी.आर दस्तावेज़ - रीसेट परियोजना

3. अँग्रेज़ी-हिन्दी अंतरिक्ष विज्ञान शब्दावली (जून -2009) -वैज्ञानिक व तकनीकी शब्दावली आयोग, भारत सरकार, मानव संसाधन विकास मंत्रालय, नई दिल्ली।

।। समाप्त ।।

उपग्रह द्वारा जन कल्याण एवं राष्ट्र निर्माण का साझा प्रयास

पुनीत सिंघवी, एस. एल. राजशेखर, राजेश खंडेलवाल
आयोजन एवं प्रयोजन समूह (पी.पी.जी), डेकू/ इसरो

प्रस्तावना

मानव विकास सूचकांक (एच.डी.आई.), जीवन प्रत्याशा, साक्षरता, शिक्षा, स्वास्थ्य, जीवन स्तर, आदि नापने के लिए एक मात्रात्मक उपाय है। यह राष्ट्र के विकास के संकेतकों में से एक है। नवीनतम संयुक्त राष्ट्र विकास कार्यक्रम (यू.एन.डी.पी.) की मानव विकास रिपोर्ट के अनुसार, 185 देशों के मानव विकास सूचकांक में भारत का स्थान 134 है। इसके पीछे भी कई कारण है, जैसे कि, यहाँ की बहुमत जनसंख्या की गरीबी, दूरदराज के ग्रामीण/आदिवासी क्षेत्रों में शिक्षा और स्वास्थ्य की कमी, बुनियादी परिवहन सुविधाओं में कमी, इत्यादि। इन के अलावा, भारत की जनसंख्या में आर्थिक, सामाजिक और सांस्कृतिक पृष्ठभूमि की विविधता है। विकास केवल महानगरों और बड़े शहरों तक ही सीमित है। सरकार एवं उद्योगों के राष्ट्रीय निर्माण प्रयासों को देश के दूरदराज स्थानों तक पहुँचाने के लिए कई भौगोलिक बाधाएं जैसे कि पहाड़ी क्षेत्र, द्वीप, रेगिस्तान, आदि को पार करना होगा।

भारत का समग्र विकास तब ही संभव होगा जब हम दुर्गम स्थानों तक पहुंच सकेंगे। इसमें उपग्रह संचार एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। उपग्रह प्रौद्योगिकी न केवल दूरियों को समाप्त करती है बल्कि नए प्रकार के शिक्षा और प्रशिक्षण दृष्टिकोण, जानकारी प्रसारण और समूह सहयोग को संभव बनाती है।

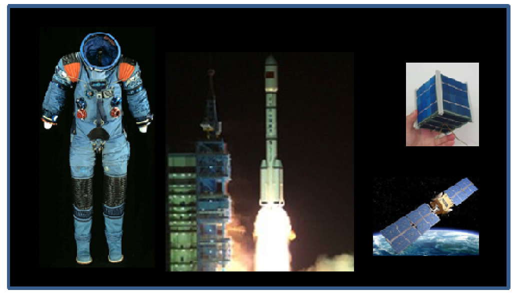
पिछले चार दशकों में हमने राष्ट्र निर्माण में भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम का प्रभाव देखा है। इस कार्यक्रम ने विभिन्न समस्याओं के समाधान द्वारा सामाजिक व आर्थिक विकास में एक बड़ा योगदान दिया है। शिक्षा, स्वास्थ्य, संचार, भूमि / जंगल मानचित्रण, समुद्र विज्ञान, मौसम पूर्वानुमान, तूफान की चेतावनी, आपदा प्रबंधन, आदि जैसे क्षेत्रों में कुछ हद तक सफलता प्राप्त हुई है। भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो) कई परियोजनाओं को सीमित संसाधनों द्वारा समयबद्ध तरीके से पूर्ण करना होता है। इसीलिए, समाज के विभिन्न हितधारकों का सहयोग अति-आवश्यक हो गया है।

डॉस / इसरो द्वारा सहयोग के लिए पहल

21वीं सदी में, यह एक प्रमाणित सत्य है कि संयुक्त सहयोग से ही एक राष्ट्र का त्वरित विकास हो सकता है। विभिन्न संगठन एवं उद्योग आपस में सहयोग करके अपने मिशन को प्राप्त करने की संभावना को और अपनी पहुंच को बड़ा सकते हैं। अंतरिक्ष विभाग (डॉस) / इसरो ने इस तथ्य को स्वीकार किया है और कुछ संबंधित नीतियों और योजनाओं को अपनाया है, जिनमे से उल्लेखनीय है उद्योग भागीदारी नीति (आई.पी.पी.) एवं प्रौद्योगिकी हस्तांतरण योजना (टी.टी.)।

संयुक्त सहयोग के विशिष्ट उद्देश्य कुछ इस प्रकार हैं:-

- विनिर्माण लागत, समय और संसाधनों को कम करना एवं कुशलतापूर्वक इस्तमाल करना
- विफलताओं को न्यूनतम करना
- महत्वपूर्ण प्रौद्योगिकियों का विकास करना
- बड़े पैमाने पर उत्पादन के लिए प्रौद्योगिकी हस्तांतरण करना
- अनुसंधान और विकास के द्वारा उत्पादों के स्पिन – ऑफ (spin - offs) का विकास करना
- सामाजिक विकास के लिए अंतरिक्ष अनुप्रयोगों का प्रचार करना



आज, अंतरिक्ष आधारित भागीदारी / सहयोग, उपग्रह नितभार (पेलोड) एवं लांच वाहन प्रौद्योगिकी, प्रणोदन प्रणाली, परीक्षण और माप सुविधाओं, क्षेत्र प्रयोगों, अंतरिक्ष अन्वेषणों, सुदूर संवेदन और नेविगेशन प्रणाली, अनुसंधान एवं विकास गतिविधियों, सामाजिक अनुप्रयोगों, आदि जैसे कई क्षेत्रों में फैल गया है। अंतरिक्ष कार्यक्रम के उद्देश्यों को साकार करने के लिए डॉस / इसरो ने भारतीय उद्योगों के साथ मजबूत भागीदारी की स्थपना की है। संयुक्त सहयोग एक बहु - आयामी कार्यक्रम में विकसित हो गया है जहां की रणनीति विभिन्न हितधारकों की ओर निर्देशित है जैसे कि सरकार, उपयोगकर्ता, आम जनता, औद्योगिक आपूर्तिकर्ता, ग्राहक, अन्य अंतरिक्ष एजेंसियां / अंतरराष्ट्रीय संगठन, आदि। एन्ट्रिक्स (ANTRIX) की रिपोर्ट के अनुसार, 500 से अधिक छोटे, मध्यम और बड़े उद्योगों ने हार्डवेयर विकास और आपूर्ति, सॉफ्टवेयर और अन्य सेवाओं को प्रदान करके अंतरिक्ष कार्यक्रम में भाग लिया है। प्रक्षेपण वाहन लागत का लगभग 60% भारतीय उद्योगों को जाता है। दूर-चिकित्सा और दूर-शिक्षा के भूमि खंड के लगभग 100% उपकरण अथवा सेवाएं भारतीय उद्योगों द्वारा प्रदान की जाती हैं।

डेकू में साझा प्रयास

इसरो का विकास एवं शैक्षिक संचार यूनिट (डेकू), राष्ट्रीय विकास के लिए उपग्रह आधारित सामाजिक अनुप्रयोगों के कार्यान्वयन के लिए जिम्मेदार है। यह कुछ उपयोगकर्ता एजेंसियों के साथ अभिनव प्रयोगों के विकास में और उनकी आवश्यकताओं को पूरा करने में मदद करता है। इन आवेदन उन्मुख प्रयोगों के / प्रदर्शनों के माध्यम से, शैक्षिक संचार कंटेंट के उत्पादन से और उपयोगकर्ताओं के साथ संयुक्त काम करके, डेकू अंतरिक्ष अनुप्रयोगों में अपना योगदान देता है। डेकू निम्नलिखित क्षेत्रों में विभिन्न हितधारकों के साथ संयुक्त प्रयास कर रहा हैं:-

❖ **दूर-शिक्षा**

दूर-शिक्षा कार्यक्रम दूरस्थ भारतीय गांवों में शिक्षा को बढ़ावा देने के लिए और संचार में विकास लाने के लिए उपग्रह संचार प्रौद्योगिकी का उपयोग करता है। यह कार्यक्रम विभिन्न स्वदेशी संगठनों और उद्योगों अर्थात् केन्द्रीय सरकार के मंत्रालयों और विभागों (मानव संसाधन विकास मंत्रालय, सर्व शिक्षा अभियान, आर.एम.एस.ए., आदि), राज्य सरकारों / विभागों (25 राज्य और 3 संघ शासित क्षेत्र – बी.आइ.एस.ए.जी., उत्कर्ष, पी.इ.एस., आदि), गैर सरकारी संगठनों (डी.ई.आइ.,बी.पी.ए., आर.सी.आइ., आदि), शैक्षिक संस्थानों (इग्नू, सी.ई.सी., आदि) और निजी पार्टियों (इन्फिहनियम, ह्यूजेस, बी.ई.एल., आदि) के साथ साझेदारी में कार्यान्वित किया गया है।

❖ दूर-चिकित्सा

दूर-चिकित्सा कार्यक्रम एक अभिनव परियोजना है जोकि बायोमेडिकल इंजीनियरिंग और मेडिकल साइंसेज के साथ सैटेलाइट संचार प्रौद्योगिकी और सूचना प्रौद्योगिकी के द्वारा देश के दूरस्थ क्षेत्रों के लिए स्वास्थ्य देखभाल सेवाएं देना है। यह कार्यक्रम विभिन्न स्वदेशी संगठनों और उद्योगों अर्थात् केन्द्रीय सरकार के मंत्रालयों और विभागों (एम.एच.आर.डी, एन.एच.आर.एम., आदि), सरकारी / निजी अस्पतालों (जी.सी.आर.आइ, एस.जी.पी.जी.आइ, ए.आइ.आइ.एम.एस, अपोलो, नारायण हृदयालय, शंकर नेत्रालय, आदि), मेडिकल कालेजों (एस.जी.पी.जी.आइ, एस.आर. एम. सी., ए.आइ.एम.एस., आदि), विक्रेताओं (प्रोगनोसिस, टेलीवाईटल, सी-डैक, आदि) के साथ साझेदारी में कार्यान्वित किया गया है।

❖ ग्रामीण संसाधन केंद्र (वी.आर.सी)

अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी की सेवाओं को ग्रामीण जनसंख्या को सीधे उपलब्ध कराने के लिए, इसरो ने ग्रामीण संसाधन केंद्र, प्रतिष्ठित गैर सरकारी संगठनों / ट्रस्ट और राज्य / केंद्रीय एजेंसियों के साथ मिलकर शुरू किया है। ये गांव संसाधन केन्द्र, कृषि विश्वविद्यालयों, कौशल विकास संस्थानों और अस्पतालों और ज्ञान / विशेषज्ञ केंद्रों से जुड़े हैं। वी.आर.सी. द्वारा 6500 से भी अधिक कार्यक्रमों का आयोजन अलग अलग क्षेत्रों में किया गया है जैसे कि कृषि / बागवानी, मत्स्य पालन, पशुधन, जल संसाधन, स्वास्थ्य देखभाल, जागरूकता कार्यक्रम, महिला सशक्तिकरण, अनुपूरक शिक्षा, कंप्यूटर साक्षरता, आदि।

विशेषज्ञ केन्द्रों के प्रबंधन के लिए कुछ संगठन / एजेंसियां है जैसे कि गुजरात विद्यापीठ, सेवा, अभियान (गुजरात), एम.एस.एस.आर.एफ (तमिलनाडु), अमृता, सत्यभामा

(तमिलनाडु), संभव (उड़ीसा), आदि।

इसके अलावा, कंटेंट निर्माण और सामाजिक अनुसंधान अंतरिक्ष आधारित सामाजिक अनुप्रयोगों के निष्पादन में एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाते हैं।

❖ कंटेंट निर्माण

डेकू शैक्षिक, विकास, जागरूकता, इसरो / विज्ञान, थीम आधारित वीडियो कार्यक्रमों और वृत्तचित्रों से संबंधित कार्यक्रमों के वीडियो का निर्माण करता है। औद्योगिक भागीदारों (मूविंग पिक्सेलस, टेलीरेड, डीसीजन प्लस, आदि) का योगदान मल्टीमीडिया समृद्ध डिजिटल वीडियो कंटेंट के विकास के समर्थन, क्रियान्वयन, संचालन, भर्ती, उच्च

उत्पादन उपकरणों और सुविधाओं के रखरखाव के मामलों, आदि में है।

❖ सामाजिक अनुसंधान

सामाजिक अनुसंधान अध्ययन, आवश्यकता आकलन, उपयोगिता, प्रतिक्रिया और प्रभाव आकलन के रूप में अलग अलग क्षेत्रों में किया जाता है जैसे कि इंटरेक्टिव टीवी द्वारा शिक्षा और प्रशिक्षण में, अंतरिक्ष आधारित प्रौद्योगिकियों जैसे कि दूर-शिक्षा, दूर-चिकित्सा, ग्रामीण संसाधन केंद्र, आपदा प्रबंधन, मत्स्य पूर्वानुमान, आदि में। कुछ अध्ययन विभिन्न भागीदारों (अखिल भारतीय आपदा शमन संस्थान (ए.आइ.डी.एम.आई, अहमदाबाद), सामाजिक परिवर्तन और ग्रामीण विकास के लिए संगठन (ओ.एस.सी.ए.आर.डी, उड़ीसा), राष्ट्रीय तकनीकी शिक्षक प्रशिक्षण और अनुसन्धान संस्था (एन.आइ.टी. टी.टी.आर), पंडित जी.बी. पन्त ग्रामीण अध्ययन संस्था (लखनऊ) और भारत के विभिन्न विश्वविद्यालय और ख्याति प्राप्त अन्य संस्थान) द्वारा किये जाते हैं।

सहयोग के कुछ मुद्दे

सहयोग करने के फायदे तो बहुत है पर इसमें कुछ मुद्दे भी है जिन्हें ध्यान रखना पड़ता है, जैसे कि:

- सरकार और निजी संगठनों के बीच सहयोग से संबंधित समान नीतियों, प्रक्रियाओं और दिशानिर्देशों की जरुरत है
- सहयोग दलों के अलग व् स्वतंत्र लक्ष्यों और उद्देश्यों के कारण मिशन की प्रगति में बाधा हो सकती है
- किसी परियोजना के सफल होने पर किसे श्रेय मिलना चाहिये इस पर भी विवाद हो सकता है

निष्कर्ष

भारत जैसे विविधतापूर्ण देश को अनिवार्य रूप से उपग्रह संचार की जरूरत है। उपग्रह संचार ने पहले से ही देश के सतत विकास के लिए गंभीर और कई प्रमुख चुनौतियों से निपटने की क्षमता का प्रदर्शन किया है। उद्योगों के साथ सहयोग, कुशल तरीके से इस विकास प्रक्रिया को और तेज कर सकता हैं। डेकू / इसरो ने शिक्षा, स्वास्थ्य एवं विकास की गतिविधियों के लिए समाज के विभिन्न वर्गों के साथ सफलतापूर्वक सहयोग किया है। अहमदाबाद की एक जेल में दूर-चिकित्सा सुविधा को शुरू करने के लिए, ई-स्वास्थ्य श्रेणी में इसरो को **'मंथन अवार्ड, दक्षिण एशिया 2009'** से सम्मानित किया गया था। यह परियोजना इसरो, साबरमती जेल और अपोलो अस्पताल के बीच संयुक्त सहयोग से की गई थी।

"21वीं सदी में अंतरिक्ष में मानव जाति का जोर दुनिया के अगले औद्योगिक क्रांति को दर्शाता है, जिसे 'अंतरिक्ष औद्योगिक क्रांति' कहा जा सकता है। इसका यह मतलब नहीं है की क्रांति केवल अंतरिक्ष में ही होगी, इसका मूलतः मतलब यह है कि स्थापत्य और क्रांतिकारी परिवर्तन एक नए अंतरिक्ष बाज़ार, सिस्टम और प्रौद्योगिकियों को जन्म देंगे।" – डॉ. ए.पी.जे. अब्दुल कलाम।

हम यह आशा करते हैं कि भविष्य में सहयोग और भागीदारी को एक व्यापक पैमाने पर लागू किया जा सकेगा और प्रौद्योगिकी और समाज के बीच के अंतर को कम किया जा सकेगा जिससे भारत को एक विकसित राष्ट्र में परिवर्तित करने में मदद होगी। उसी तर्ज पर भारत सरकार ने भी राष्ट्रीय विकास के लिए सार्वजनिक-निजी भागीदारी (पी.पी.पी.) मॉडल को समर्थन दिया है जिस पर डेकू / इसरो / डॉस को भी सर्व सम्मिलित होकर पूर्ण रूप से अमल करने के लिए प्रयास करने चाहिए।

।। समाप्त ।।

भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम में स्वदेशी उद्योगों एवं संस्थाओं का योगदान

स्मिता शाह
प्रधान लेखा, आं.वि.स.

अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र, इसरो का प्रमुख केन्द्र है जिसकी स्थापना 1973 में अहमदाबाद में की गई। सैक सुदूर संवेदन, संचार और नौसंचालन नीतभार की अभिकल्पना एवं विकास कार्य से जुड़ा है। इसके अलावा यह केन्द्र सामाजिक लाभ के लिए खाद्य सुरक्षा, ग्रामीण विकास, शिक्षा और साक्षरता, स्वास्थ्य सुरक्षा व पर्यावरण में अत्यंत सक्रिय है।

उद्योगों के सामर्थ्य के इष्टतम उपयोग की इसरो की नीति के अनुसार सैक ने भारतीय व्यवसायों का विकास संविचरन परीक्षण योग्यता तंत्रों के हार्डवेयर, सॉफ्टवेयर को अंतरिक्ष एवं भूमि उपयोग के लिए प्रदत्त करने के लिए सक्षम बनाया है। देश के विभिन्न भागों के व्यवसाय को विभिन्न क्षेत्रों जैसे सूक्ष्म तरंग, रेडियो आवृत्ति, डिजिटल ऐन्टेना, वैज्ञानिक सॉफ्टवेयर, बिंब संसाधन डेटा, अर्थ निर्णयन आदि में दक्षता रखने वाले व्यवसायियों ने सैक के विभिन्न प्रोग्राम और परियोजनाओं में सहयोग दिया है। व्यवसायों द्वारा सैक और व्यवसायों के गठबंधन के माध्यम से इन्सैटएवं जी-सेट उपग्रह के लिए सी एवं केयू अभिग्राही प्रेषग्री मॉडयूल, शक्ति प्रवर्धक, मल्टी प्लेयर प्लेनेट एन्टेना, शक्ति प्रानुकूलन वं संसाधन इकाई एवं सूक्ष्म तरंग सुदूर संवेदन नीतभार के लिए अंकीय उपतंत्र, विद्युत प्रकाशिकी नीतभार के लिए संकट सूक्ष्म परिपथ, कार्टोसेट के लिए डेटा उत्पादन एवं त्रिविम पट्टी विभाजीकरण स्पेक्ट्रम तैयार किए गये।

व्यवसायों ने भू-आधारित हार्डवेयर की प्राप्ति में एक मुख्य भूमिका अदा की है। इसके कुछ उदाहरण हैः इनसैट, एम.एस.एस. टाईप सी एवं टाईप डी टर्मिनल, आंकड़ा प्रबंधन एवं जांच उपकरण, आई.आर.एस. नीतभार के लिए अंकीय ध्वनि एवं डेटा प्रसारण के लिए अभिग्राही एवं अंकीय हार्डवेयर सूक्ष्म तरंग सुदूर संवेदन परियोजना।

TWTA के लिए इलेक्ट्रॉनिक शक्ति प्रानुकूलन इस बैन्ड स्विच मैट्रीस, पृष्ठकारी एवं परिसंचार्श, सीएफआरपी का धातुसंचालन, विद्युत प्रकाशिकी नीतभार के लिए प्रकाशीय विलेपन लेन्स समुच्चय एवं भौगोलिक सूचना प्रणाली और प्रतिबंध संसाधन मोड्यूलस के सॉफ्टवेयर का विकास चलते हुए क्रियाकलापों में शामिल है। सैक द्वारा प्रमाणित स्वच्छ लाभ एवं प्रदाब घटकों का उपयोग कर अहमदाबाद में स्थित व्यवसाय नियमित रूप से अपने प्रतिष्ठानों में मुद्रित परिपथ बोर्ड / MIL तार चोडाई एवं उडान मॉडल के पैकेज की पैकेजिंग के कार्य कर रहे हैं।

बहुत सारे उद्योग अहमदाबाद में और इसके आसपास स्थापित हैं। यांत्रिक पैकेज के संविरचन, जिसकी जरूरत अंतरिक्ष और भू-उपयोग में होती है, में योगदान देता है।

प्रौद्योगिकी अंतरण एवं परामर्श

भारतीय अंतरिक्ष उद्योग ने विगत कुछ वर्षों में दूरसंचार एवं प्रसारण तथा दूरचिकित्सा एवं दूरशिक्षा के क्षेत्र में अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी के अनुप्रयोग के क्षेत्र में उल्लेखनीय प्रगति की है। सैक के साथ 300 से भी ज्यादा लघु मध्यम एवं बड़े उद्योगों की साझीदारी अंतरिक्ष उपयोग प्रतियोगिता के क्षेत्र में मुख्य विशेषता रही है जो पिछले कुछ वर्षों में इस क्षेत्र में क्रमशः विकसित प्रोत्साहक नीतियों का परिणाम है। प्रापक नियंत्रण के रूप में सक्रिय सहयोग, तकनीकी ज्ञान तथा तकनीकी परामर्श के अंतरण प्रावधान द्वारा सैक उन्नत प्रौद्योगिकी बढ़ती हुई चुनौतियों का सामना करने एवं जटिल निर्माण कार्यों को संपन्न करने में सफल हुआ है।

केन्द्र में विकसित प्रौद्योगिकियाँ जिसमें बायबेक अथवा इसरो के अंतरिक्ष बाजारों के लिए संभाव्य अवसर है, उन्हें उद्योगों के लिए अ-विशिष्ठ आधार पर व्यावसायिक उत्पादन के लिए अनुमति दी जाती है। अब

तक सैक ने 90 से भी अधिक उत्पादों की प्रौद्योगिकी उद्योगों को अंतरित की है, जिसमें आपदा चेतावनी ट्रांसमीटर, स्वचालित मौसम स्टेशन, आइजीआइएस सॉफ्टवेयर, एसिक आधारित डिमाडुलन, सी एवं केयू बैंड अभिग्राही, संचार नीतभार के लिए इनवार डीमक्स फिल्टर, इन्सैट एमएसएस टाईप सी टर्मिनल एवं हब इत्यादि शामिल है।

निकट क्षेत्र परीक्षण सुविधा, फलीट मोनिटरिंग प्रणाली, एमएसएस टाइप-डी, आपदा चेतावनी ट्रांसमीटर, अपर संबंधन, ज्यूपेड एवं सफायर सॉफ्टवेयर इत्यादि प्रौद्योगिकियों पर कार्य किया जा रहा है। हमारे द्वारा प्रस्तावित सुविधाओं के उपयोग के लिए सैक को उद्योगों से विभिन्न परामर्श कार्य प्राप्त हुए हैं।

प्रौद्योगिक हस्तान्तरण एवम् उद्योग की भागीदारी के पीछे हमारा मुख्य उद्देश्य है कि हम स्वनिर्भर रहे ताकि हमारी जरूरियातों को निर्धारित समय से पूर्ण कर सकें और हमारा खर्चा भी कम रहे, देश की आमदनी देश में ही रहे।

हाल ही में एक करार हमने अस्ट्रा कंपनी, हैदराबाद से एसएसपीए के बारे में किया जिसकी बायबेक किमत 60 लाख तय की गई जिसकी आयात मूल्य 90 लाख है। इस तरह एक ही एसएसपीए में हम 30 लाख बचा पायेंगे।

प्रौद्योगिकी हस्तान्तरण निम्नलिखित हर क्षेत्र में हुई हैः-

(1) एन्टेना
(2) संचारण
(3) इलेक्ट्रानिक्स
(4) सुदूर संवेदन
(5) अन्य

सहयोगात्मक अनुसंधान

अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र ने फसल उत्पादन पूर्वानुमान, मौसम विज्ञान, आयन मन्डलीय अध्ययन आदि जैसे विषयों पर विश्वविद्यालयों के साथ सहयोगात्मक संयुक्त अनुसंधान के लिए करार किया है। इसके कई प्रयोक्ता मंत्रालयों, संगठनों तथा अन्य अंतरिक्ष एजेंसियों के साथ भी सहयोगात्मक संयुक्त कार्यक्रम है।

सहयोगात्मक कार्यक्रम कई तरीके से उपयोगी है। इसका एक विशेष उदाहरण मेघा ट्रापिक्स है। ऐसे सहयोगात्मक कार्यक्रम संयुक्त रूप से योगदान परियोजना में मदद करते हैं। ये वैज्ञानिक विचारों, ज्ञान वं सूचना के आदान-प्रदान को बहुत बढावा देता है। सहयोगात्मक कार्यक्रम बड़े मिशनों अथवा छोटे सीमित उद्देश्यों के डिजाइन के क्षेत्र में हो सकते हैं।

सहयोगात्मक कार्यक्रम निम्न प्रकार के हो सकते हैः-

- चन्द्रयान जैसे बड़े मिशनों के लिए अन्य अंतरिक्ष एजेन्सियों के साथ
- डिज़ाइन, निर्माण, परीक्षण इत्यादि के लिए उद्योगों के साथ
- विशेष अनुप्रयोग कार्यक्रमों के लिए प्रयोक्ता विभागों, मंत्रालयों एवं एजेंसियों के साथ

अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र निम्नलिखित व्यवसायिक निकायों से जुड़ा हैः-

- भारतीय सुदूर संवेदी सोसायटी
- भारतीय मौसम विज्ञान सोसायटी
- भारत अंतरिक्ष यानिक सोसायटी
- विद्युत और दूरसंचार अभियंता संस्थान

- भारतीय राष्ट्रीय मानचित्रकला संघ
- यांत्रिक अभियंता अंतरिक्ष सोसायटी

अंतर्राष्ट्रीय सहयोग परियोजनाएं

- फ्रेंच एजेंसी के साथ केयू बैंड प्रोपागेशन प्रयोग
- सीछ्न एस, फ्रांस के सहयोग से मेघा ट्रापिक्स
- इसरो-नासा एन ओएए सहयोग

प्रायोजित अनुसंधान

भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन के एक कार्यक्रम के द्वारा भारत में युनिर्वसिटियों एवं शैक्षिक संस्थाओं में अंतरिक्ष विज्ञान अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी और अंतरिक्ष अनुप्रयोग से संबंधित अनुसंधान एवं विकास गतिविधियों के संचालन के लिए वित्तीय सहायता उपलब्ध कराई जाती है। इसरो द्वारा प्रायोजित यह अनुसंधान कार्यक्रम रिसपोंड कहलाता है।

रिसपोंड कार्यक्रम का मुख्य उद्देश्य अंतरिक्ष की महत्वपूर्ण विकासात्मक परियोजनाओं और गुणवत्ता अनुसंधानों के संचालन के लिए शैक्षिक संस्थानों से साथ महत्वपूर्ण लिंक स्थापित करना तथा इसरो कार्यक्रमों के समर्थन के लिए उपयोगी परिणाम प्राप्त करना है। रिसपोंड कार्यक्रम शैक्षिक संस्थाओं में अंतरिक्ष कार्यक्रमों के समर्थन के लिए शैक्षिक आधार, मानव संसाधन एवं संरचना के उत्सर्जन को बढ़ावा देगा। सैक ने एक सक्रिय दृष्टिकोण से विश्वविद्यालयों को प्रस्ताव प्रस्तुत करने के लिए आमंत्रित किया है।

कई विश्वविद्यालयों के साथ समझौता ज्ञापन द्वारा सैक ने कई वैज्ञानिक/इंजीनियर पी.एच.डी./एम.टेक कार्यक्रम के बाह्य मार्गदर्शक के रूप में भाग लेते हैं। कुछ मामलों में शैक्षिक सहायता भी दी गई है।

इसके अतिरिक्त एक स्थाई प्रदर्शनी का भी आयोजन किया गया है जो कि विक्रम साराभाई अंतरिक्ष प्रदर्शनी के नाम से 11.4.2000 से चल रहा है उसमें विशेषतया विद्यार्थियों एवं शिक्षकों को अंतरिक्ष प्रदर्शनी देखने के लिए प्रोत्साहित किया जाता है। इस प्रदर्शनी में विभिन्न कार्यकारी मॉडल, उपग्रहों एवं प्रमोचन यानों के तीस से भी ज्यादा स्थैतिक मॉडल गुजराती एवं अंग्रेजी भाषा में पैनल प्रदर्शित किए गए हैं।

।। समाप्त ।।

अंतरिक्षयान के पेलोड के लिए भारतीय उद्योगों द्वारा सामग्री, घटकों और उप-प्रणालियों का विकास

पी.एम. ध्रुव, सुश्री मृगा वाघमारे, आर. आर. पटेल और आर. के. दवे,
प्रणाली विश्वसनीयता क्षेत्र, अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र, अहमदाबाद

सार

अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र (सैक) इन्सेट, जीसेट, और आईआरएस जैसे विभिन्न पेलोड की डिजाइन, उत्पादन और विकास के लिए कार्यरत है। उन्नत तकनीक द्वारा निर्मित रडार उपग्रह (आरआईसेट-१) का निर्माण भी सैक में किया गया है। ऊपर के सभी पेलोड विभिन्न सामग्रियों और घटकों से युक्त जटिल उप-प्रणालियों से बने हैं। इसरो की आवश्यकताओं के अनुसार घटकों और सामग्रियों का उप-प्रणालियों के रूप में डिजाइन, विनिर्माण और परीक्षण करने में भारतीय उद्योगों का अहम योगदान रहा है। स्वदेशीकरण गतिविधियां भारतीय उद्योगो को आत्मनिर्भरता की दिशा में भरपूर बल प्रदान करती हैं और इससे भारतीय उद्योग पर विश्वास बढ़ता है। आज, भारतीय उद्योगो द्वारा निर्मित विभिन्न घटकों, सामग्रियों, उप-प्रणालियों आदि का इस्तेमाल ऊपर बताए गए उपग्रहों में किया जाता है। भावी उपग्रहों में भी उनके उपयोग की योजना बनाई गई है।

यह आलेख इसरो के अंतरिक्ष कार्यक्रम के लिए भारतीय उद्योग द्वारा विभिन्न सामग्रियों, घटकों और उप-प्रणालियों के विकास के बारे में विस्तृत चर्चा प्रस्तुत करता है।

1.0 परिचय:

सैक में स्वदेशीकरण गतिविधि 1990 में शुरु हुई और भारत द्वारा 1998 में किए गए परमाणु परीक्षण के पश्चात् जब विभिन्न देशों ने भारत पर पाबंदी लगाई तब से स्वदेशीकरण में और तेजी आई। तब से, भारतीय उद्योग इसरो द्वारा विकसित डिजाइन के अनुसार विभिन्न सामग्रियों और घटकों के निर्माण की दिशा में योगदान दे रहा हैं।

पेलोडों की मांग में वृद्धि होने की वजह से, यह आवश्यक हो गया कि इसरो की सफल प्रौद्योगिकी का कार्य अनुभवी भारतीय उद्योगों को सौंप दिया जाए। जिससे इसरो नई प्रौद्योगिकी के विकास पर ध्यान केंद्रित कर सके। साथ ही, अंतरिक्ष हार्डवेयर तैयार करने के लिए घटकों और सामग्रियों का समय पर उपलब्धता भी बेहद आवश्यक है। यदि विदेशी निर्माताओं की बात करें तो सामग्री की गुणवत्ता और विश्वसनीयता पर सीधे नियंत्रण रखना बेहद मुश्किल कार्य है, साथ ही भारतीय उद्योगों की तुलना में वहां पर पारदर्शिता की भी कमी है। परिणामस्वरुप, विभिन्न गुणवत्ता से संबंधित समस्याओं का शीघ्रता से समाधान नहीं हो पाता है। इससे परियोजनाएं निर्धारित समय पर पूरी नहीं हो पाती हैं। इसलिए यह जरूरी हो जाता है कि घटकों/ उप-प्रणालियों का निर्माण देश में ही किया जाए और जिससे उनका परीक्षण तथा पेलोड हार्डवेयर में उपयोग किया जा सके। आयात के विकल्परूप स्वदेशीकरण गतिविधियों का मूल उद्देश्य आत्म निर्भरता है।

2.0 स्वदेशीकरण के अभिगम

स्वदेशीकरण के लिए दो अभिगमों का अनुसरण किया जा रहा है। पहला, जिसमें डिजाइनिंग से लेकर परीक्षण सहित सुपुर्दगी तक संपूर्ण गतिविधि समाहित है। दूसरा, जिसमें मात्र हार्डवेयर का फेब्रीकेशन और परीक्षण उद्योगों को उप-संविदा पर दिया जाता है, जिसकी डिजाइन के ब्योरे की आपूर्ति सैक द्वारा की जाती है।

पहला अभिगम कनेक्टरों, अटैनुअरों, टर्मिनेशन, टीसीएक्सओ, ओसीएक्सओ, केबल टाई आदि जैसे इलेक्ट्रॉनिक घटकों और सामग्रियों की अर्हता के लिए है। दूसरा अभिगम मुख्यतः उन उप-प्रणालियों के लिए अपनाया गया है, जो सैक द्वारा डिजाइन की गई हैं और प्रमाणित अंतरिक्ष विरासत हैं। सैक डिजाइन के अनुसार ऐसी उप-प्रणाली के विनिर्माण और परीक्षण के लिए सक्षम उद्योग के साथ अनुबंध किया जाता है। दूसरे अभिगम के अनुसरण में विभिन्न भारतीय उद्योगों द्वारा एमएमआईसी आधारित सी और केयू बैंड रिसीवर, ईपीसी, पूर्व चयन फिल्टर, डिमक्स फिल्टर, चालक एम्पलीफायर आदि जैसी उप-प्रणालियों का फेब्रीकेशन और परीक्षण किया जाता है।

प्रस्ताव हेतु अनुरोध (आरएफपी), परीक्षण विनिर्देश, परीक्षण योजना, परीक्षण-परिणाम की समीक्षा, आदि जैसी उक्त दो विधियों से संबंधित समस्त दस्तावेजीकरण आदि कार्य प्रणाली विश्वसनीयता क्षेत्र/ सैक द्वारा किया जा रहा है।

3.0 स्वदेशीकरण की प्रक्रिया:

स्वदेशीकरण गतिविधियों के लिए अपनाई गई प्रक्रिया नीचे समझाई गई है और चित्र 1 में दिये गये प्रवाह चार्ट में सारांश प्रस्तुत किया गया है।

(क) घटकों की पहचान:

स्वदेशीकरण गतिविधि ऐसे घटकों, सामग्री और उप-प्रणालियों की पहचान करने के साथ शुरू होती है, जिनका कि आयात किया जाना है। ऐसी वस्तुओं का चयन किया गया है, जिनकी अधिक आवश्यकता है और जिन्हें उद्योग तैयार करने में सक्षम है इस तरह की चीजों का चयन किया जाता है। पार्ट्स और सामग्री की अनुमोदित सूची उपलब्ध है जिसे पहचान करने के लिए भी भेजा जाता है। इन सूचियों को घोषित सामग्री सूची (डीएमएल) और प्राथमिकता पार्ट्स सूची (पीपीएल) के रूप में जाना जाता है।

(ख) उद्योग की पहचान और मूल्यांकन:

संभावित उद्योग का चयन सर्वेक्षण, उद्योग के साथ समान परियोजना पर कार्य करने अनुभव आदि के आधार पर जाता है। उद्योग उनकी क्षमताओं का मूल्यांकन उसके अपेक्षित क्षेत्र में दक्षता, वर्तमान कार्यक्षेत्र, प्रक्रिया लाइन, उपलब्ध परीक्षण और परिमापन उपकरणों, उनकी गुणवत्ता प्रणाली आदि के मानदण्डों के आधार पर किया जाता है। उक्त कार्यक्षेत्र में अपेक्षित संशोधनों, यदि हो, का सुझाव देते हुए एक व्यापक रिपोर्ट तैयार की जाती है।

(ग) उत्पाद का प्रारंभिक मूल्यांकन:

उद्योग द्वारा तैयार प्रोटोटाइप नमूनों की कार्यशील आवश्यकताओं के लिए मूल्यांयन किया जाता है। विसंगित, यदि हो, पाये जाने पर उद्योग को सूचित किया जाता है। उद्योग द्वारा सुधारीकृत/ संशोधित नमूना तैयार किया जाता है और उसका मूल्यांकन किया जाता है। परीक्षण के परिणाम की समीक्षा के आधार पर आगे की कार्रवाई की जाती है।

(घ) प्रक्रिया लाइन और ऑपरेटर प्रमाणपत्र:

यह आवश्यक है कि अंतरिक्ष यान में जो उत्पाद इस्तेमाल किया जाए उसको निर्दिष्ट प्रक्रिया के साथ स्वच्छ कमरे में निर्मित किया जाए। स्वच्छ कमरा तापमान, नमी, हवा का दबाव, आदि के नियंत्रित स्तर के साथ वर्ग 100, वर्ग 10000 आदि के मानदण्ड में विनिर्दिष्ट है। फेब्रीकेशन और निरीक्षण गतिविधियां विशेष प्रशिक्षित और इसरो द्वारा प्रमाणित ऑपरेटरों द्वारा की जाती है।

(ङ) नमूनों का विनिर्माण और परीक्षण:

तत्पश्चात्, उद्योग प्रमाणित प्रक्रिया लाइन का उपयोग करके नमूने बनाते है। यह नमूना उस उत्पाद के समान ही होता है, जिसको उपयोग अंतरिक्षयान में किया जाना है, इसे अर्हता नमूना के नाम से जाना जाता है। इसरो की निगरानी और मार्गदर्शन के अंतर्गत अनुमोदित परीक्षण योजना के अनुसार यह नमूने परीक्षण के अधीन हैं। परिणामों की समीक्षा की जाती है और अपेक्षाओं पर खरे उतरते हैं तो उसे अर्ह घोषित कर दिया जाता है। अन्यथा आवश्यक सुधारात्मक कार्रवाई के बाद नया नमूना तैयार किया जाता है और उसका परीक्षण दोहराया है।

(च) प्रक्रिया पहचान दस्तावेज (पीआईडी):

उद्योग द्वारा फेब्रीकेशन अनुक्रम, प्रक्रिया पैरामीटर, मशीनों पैरामीटर सैटिंग, प्रयुक्त पार्ट्स एवं सामग्री का खरीद विनिर्देश आदि के ब्योरे वाला एक दस्तावेज तैयार किया जाता है। इस दस्तावेज़ को प्रक्रिया पहचान

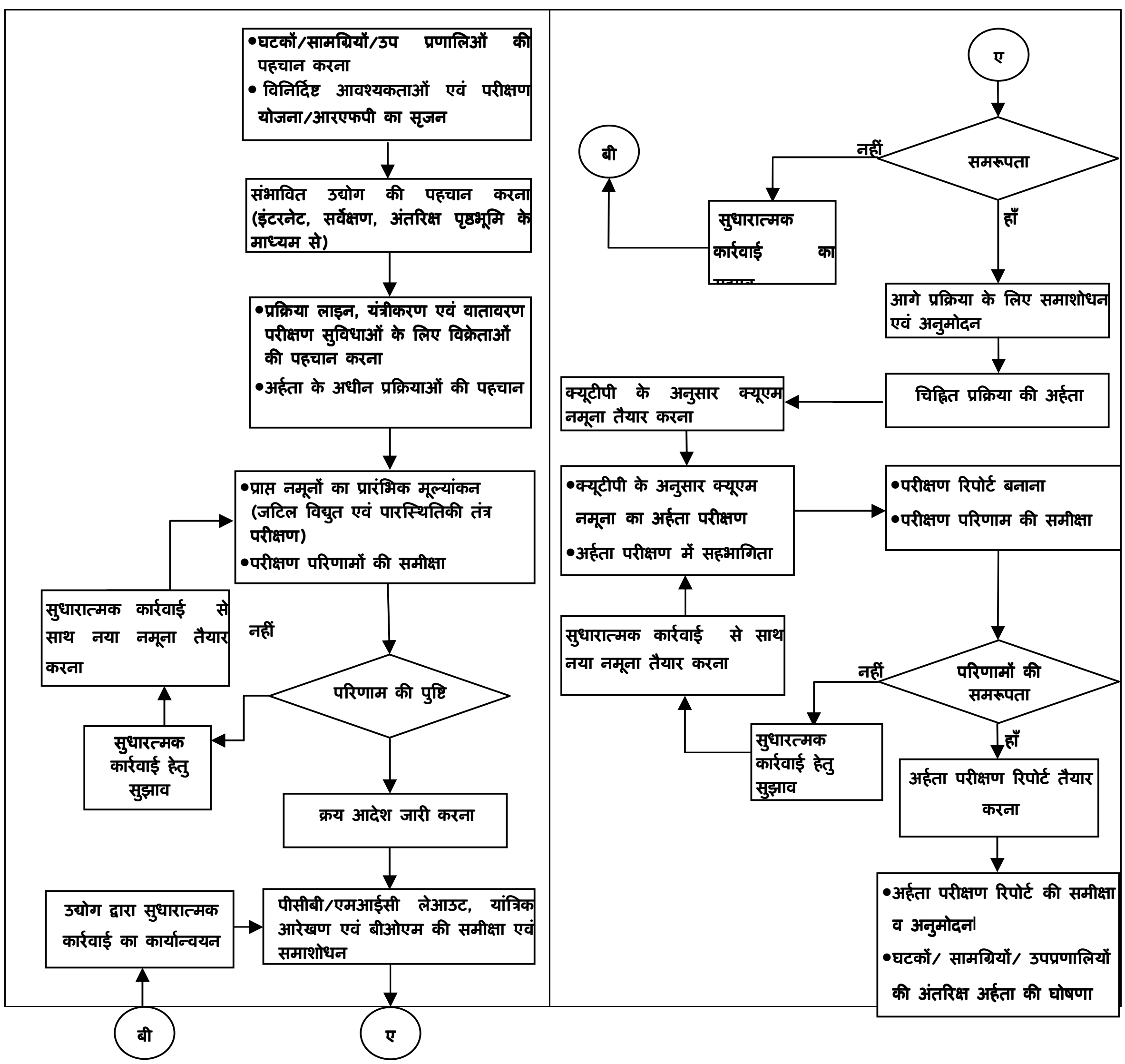
दस्तावेज (पीआईडी) के नाम से जाना जाता है। प्रक्रिया पहचान दस्तावेज (पीआईडी) उत्पाद को पुनः तैयार करने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। एफएम हार्डवेयर के निर्माण के दौरान पीआईडी का अनुकरण किया जाता है।

(छ) योग्यता का सत्यापन

लम्बी समयावधि के दौरान, यदि घटकों की गुणवत्ता का घट जाना, परीक्षण के दौरान विरूपता दिखना, पीआईडी अनुमोदित मशीन व परिमापकों में परिवर्तन, अर्हता की वैधता समाप्त होना, आदि देखे जाते हैं, तब वीओक्यू किया जाता है। अनुमोदित वीओक्यू योजना के अनुसार नया नमूना तैयार किया जाता है और उसका परीक्षण किया जाता है।

नीचे दर्शाए गए चित्र-1 में स्वदेशीकरण गतिविधियों का सार प्रस्तुत किया गया हैः-

चित्र - 1: स्वदेशीकरण की प्रक्रिया का प्रवाह चार्ट



4.0 विशिष्ट परीक्षण मैट्रिक्स:

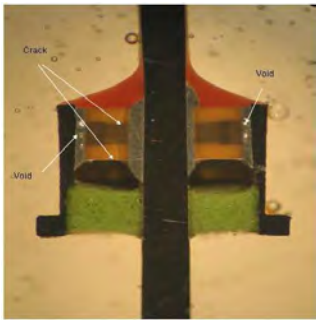
उत्पाद पर विविध परीक्षण किए जाते हैं। परीक्षण का चयन मुख्यतः उसे बनाने के लिए प्रयुक्त सामग्री की किस्म, घटकों/ उप-प्रणालिओं और प्रक्रिया के आधार पर किया जाता है। उदाहरण के लिए, उत्पाद के अति उच्च व अति निम्न तापमान में टिके रहने की क्षमता की जाँच करने के लिए तापीय आघात परीक्षण किया जाता है। यदि उत्पाद निम्न मानक गुणवत्ता वाला है, तो इससे सामग्री में दरार, भौतिक क्षति, भौतिक व विद्युत अभिलक्षणों में परिवर्तन, आदि उत्पन्न हो जाते हैं। ईएमआई / **EMC** परीक्षण इलेक्ट्रो चुंबकीय हस्तक्षेप का सामना करने के लिए उत्पाद की क्षमता को सत्यापित करने के लिए किया जाता है। उत्पाद का विद्युत कार्यप्रदर्शन ऐसे वातावरण में किया जाता है। इसी तरह स्पंदन, ईएसडी, जीवन, आदि जैसे परीक्षण का अपना महत्व है और वे भी संपन्न किए जाते हैं। प्रारंभिक मूल्यांकन और अर्हता अभ्यास की विशेष परीक्षण मैट्रिक्स निम्न तालिका- 1 दर्शायी गई हैः-

क्र.सं.	परीक्षण	अनुप्रयोज्यता	
		डीवीएम	क्यूएम
1.	दृष्टिक निरीक्षण (आंतरिक और बाह्य)	X	X
2.	शारीरिक माप	X	X
3.	तापीय आघात	X	X
4.	पूर्व ज्वलन विद्युत परीक्षण (**IBT)**	X	X
5.	ज्वलन		X (240 घण्टे)
6.	पश्च - ज्वलन विद्युत परीक्षण		X
	क) तापमान परीक्षण		
	ख) भंडारण तापमान		X
	ग) आर्द्रता भंडारण		X
7.	तापमान प्रचालन परीक्षण	X	X
8.	ईएमआई / ईएमसी		X
9.	साइन स्पंदन		X
10.	यादृच्छिक स्पंदन	X	X
11.	तापीय निर्वात परीक्षण		X
12.	यांत्रिक आघात		X
13.	ईएसडी परीक्षण		X
14.	जीवन परीक्षण		X (2000 घण्टे)
15.	अंतिम पीठ परीक्षण (एफबीटी)	X	X
16.	अंतिम दृश्य निरीक्षण	X	X

5.0 केस स्टडी:

जब भी उत्पाद के निर्माण और परीक्षण के दौरान विफलता हाथ लगती है तो विफलता विश्लेषण किया जाता है। सैक और उद्योग द्वारा संयुक्त रूप से विसफलता के कारणों का विश्लेषण किया जाता है और उनके समाधान उपलब्ध कराए जाते हैं। यह केस स्टडी बताती है कि आवश्यक सुधारात्मक कार्रवाई सुझाने के पश्चात् किस प्रकार दरार विसंगति को दोष उन्मूलित किया गया।

स्वदेशी फ़ीड के माध्यम से फिल्टर के प्रारंभिक मूल्यांकन के बाद, नमूने पर सूक्ष्म सेक्शनिंग किया गया। संधारित्र की सिरामिक रचना पर दरार देखी गई, जिसे चित्र - 2 में दर्शाया गया है।



चित्र - 2

विनिर्माण प्रक्रिया का विश्लेषण किया गया। यह देखा गया है कि टांका-यंत्र का उपयोग करते हुए 250° सेल्सियस में धातु रचना और केन्द्र कंडक्टर के साथ संधारित्र में टांका लगाया गया। इससे तापीय आघात पैदा हुआ और संधारित्र की सिरामिक रचना में दरार पैदा हुई।

टांका लगाने की प्रक्रिया के दौरान ताप और ठंडक चक्र की धीमी दर प्रदान करने का सुझाव दिया गया। तदनुसार, धातु रचना, संधारित्र, टांका पन्नी और केन्द्र कंडक्टर वाली संपूर्ण समवाय को 250° सेल्सियस भट्ठी से गुजारने के पूर्व 100° सेल्सियस पर गर्म किया गया। नमूना साफ करने से पूर्व कमरे के तापमान पर ठंडा किया गया।

उक्त प्रक्रिया के अनुसार उद्योग द्वारा नमूनों का नया बैच तैयार किया गया। इस नमूने पर सूक्ष्म सेक्शनिंग परीक्षण किया गया और कोई दरार नहीं आयी। इस तरह, प्रणाली विश्वसनीयता क्षेत्र और उद्योग से संयुक्त प्रयास से दरार के दोष को दूर किया गया।

6.0 उद्योग भागीदारी का लाभ:

इसरो के अंतरिक्ष कार्यक्रम में उद्योग की भागीदारी इसरो और भारतीय उद्योग दोनों के लिए परस्पर लाभकारी है। इसरो को उच्च विश्वसनीयतायुक्त घटकों/ उप-प्रणालियों की खरीद में लगने वाले समय से कमी का लाभ मिलता है। यह परियोजनाओं की समय अनुसूची का पालन करने में मदद मिलती है। इससे उत्पाद की गुणवत्ता और विश्वसनीयता में बेहतर अंतर्दृष्टि मिलती है, क्योंकि डिजाइन से लेकर उपयोग तक इसरो और उद्योग में निकट व सतत् संवाद बना रहता है।

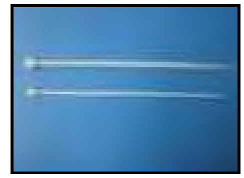
उद्योग को उन्नत प्रौद्योगिकी से परिचय का लाभ मिलता है। योग्य प्रक्रिया लाइन, अनुभवी कार्मिकबल, आदि के उपयोग से वे व्यवसायिक क्षेत्र में भी बेहतर गुणवत्ता के उत्पाद उपलब्ध करा सकते हैं। इससे विश्व बाजार से प्रतिस्पर्धा करने की भारतीय उद्योग की क्षमता पर अच्छा प्रभाव पड़ता है। उपरोक्त के अलावा, राष्ट्रीय महत्व की अंतरिक्ष परियोजना में भागीदारी की संतुष्टि भी मिलती है।

7.0 उपलब्धियां:

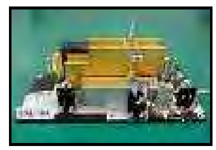
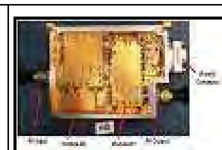
सैक ने थर्मिस्टर से लेकर जटिल संघटकों, एमएमआईसी आधारित सी और केयू बैंड रिसीवर, टीआर माड्यूल, आदि घटकों जैसे उत्पाद की व्यापक श्रृंखला का स्वदेशीकरण किया है। विगत तीन वर्षों के दौरान, कई घटकों, सामग्रियों एवं उप-प्रणालियों ने अर्हता हासिल की है। जिसे तालिका:1 में दर्शाया गया है।

तालिका: 1 अर्हताप्राप्त घटक/ उप-प्रणालियां

(क) घटक

टीसीएक्सओ (एचएमसी)	थर्मिस्टर (ग्लास एनकेप्स्युलेटेड)	पूर्व चयनित फिल्टर	 केबल टाई

(ख) उप प्रणालियां

60 वाट सी - बैंड टीडब्ल्यूटी के लिए ईपीसी	टी.आर. मॉड्यूल	टीसीयू मॉड्यूल	 एमएमआईसी आधारित के.यू. बैंड रिसीवर	 ड्राइवर प्रवर्धक

ओसीएक्सओ, क्रिस्टल फिल्टर, फिल्टर के माध्यम से फ़ीड, दिल नेटवर्क/ रोकनेवाला संधारित्र आदि जैसे घटकों की मूल्यांकन गतिविधि विभिन्न उद्योगों के साथ प्रगतिशील है। तालिका 2 में इस प्रकार के उपकरणों की सूची दर्शायी गई है।

तालिका 2: मूल्यांकन/ अर्हता के अंतर्गत घटक

ओसीएक्सओ	क्रिस्टल फिल्टर	फ़ीड थ्रू फिल्टर	डीआईएल अवरोधक/ संधारित्र नेटवर्क

8.0 भावी योजनाएः

ऐसी कई सामग्री और घटक हैं, जिनका उपयोग अंतरिक्षयान में किया जाता है किन्तु अभी तक उनका स्वदेशीकरण नहीं हुआ है। को-एक्सियल विभाजक/ प्रकीर्णक, एसएमए कनेक्टर, पेचदार बैंड पास फ़िल्टर (एचबीपीएफ) माइक्रोवेव अवशोषक, आदि ऐसे घटक और सामग्रियां हैं, जिसके लिए संभावित उद्योग की खोज जारी है।

9.0 निष्कर्ष:

सैक ने हाल ही में केबल टाई, टीसीएक्सओ(एचएमसी), कांच एनकेप्युलेटेड थर्मिस्टर, पूर्वचयनित फिल्टर आदि जैसे कई सामग्री और घटकों का सफलतापूर्वक स्वदेशीकरण किया है। ओसीएक्सओ,फिल्टर से फ़ीड, आदि जैसे अन्य घटकों मूल्यांकन की प्रक्रिया में है, जिनका शीघ्र ही स्वदेशीकरण कर लिया जाएगा।

विभाजक/ प्रकीर्णक, एसएमए कनेक्टर, आदि घटकों के लिए संभावित उद्योग की खोज की दिशा में भी प्रयास जारी हैं। हांलाकि यह आवश्यक है कि इस गतिविधि में अधिक से अधिक उद्योग भाग लें और भारत को उपग्रह हार्डवेयर के क्षेत्र में आत्मनिर्भर बनाएं।

प्रणाली विश्वसनीयता क्षेत्र (एसआरए) और स्वदेशीकरण समिति, सैक इस गतिविधि में कड़े प्रयास कर रहे हैं। दोनों के टीमवर्क ने सफलता भी दिलाई है।

आभार

हम द्वारा संपूर्ण स्वदेशी गतिविधि के दौरान दिए गए प्रोत्साहन और सहयोग के लिए श्री डी. सुब्रह्मण्यम, अध्यक्ष, स्वदेशीकरण समिति के आभारी हैं। हम श्री एम.एम.वाछानी, समूह प्रधान,क्यूएईजी और उनके टीम सदस्य सुश्री शिल्पा पण्डया, प्रधान, क्यूसीडी, श्री पी.एम.खोलिया, सुश्री अर्चना भट्ट, श्री श्री जेवी मेहता और सुश्री कामिनी पटेल का लेआउट, सामग्री बिल की समीक्षा, आवश्यकता अनुसार परीक्षण और अंकेक्षण के दौरान सहयोग और प्रोत्साहन के लिए भी आभारी हैं। यांत्रिक आरेखण की समीक्षा और केबल टाई, आदि के परीक्षण के लिए श्री के.बी.व्यास, समूह प्रधान, क्यूएसीएमजी और उनके टीम सदस्यों श्री एम.एच.ठाकर प्रधान, एमक्यूएडी, श्री ए.के.शाह, श्री आर.एम.शाह और श्री एच.एस.शाह के सहयोग और प्रोत्साहन के लिए भी आभारी हैं।

।। समाप्त ।।

अंतरिक्ष उपयोग कार्यक्रम में प्रायोजित अनुसंधान (रिस्पांड) द्वारा शैक्षणिक संस्थाओं का योगदान

अंकिता विशाल पटेल और विकास पी पटेल
आरआरसीडी, पीपीजी, अंतरिक्ष उपयोग केंद्र

सारः

भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो) का रिस्पांड कार्यक्रम का मुख्य उद्देश्य शैक्षणिक संस्थानों के साथ मजबूत संबंध स्थापित करना, शैक्षणिक संस्थानों में इसरो के कार्यक्रम में उपयोगी गुणवत्ता अनुसंधान एवं विकास परियोजनाओं को कार्यान्वित करना है। रिस्पांड कार्यक्रम शैक्षणिक संस्थानों में अंतरिक्ष विज्ञान, अंतरिक्ष प्रोद्योगिक और अंतरिक्ष अनुप्रयोग से संबधित अनुसंधान और विकास की गतिविधियों में सहायता प्रदान करता है। अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (सैक) इसरो ने रिस्पांड कार्यक्रम में प्रमुख योगदान दिया है। इस पेपर में रिस्पांड कार्यक्रम के विभिन्न पहलुओं, जैसे रिस्पांड कार्यक्रम के उदेश्यो, सैक में रिस्पांड की प्रमुख विशेषताएं, अनुसंधान क्षेत्र दस्तावेज, रूचि अन्वेषण बैठकें, पूर्ण परियोजनाओं का मूल्यांकन, सैक वेबसाइट पर रिस्पांड, चल रही परियोजनाओं की प्रक्रिया तथा नई परियोजना प्रस्तावों पर जानकारी के बारे में चर्चा की गई है।

1.0 परिचय

रिस्पांड कार्यक्रम शैक्षणिक आधार बढ़ाने के लिए, गुणवत्ता अनुसंधान को प्रोस्ताहित करने के लिए शैक्षणिक संस्थानों में भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम का समर्थन करने के लिए मानव संसाधनों और बुनियादी सुविधाओं का सृजन करना है। भारतीय अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन (इसरो) शैक्षणिक संस्थानों और विश्वविद्यालयों को इसरो कार्यक्रमो के लिए उपयोगी गतिविधियों तथा अंतरिक्ष विज्ञान, अंतरिक्ष प्रोद्योगिकी और अंतरिक्ष अनुप्रयोग से संबंधित अनुसंधान के संचालन और विकास के लिए वित्तीय सहायता प्रदान करता है। विशेष मामलों में अनुसंधान और विकास परियोजनाओं को गैर शैक्षणिक अनुसंधान एवं विकास प्रयोगशालाओं द्वारा प्रस्ताव में भी इस कार्यक्रम के माध्यम से सहायता की जा सकती है। भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम में निम्नलिखित प्रमुख तत्त्व शामिल है:-

- अंतरिक्ष विज्ञान और प्रोद्योगिकी
- अंतरिक्ष संचार, उपग्रह नौसंचालन, सुदूर शिक्षण, अनुप्रयोग, पृथ्वी संसाधन सर्वेक्षण, मौसम विज्ञान और भूमंडल नापने का शास्त्र
- वैज्ञानिक अनुसंधान और अंतरिक्ष अनुप्रयोगों, साउंडिंग रोकेट और उपग्रह प्रक्षेपण यान के लिए उपग्रह कक्षा के डिजाइन और विकास के लिए स्वदेशी क्षमताएं विकसीत करना

2.0 रिस्पांड कार्यक्रम का उद्देश्य

रिस्पांड कार्यक्रम का मुख्य उद्देश्य शैक्षणिक संस्थानों के साथ मजबूत संबंध स्थापित करना, शैक्षणिक संस्थानों में अंतरिक्ष से संबंधित इसरो के कार्यक्रम में उपयोगी गुणवत्ता अनुसंधान और विकासात्मक परियोजनाएं कार्यान्वित करना है। तथा इसरो के कार्यक्रमो के समर्थन हेतु इस तरह के अनुसंधानो से उपयोगी परिणाम प्राप्त करना है।

भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम का मूल उद्देश्य राष्ट्रीय विकास और भारत के लोगों के लिए अधिकतम लाभ प्राप्त करने के लिए अंतरिक्ष विज्ञान और प्रोद्योगिकी के उन्नत अनुसंधान क्षेत्रों का उपयोग करना है।

3.0 सैक में रिस्पांड प्रोग्रामः

अंतरिक्ष उपयोग केंद्र (सैक) इसरो का एक प्रमुख केंद्र है। सैक में रिस्पांड कार्यक्रम के कार्यक्षेत्र अनुसार निम्नतः किया जाता है:-

- शैक्षणिक संस्थानों के साथ रूचि अन्वेषण बैठकें
- उन्नति मोनिटरिंग और डिलिवरेबल्स आभास के लिए प्रिंसीपल जाचकर्ता के साथ बाह्य अंतरापृष्ठ
- प्रिंसीपल जाचकर्ता, सैक फोकल व्यक्तियों और रिस्पांड समीक्षा समिति के साथ आंतरिक अंतरापृष्ठ

- ❖ तकनीकी और वित्तीय उपयुक्तता के लिए अंतरापृष्ठ
- ❖ उप निदेशक (रिस्पांड) के साथ मुख्यालय अंतरापृष्ठ

सैक गतिविधियाँ संचार और प्रसारण से राष्ट्रीय संसाधन प्रबंधन और पर्यावरण की मोनिटरिंग तक विकसित हुई है। सैक की गतिविधियों के निम्न क्षेत्र हैः-

- ❖ उपग्रह संचार नीतभार
- ❖ उपग्रह संचार अनुप्रयोग
- ❖ उपग्रह नौसंचालन और सैटनव भू-टर्मिनल
- ❖ संवेदक नीतभार
- ❖ सुदूर संवेदन डेटा प्रोडक्ट और अनुप्रयोग
- ❖ प्लेनेटरी विज्ञान
- ❖ तकनीकी सुविधायें

भारत के विभिन्न शैक्षणिक संस्थानों में सैक विशेषयज्ञों के मार्गदर्शन में 37 परियोजनाएं चल रही हैं।

3.1 रिस्पांड की सैक में प्रमुख विशेषताएं

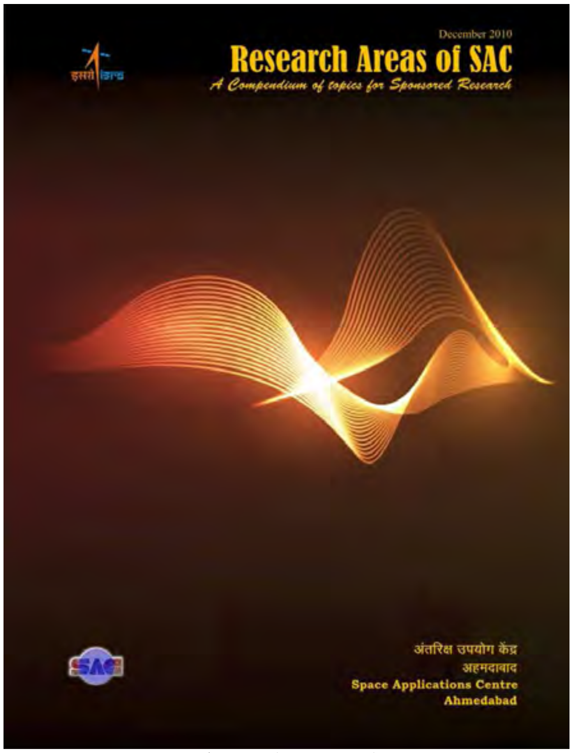
इसरो के रिस्पांड कार्यक्रम की सैक में प्रमुख भूमिका है। रिस्पांड कार्यक्रम की सैक में मुख्य विशेषताएं इस प्रकार हैं।

- ❖ अनुसंधान क्षेत्र दस्तावेज तैयार करके, अभौगोलिक क्षेत्रों में अन्वेषण संबंधित रूचिकर बैठकों का आयोजन करके तथा सैक वेबसाइट पर रिस्पांड के माध्यम से अनुसंधान के लिए सक्रिय द्वष्टिकोण तैयार करना।
- ❖ इंट्रानेट रिसर्च वेबसाइट /इंटरनेट रिस्पोंड वेबसाइट का विकास।
- ❖ चल रही परियोजनाओं और प्रस्तावित परियोजनाओं की प्रक्रीया का कम्प्यूटरीकृत रिकॉर्ड करने के लिए डाटाबेस डिजाईन और संगठित करना।
- ❖ पूर्ण परियोजनाओं मूल्याकन करना और रिपोर्ट।
- ❖ रिस्पांड की चल रही परियोजनाओं और नई प्रस्ताव की वार्षिक समीक्षा करना और रिपोर्ट।
- ❖ चालू परियोजनाओं को समय से पूरा करना।
- ❖ रिस्पांड की समीक्षा समिति की सक्रिय भूमिका की पारदर्शिता।
- ❖ सुदूर संवेदन अनुप्रयोग परियोजनाओं के अलावा अन्य परियोजनाओं की संख्याओं में वृद्धि करके परियोजना क्षेत्रों में असंतुलन को कम करना।
- ❖ सभी प्राथमिक जाचकर्ताओं के संपर्क विवरण सहित रिस्पांड निर्देशिका।
- ❖ सैक में रिस्पांड कार्यक्रम का वार्षिक रिपोर्ट।

3.2 अनुसंधान क्षेत्र दस्तावेज

अनुसंधान के लिए सक्रिय द्वष्टिकोण के साथ रिस्पांड कार्यक्रम के लिए "सैक के अनुसंधान क्षेत्र" पर एक दस्तावेज प्रथम बार जुलाई 2006 में तैयार किया गया। इस दस्तावेज को अक्टूबर 2008 और दिसम्बर 2010 में संशोधित किया है। यह दस्तावेज सैटकोम पेलोड और एंटेना, सैटकोम अनुप्रयोग, विद्युत-प्रकाशीय एवं सूक्ष्मतरंग संवेदक, प्रतिबिंब प्रक्रिया एवं सुदूर संवेदन अनुप्रयोग, तकनीकी सुविधाओं और परियोजना प्रबंधन जैसे क्षेत्रों में सैक में अनुसंधान और विकास की संभावनाओं को उजागर करता है। इस दस्तावेज में रिस्पांड कार्यक्रमो के लिए नियम, प्रक्रियाओं और प्रारूपों को भी सम्मिलित किया गया है। यह दस्तावेज शैक्षणिक संस्थानों के लिए रिस्पांड कार्यक्रम के तहत प्रस्ताव बनाने के लिए उपयोगी है। मुद्रित दस्तावेज संबंधित

शैक्षणिक संस्थानों को दिए जाते हैं, इसके अतिरिक्त दस्तावेज को इंटरनेट रिस्पांड, सैक वेबसाइट के माध्यम से प्राप्त किया जा सकता है।



अनुसंधान क्षेत्र दस्तावेज

वार्षिक रिपोर्ट

3.3 रूचि अन्वेषण बैठकें

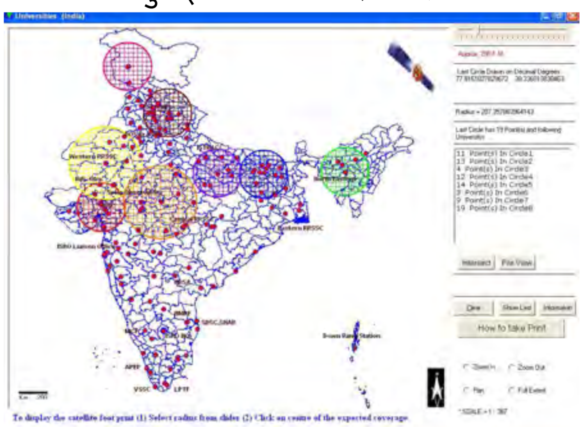
अनुसंधान के लिए सक्रिय द्वष्टिकोण के तहत एक और महत्वपूर्ण कदम देश के अप्रस्तुत भौगोलिक क्षेत्रों में रूचि अन्वेषण बैठकें आयोजित करना है। गुजरात के लिए पायलट बैठक सैक में आयोजित की गई। गुजरात की बैठक के परिणामस्वरूप, 50 प्रस्ताव प्राप्त हुए और 6 प्रस्तावों को राशि देने के लिए चुना गया। दूसरी बैठक बिहार, झारखंड और पूर्वोत्तर राज्यों के लिए क्रमशः पटना तथा शिलांग में आयोजित की गई। दूसरी बैठक परिणामस्वरूप 9 प्रस्तावों को फंड देने के लिए चुना गया। तीसरी बैठक अल्हाबाद में अक्टूबर 2008 में आयोजित की गई। 13 विश्वविद्यालयों/संस्थाओं से 30 से अधिक प्रतिनिधियों ने बैठक में भाग लिया। तीसरी बैठक के परिणामस्वरूप, 6 प्रस्ताव प्राप्त हुए और 2 प्रस्तावों को राशि देने के लिए चुना गया। चौथी बैठक देहरादून में 2009 में आयोजित की गई। 22 विश्वविद्यालयों/संस्थाओं से 41 से अधिक प्रतिनिधियों ने बैठक में भाग लिया। चौथी बैठक के परिणामस्वरूप, 11 प्रस्ताव प्राप्त हुए और 1 प्रस्ताव को राशि देने के लिए चुना गया। पांचवी बैठक श्रीनगर में 2009 में आयोजित की गई। 8 विश्वविद्यालयों/संस्थाओं से 19 से अधिक प्रतिनिधियों ने बैठक में भाग लिया। पांचवी बैठक के परिणामस्वरूप, 12 प्रस्ताव प्राप्त हुए और 1 प्रस्ताव को राशि देने के लिए चुना गया। छठी बैठक जोधपुर में 2011 में आयोजित की गई। 12 विश्वविद्यालयों/संस्थाओं से 22 से अधिक प्रतिनिधियों ने बैठक में भाग लिया। छठी बैठक के परिणामस्वरूप, 12 प्रस्ताव प्राप्त हुए और 1 प्रस्ताव को राशि देने के लिए चुना गया।

छठी बैठक हाल ही में भोपाल मार्च 2011 में आयोजित की गई। 31 विश्वविद्यालयों/संस्थाओं से 56 से अधिक प्रतिनिधियों ने बैठक में भाग लिया। छठी बैठक के परिणामस्वरूप, 12 प्रस्ताव प्राप्त हुए और और कुछ अन्य प्रस्तावों के प्राप्त होने की संभावनाएं हैं।

रूचि अन्वेषण बैठक - भोपाल

चित्र-अ में दर्शाए गए आठ वृत्त उन् क्षेत्रों को दर्शाते हैं, जहाँ के विश्वविद्यालयों और संस्थनों ने पटना, शिलांग, अल्हाबाद, देहरादून, श्रीनगर, जोधपुर तथा भोपाल की बैठकों में भाग लिया। रूचि अन्वेषण बैठक के बाद उत्तर और पूर्वोत्तर भौगोलिक प्रसार विस्तृत हो गया, जिसे चित्र-ब में दर्शाया गया है।

भविष्य में जुलाई 2012 में मिजोरम में रूचि अन्वेषण बैठक की योजना का प्रस्ताव है।

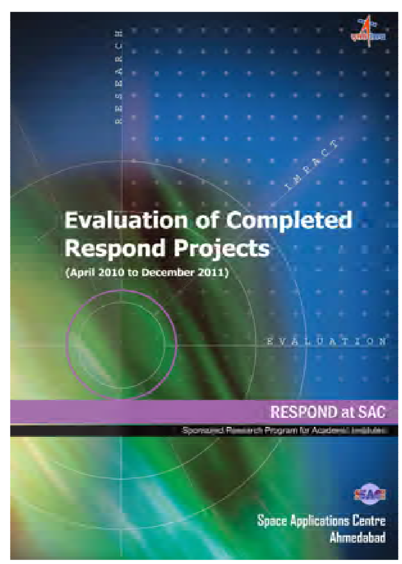


चित्र- अ वर्तुलाकार से दर्शाए गए क्षेत्र

चित्र- ब रिस्पांड परियोजनाओ का भौगोलिक विस्तरण

3.4 पूर्ण परियोजनाओं का मूल्यांकन

रिस्पांड कार्यक्रम का मुख्य उद्देश्य में एक शैक्षणिक संस्थानों में इसरो के कार्यक्रम में उपयोगी गुणवत्ता अनुसंधान एवं विकास परियोजनाओं को कार्यान्वित करना है। इसरो के कार्यक्रम पर पूर्ण परियोजनाओं का प्रभाव जांचने के लिए पूर्ण परियोजनाओं का मूल्यांकन किया गया। हमारे विशिष्ट प्रयास से 21 माह में 21 रिस्पांड-सैक परियोजनाओं को पूर्ण किया गया। अप्रैल 2010 से दिसम्बर 2010 के दौरान पूर्ण कि गई परियोजनाओं का मूल्यांकन किया गया और मूल्यांकन परिणाम, इम्पेक्ट स्टडी का वर्णन, समरी ऑफ फाइंडिंग और वित्तीय वर्णन का मूल्यांकन रिपोर्ट में समावेश किया गया।



3.5 सैक वेबसाइट पर रिस्पांड

सैक में इंटरनेट “रिस्पांड” की वेबसाइट विकसित की गई। इस वेबसाइट में निम्नलिखित जानकारियाँ शामिल हैं।

- "सैक के अनुसंधान क्षेत्र" दस्तावेज
- प्रस्ताव जमा की प्रक्रिया
- अनुसंधान अनुदान के लिए दिशानिर्देश
- रिस्पांड परियोजना शुरू करने के लिए नियम और शर्ते
- जारी परियोजनाओं का विवरण
- जारी परियोजनाओं का भौगोलिक विस्तरण
- प्रस्ताव अनुमोदन के लिए फार्म और प्रक्रिया
- वार्षिक रिपोर्ट
- इवेंट्स और फोटो
- संपर्क विवरण

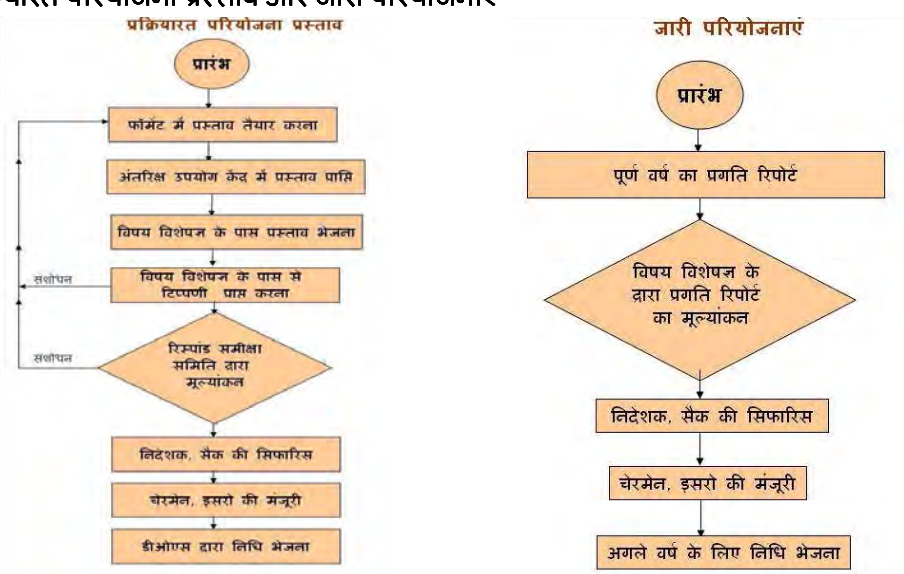
इंटरनेट "रिस्पांड" की वेबसाइट

इंट्रानेट "रिसर्च" वेबसाइट

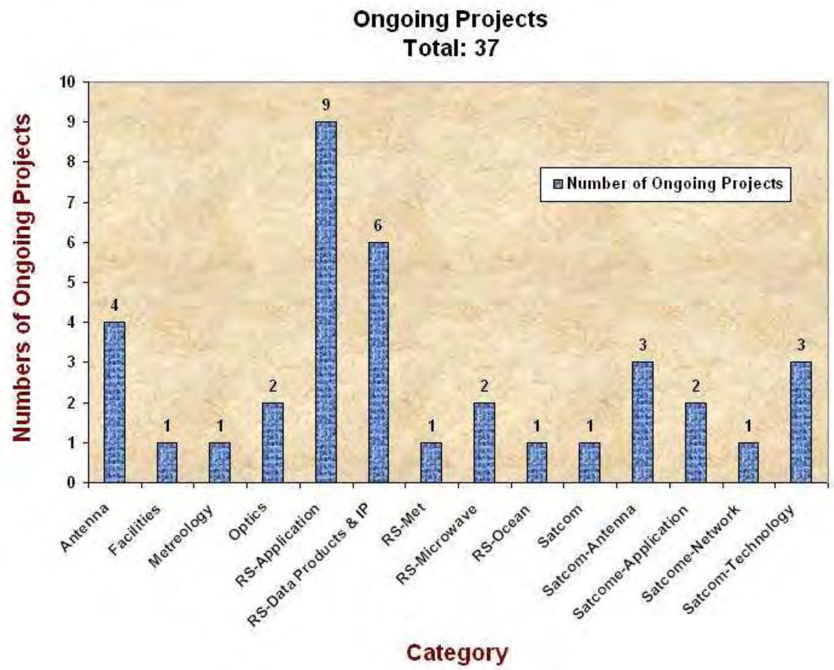
इंट्रानेट "रिसर्च" वेबसाइट विकसित की गई। इस वेबसाइट में निम्नलिखित जानकारियाँ शामिल हैं।

- रिस्पांड
- टीडीपी /आर&डी
- सुदूर संवेदन अनुप्रयोग

3.6 प्रक्रियारत परियोजना प्रस्ताव और जारी परियोजनाएं



सैक में रिस्पांड के तहत परियोजना के चयन की प्रक्रिया पारदर्शी है। नए प्रस्तावों को सैक में संबंधित विशेषज्ञ के पास भेजा है। रिस्पांड समीक्षा समिति की बैठक में सैक विशेषज्ञ के मत पर चर्चा की जाती है तथा समिति प्रस्ताव के चयन, अस्वीकृति या संशोधन पर निर्णय देती है।आज की स्थिति में 37 परियोजनाएं शैक्षणिक संस्थानो में कार्यरत हैं और 40 परियोजना प्रस्ताव प्रक्रियाधीन हैं। विशिष्ट श्रेणियों के अंतर्गत चल रही परियोजनाओं (OGP) की संख्या चित्र में दर्शाई गई है।



<u>विशिष्ट श्रेणी के तहत जारी परियोजना प्रस्तावों की स्थिति</u>

सैक में हर वर्ष सभी चल रही परियोजनाओं की एक वार्षिक रिस्पांड समीक्षा आयोजित की जाती है। सैक में वर्ष 2011-12 की समीक्षा 16 और 17 नवंबर 2011 को आयोजित की गई।

<u>वार्षिक रिस्पांड समीक्षा</u>

<u>रिस्पांड की निर्देशिका</u>

रिस्पांड की निर्देशिका तैयार की गई है, जिसे हर साल संशोधन किया जाता है। इस निर्देशिका ने सभी कार्यरत परियोजनाओं के प्राथमिक जाचकर्ताओं के सम्पर्क के विवरण शामिल हैं।

4.0 निष्कर्ष

सैक में रिस्पांड की सक्रिय भूमिका के साथ इसरो मुख्यालय ने रिस्पांड-सैक के मॉडल को इसरो के दूसरे केन्द्रों को अपनाने के लिए कहा गया है। रिस्पांड कार्यक्रम शैक्षणिक आधार बढ़ाने के लिए, गुणवत्ता अनुसंधान को प्रोस्ताहित करने के लिए, शैक्षणिक संस्थानों से उच्च गुणवत्ता परियोजनाएं प्रस्तावित करके दृढ होता जा रहा है।

5.0 संदर्भः

किताबें/पत्रः

- आरआरसीडी, अंतरिक्ष उपयोग केंद्र से दिसम्बर 2010 में प्रकाशित "सैक के अनुसंधान क्षेत्र" दस्तावेज
- पूर्ण परियोजनाओं का मूल्यांकन रिपोर्ट
- रिस्पांड-सैक का वार्षिक रिपोर्ट

वेबसाइटः

- http://www.sac.gov.in/respond/index.html
- http://10.61.36.75/sac/rrcd/research.html

लेखक का संपर्क विवरणः

श्रीमती अंकिता विशाल पटेल
वरिष्ठ सायन्टिफिक आस्सिस्टंट-ए, आरआरसीडी
अंतरिक्ष उपयोग केंद्र
जोधपुर टेकरा
अहमदाबाद-380015
दूरभाष: 079-26913334/ 41
ईमेल पता : ankita@sac.isro.gov.in

श्री विकास पी. पटेल
प्रधान, आरआरसीडी
अंतरिक्ष उपयोग केंद्र
जोधपुर टेकरा
अहमदाबाद-380015
दूरभाष: 079-26913338
ईमेल पता : vikas@sac.isro.gov.in

।। समाप्त ।।

अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी का वाणिज्यीकरण - स्वदेशी उद्योगों की भूमिका

विवेक पाण्डेय, राजेश्वरी भट्ट

सारांश

भारत पिछले चार दशकों से अंतरिक्ष विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी में कार्यरत है। इसमें स्वदेशी उद्योगों की भूमिका उल्लेखनीय है। इन्होंने क्रेता और विक्रेता दोनों की भूमिका अदा की है। अंतरिक्ष उपयोग केंद्र द्वारा विकसित तथा अंतरण की गई अनेक प्रौद्योगिकियों का सफलतापूर्वक वाणिज्यीकरण किया है। उद्योगों को अंतरित की गई प्रौद्योगिकियों में से लगभग 87% का सफलतापूर्वक वाणिज्यीकरण हुआ है और उनके लाभों को प्रत्यक्ष या परोक्ष रूप से साधारण जनमानस तक पहुँचाया गया है।

प्रस्तावना

भारत पिछले चार दशकों से अंतरिक्ष विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी के अनुसंधान और उपयोग में कार्यरत है। आज भारत ने अपने आपको इस क्षेत्र में एक अग्रणी देश के रूप में स्थापित किया है। इसरो का एक मुख्य उद्देश्य है कि अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी के लाभ आम आदमी तक पहुँचे। इसमें वह सफल भी रहा है। इस सफलता में स्वदेशी उद्योगों की अपनी महत्वपूर्ण भूमिका है।

स्वदेशी उद्योग अंतरिक्ष उपयोग केंद्र से अनेक प्रकार से संलग्न हैं। उन्होंने क्रेता एवं विक्रेता दोनों के रूप में अहम भूमिका निभाई है। न केवल विक्रेता के रूप में अंतरिक्ष उपयोग केंद्र के अनेक संचार और सुदूर संवेदन परियोजनाओं में अपना योगदान दिया है अपितु अंतरिक्ष उपयोग केंद्र द्वारा विकसित प्रौद्योगिकियों को खरीदकर उनका वाणिज्यीकरण भी किया है। इसे आम आदमी तक पहुँचाया है। हमारे पास इसके अनेक उदाहरण हैं। किंतु इस लेख में उन कुछ प्रौद्योगिकियों का उल्लेख किया गया है जो सैक द्वारा अंतरण की गई हैं और जिनका सफलतापूर्वक वाणिज्यीकरण हुआ है। ये प्रौद्योगिकियां या तो सापेक्ष रूप में उपयोगी हैं या इनका कोई स्पिन-ऑफ उपयोग में है।

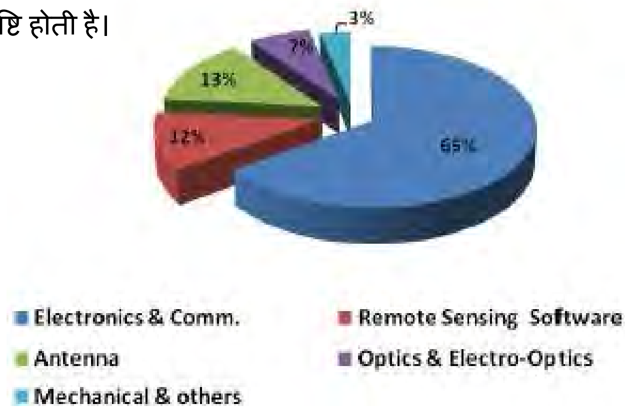
सैक में प्रौद्योगिक अंतरण का कार्य सन् 1977 से चला आ रहा है। तब से अब तक अनेक प्रौद्योगिकियों का अंतरण हुआ है। टीटीआईडी के पास उपलब्ध आंकड़ों का विश्लेषण करने से पता चलता है कि सैक द्वारा की गई कुल अंतरण में से 87% का सफलतापूर्वक वाणिज्यीकरण हुआ है।

इनमें से कुछ प्रमुख हैं- आपदा चेतावनी अभिग्राही, प्रत्यक्ष प्राप्ति प्रणाली, आरएन टर्मिनल, आंकड़ा परिवर्तन भंडारण एवं प्रसारण प्रणाली, एनएफएमडी उपकरण, मोबाइल उपग्रह सेवा रिपोर्टिंग टर्मिनल (सी एवं डी प्रकार), विपत्ति चेतावनी प्रेषित्र, एकस्पंदी अनुरेखन अभिग्राही, भौगोलिक सूचना प्रणाली (जीआईएस) एवं प्रतिबिंबन प्रक्रिया सॉफ्टवेयर। कुछ प्रौद्योगिकियां गैर अंतरिक्ष उपयोगकर्ताओं के लिए बहुत उपयोगी साबित हुई हैं, जैसे कि सीसीडी कैमरा, फ्रेम ग्रैबर, रैपिड थ्रेड चैकिंग मशीन, भौगोलिक सूचना प्रणाली (जीआईएस) एवं प्रतिबिंबन प्रक्रिया सॉफ्टवेयर।

नीचे दिए गए नक्शा प्रसार से पता चलता है कि स्वदेशी उद्योग भारत में बारह से अधिक राज्यों में फैले हुए हैं।

Hyderabad	21
Vadodara	12
Bangalore	11
Ahmedabad	11
Mumbai	8
Thiruvanan-thapuram	6
New Delhi	6
Chennai	2
Faridabad	2
Solan	2
Coimbatore	2
Gandhinagar	2
Bhopal	2
Pune	1
Kolkata	1
Kakinada	1
Trichur	1
Rohtak	1
Jaipur	1

स्वदेशी उद्योगों ने सैक के अनेक तकनीकी क्षेत्रों में योगदान दिया है। टीटीआईडी के पास उपलब्ध आंकड़ों से इस बात की पुष्टि होती है।



सफल प्रौद्योगिकी वाणिज्यीकरण के मामलों में से तीन का विस्तार से आगे उल्लेख किया गया है।

1. विपत्ति चेतावनी प्रेषित्र

इन्सैटकी यूएचएफ प्रेषानुकर के माध्यम से एक केंद्रीय हब स्टेशन को आपात परिस्थिति एवं स्थिति की जानकारी भेजने के लिए बनाया गया है। इस प्रौद्योगिकी का अंतरण तीन विभिन्न कंपनियों- मेसर्स वीएक्सएल टेक्नोलोजीस, फरीदाबाद, मेसर्स एवांटेल लि., हैदराबाद और मेसर्स कोमोलिन इलेक्ट्रानिक्स, अहमदाबाद को किया गया है। इन्होंने मिलकर 3000 से भी अधिक डीएटी बेचे हैं। इन्होंने डीएटी को और हल्का एवं गठा हुआ बनाया है। ये डीएटी मत्स्य पालन विभाग, तट रक्षक, मछुवारों आदि को बेचे गए हैं। मत्स्य पालन विभाग, लक्षद्वीप, पश्चिम बंगाल सरकार, सलाया मालिक संघ, जामनगर, डेल्टा मरीन तूतीकोरिन आदि कुछ प्रमुख क्रेता हैं।

2. भौगोलिक सूचना प्रणाली (जीआईएस) एवं प्रतिबिंबन प्रक्रिया सॉफ्टवेयर

भारत में अनेक प्रतिबिंब प्रक्रिया एवं फोटोग्रामिती सॉफ्टवेयर उपलब्ध हैं। परंतु ये सब विदेशी बहुराष्ट्रीय कंपनियों के द्वारा बेचे जाते हैं। लेकिन पिछले कुछ सालों से सैक की सहायता से एक स्वदेशी कंपनी स्कैनपाइंट जियोमेटिक्स लि., अहमदाबाद ने एक स्वदेशी सॉफ्टवेयर बनाया है। यह सॉफ्टवेयर बहुराष्ट्रीय कंपनियों को कड़ी चुनौती दे रहा है। अब तक इसके 175 से अधिक लाइसेंस बेचे जा चुके हैं।

3. मोबाइल उपग्रह सेवा रिपोर्टिंग टर्मिनल (सी प्रकार)

इस प्रौद्योगिकी का विकास सैक द्वारा किया गया है। यह एक छोटा हल्का और बैटरी से चलने वाला टर्मिनल है जो छोटे संदेश या स्थिति का एक केंद्रीय स्थान को प्रसारण करता है। इस प्रौद्योगिकी का अंतरण तीन विभिन्न कंपनियों मेसर्स एवांटेल लि., हैदराबाद, मेसर्स बीईएल, बेंललुरू और मेसर्स एई टेलीलिंक, नई दिल्ली को किया गया है। हाल ही में दिल्ली स्थित एक और कंपनी ने इसमें रूचि दिखाई है। उपरोक्त कंपनियों ने 300 से अधिक ऐसे टर्मिनल बेचे हैं। इसमें भारतीय नौ सेना, तट रक्षक, इनकोइस, एनआईओटी और डीआरडीओ प्रमुख हैं। मेसर्स एवांटेल ने इस प्रणाली का उपयोग भारतीय रेल के रेलवे अनुवर्तन प्रणाली में उपयोग किया है, जिससे भारतीय रेल यात्रियों को ट्रेन की सही स्थिति और समय बता सके। इसके अलावा मेसर्स एवांटेल ने ही रक्षा एवं वांतरिक्ष अनुप्रयोगों के लिए भारत के प्रथम प्रामाणित स्वदेशी एमएसएस प्रणाली का विकास किया है। इसके प्रथम 12 उपकरण अमेरिका की बोइंग कंपनी को बेचे जाएंगे। बोइंग इनका उपयोग भारतीय सेना को बेचे जाने वाले विमानों में करेगा।

निष्कर्ष

सैक द्वारा विकसित अनेक प्रौद्योगिकियों को आम आदमी तक पहुँचाने में स्वदेशी उद्योगों की अहम भूमिका है। उनकी यह भूमिका निम्नलिखित क्षेत्रों में हैं-

1. नए-नए अनुप्रयोगों का विकास
2. उत्पाद विकास यानि आकार वजन में कमी
3. लागत को कम करना
4. नए उपयोगकर्ताओं को खोजना और उन्हें शिक्षित करना
5. बाजार की मांग को पूरा करने के लिए अधिक संख्या में उत्पादन करना
6. जागरूकता और प्रौद्योगिकी की पहुँच बढ़ाने के लिए बिक्री और विपणन प्रयास करना
7. बिक्री के बाद आवश्यक सेवाएं उपलब्ध कराना और इन सबसे परे स्वदेशी उद्योग अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी का लाभ आम आदमी तक पहुँचाने में सहायता करते हैं।

।। समाप्त ।।

सत्र – 3

संविरचन प्रौद्योगिकी

उपग्रह ताप नियंत्रण की भावी तकनीकों हेतु स्वदेशी अनुसंधान एवं विकास

कमलेश कुमार बराया, वैज्ञानिक/अभियंता-एस ई
संरचना एवं तापीय विश्लेषण प्रभाग
यांत्रिक अभियांत्रिकी तंत्र क्षेत्र

प्रस्तावना

भारतीय अंतरिक्ष कार्यक्रम का मुख्य उद्देश्य अंतरिक्ष विज्ञान एवं तकनीकी के उन्नत अनुसंधान के क्षेत्रों को राष्ट्रीय विकास एवं भारत के लोगों के अधिकतम लाभ के लिए उपयोग में लाना है। भारत के अंतरिक्ष कार्यक्नम के उद्देश्यों की पूर्ति के लिए हमने यह भी निश्चित किया है कि हमें अंतरिक्ष के उपयोग एवं वैज्ञानिक अनुसंधान के लिए उपग्रहों एवं उपग्रहों प्रमोचक यानों की परिकल्पना एंव विकास के लिए स्वदेशी क्षमता भी हासिल करनी है। भारत को अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में आत्मनिर्भरता तथा अंतरिक्ष के अंतर्राष्ट्रीय बाजार में अपनी पहचान बनाने के लिए स्वदेशी अनुसंधान एवं विकास अत्यंत आवश्यक है। इसरो ने उपग्रह निर्माण, उपग्रह प्रमोचन यान, उपग्रह नीतभारों, इत्यादि से संबंधित स्वदेशी प्रौद्योगिकियों के विकास में उल्लेखनीय सफलता अर्जित की है। उपग्रहों के निर्माण में ताप नियंत्रण प्रौद्यौगिकी की महत्वपूर्ण भूमिका होती है। हमारे देश के विभिन्न संस्थानों में उपग्रहों के ताप नियंत्रण प्रौद्योगिकी पर महत्वपूर्ण अनुसंधान कार्य किए जा रहे हैं। इस लेख में उपग्रहों के ताप नियंत्रण प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में स्वदेशी अनुसंधान और विकास के लाभों एवं ऊष्मा स्थानांतरण एवं ताप नियंत्रण की कुछ ऐसी तकनीकों पर प्रकाश डाला गया है जिन पर हमारे देश में तेजी से अनुसंधान कार्य चल रहे है।

इक्कीसवीं शताब्दी में प्रवेश के साथ ही अंतरिक्ष तकनीक का जनहित के विभिन्न क्षेत्रों में उपयोगों में आशातीत वृद्धि हुई है। संचार साधनों की उपलब्धता में वृद्धि के साथ ही सूचना एवं संचार प्रौद्योगिकी का विभिन्न क्षेत्रों में उपयोगों की मांग में उत्तरोत्तर वृद्धि होती जा रही है। जनसंख्या में वृद्धि के साथ ही पृथ्वी के प्राकृतिक संसाधनों पर दबाव , प्रदूषण, वैश्विक तापमान में वृद्धि इत्यादि कारणों से दीर्घकालिक एवं समावेशित विकास के प्रयास किए जा रहे हैं। इन कारणों से उपग्रहों की कार्य क्षमताओं में निरंतर वृद्धि की मांग बढ़ती ही जा रही है। उपग्रहों की क्षमताओं में वृद्धि के कारण उपग्रहों के उपकरणों में ऊष्मा क्षय में भी बढ़ोतरी हो जाती है, जिससे उपग्रह के ताप नियंत्रण उपतंत्र पर असाधारण अभियांत्रिकी चुनौतियां आ रही है। पारंपरिक ताप नियंत्रण तकनीकें इन चुनौतियों का सामना करने में सक्षम नहीं है। ताप नियंत्रण की इन चुनौतियों का सामना करने के लिए वर्तमान में कुछ नवीन तकनीकों पर शोध एवं विकास का कार्य देश में तेजी से चल रहा है। भविष्य के उपग्रहों में ताप नियंत्रण की इन तकनीकों के उपयोग की प्रचुर संभावनाएं हैं।

स्वदेशी अनुसंधान एवं विकास के लाभ

उपग्रह ताप नियंत्रण प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में कई नवीन तकनीकों पर हमारे देश में अनुसंधान एवं विकास कार्य चल रहे हैं, उन पर चर्चा करने से पहले, ताप नियंत्रण प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में स्वदेशी अनुसंधान एवं विकास से हमारे देश को होने वाले लाभों पर भी सारांश में प्रकाश डाला गया है।

1. आत्मनिर्भरताः- उपग्रहों के लिए ताप नियंत्रण प्रौद्योगिकी के स्वदेशी अनुसंधान एवं विकास से मुख्य लाभ यह है कि हमारी अन्य देशों पर प्रौद्योगिकी के लिए निर्भरता कम हो जाती है। आज के युग में अंतर्राष्ट्रीय स्तर पर राजनीतिक, आर्थिक एवं सुरक्षा के मामलों में तेजी से बदलाव हो रहे हैं , ऐसी परिस्थितियों में किसी भी देश पर अत्याधिक निर्भरता घातक सिद्ध हो सकती है। किसी भी देश पर अत्याधिक निर्भरता हमारे देश के दीर्घकालीन परिदृश्य के लिए उचित नहीं है, इसलिए हमें स्वदेशी अनुसंधान एवं विकास में वृद्धि के लिए निरंतर प्रयास करते रहना चाहिए। कुछ वर्षों पहले संयुक्त राज्य अमेरिका ने हमारे देश में नाभिकीय परीक्षण के चलते हमारे देश के कई अंतरिक्ष और परमाण्वीय केन्द्रों पर आयात प्रतिबंध लगा दिए थे। अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी के स्वदेशीकरण के कारण ही हम इन प्रतिबंधों का सामना मजबूती से कर पाए हैं। स्वदेशीकरण के कारण हमने न केवल प्रतिबंधों का सामना किया , बल्कि हम और मजबूत होकर उभरे हैं।

2. लागत में कमी:- उपग्रह ताप नियंत्रण प्रौद्योगिकी के स्वदेशीकरण का दूसरा मुख्य लाभ यह है कि हम तकनीकी उपकरणों एवं सॉफ्टवेयरों में खर्च होने वाली दुर्लभ विदेशी मुद्रा की बचत कर सकते हैं। उपग्रह के उपकरणों और सॉफ्टवेयरों के आयात में हमें कई गुना अधिक विदेशी मुद्रा खर्च करनी पड़ती है। विदेशी कंपनियां अधिक लाभ कमाने के उद्देश्य से उपकरणों एवं सॉफ्टवेयरों के लिए हमसे अधिक से अधिक दाम वसूलती है। हमारे देश में योग्य एवं शिक्षित मानव संसाधन की प्रचुरता के कारण उत्पाद एवं सेवाओं की लागत विदेशों की तुलना में कम होती है।

3. विज्ञान और तकनीकी के अद्यतन क्षेत्रों में आगे रहना:- अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी के स्वदेशीकरण की प्रक्रिया में कई उन्नत तकनीकों का देश में ही विकास होता है , जिससे अंतरिक्ष विज्ञान और तकनीकी के उन्नत अनुसंधान के क्षेत्रों में हम विश्व के किसी भी देश से पीछे नहीं है तथा अंतर्राष्ट्रीय स्तर पर हम अपने देश की पहचान बनाने में कामयाब हो सके हैं। अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी के स्वदेशीकरण के कारण ही यह संभव हो सका है कि आज हम विश्व के प्रथम छः अंतरिक्ष शक्ति संपन्न देशों की सूची में शामिल हो सके हैं। हमारी उल्लेखनीय सफलताओं के कारण कई विकसित देश भी अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में हमसे सहयोग के लिए आगे बढ़ रहे हैं। हमारे प्रमोचक यानों द्वारा हमने विश्व के कई देशों के उपग्रहों को सफलतापूर्वक अंतरिक्ष में स्थापित किए हैं।

4. देशी उद्योगों को बढ़ावा:- उपग्रह ताप नियंत्रण प्रौद्योगिकी के स्वदेशीकरण से हमारे देश के उद्योगों को भी उन्नत प्रौद्योगिकी संबंधित उत्पादों के उत्पादन में भागीदार बनने का अवसर मिलता है। हमारे देश की आर्थिक प्रगति के लिए यह आवश्यक है कि हमारे देश के उद्योग भी उन्नत प्रौद्योगिकी के उपयोग में दुनिया के अन्य देशों से पीछे नहीं रहने चाहिए। अंतरिक्ष के क्षेत्र में देशी उद्योगों की अधिकतम भागीदारी से हम अंतर्राष्ट्रीय स्तर से संबंधित अनिश्चितताओं से कम से कम प्रभावित होंगे।

5. स्पिन ऑफ तकनीक:- वे तकनीकें जिन्हें मूल रूप से अंतरिक्ष अभियानों के लिए विकसित किया जाता है , लेकिन वहीं तकनीकें जब अंतरिक्ष अभियानों के अतिरिक्त समाज के अन्य उद्देश्यों की पूर्ति के लिए भी उपयोगी सिद्ध होती हैं तों उन तकनीकों को स्पिन ऑफ तकनीकों के नाम से जाना जाता है। उपग्रह ताप नियंत्रण प्रौद्योगिकी के स्वदेशीकरण की प्रक्रिया में हमारे द्वारा विकसित की गई तकनीकों को हम बिना किसी प्रतिबंध के उन तकनीकों को देश के लोगों की अन्य समस्याओं के लिए भी उपयोग में लाने पर अनुसंधान एवं विकास कर सकते हैं। अंतरिक्ष अभियानों के लिए हमने स्वदेशी अनुसंधानों द्वारा नए हल्के मिश्र पदार्थों का विकास किया है, इन हल्के मिश्र पदार्थों का उपयोग देश में विकलांगों के लिए कृत्रिम अंग बनाने में भी किया जा रहा है। इसी तरह हम अंतरिक्ष अभियानों के लिए चतुर पदार्थों का विकास कर रहे हैं, उन्हीं चतुर पदार्थों को अन्य कार्यों के लिए भी उपयोग में लाया जा सकता है। इस तरह अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी के स्वदेशीकरण की प्रक्रिया में स्पिन ऑफ तकनीकों से देश के लोगों को सीधा लाभ मिलता है।

<u>उपग्रह ताप नियंत्रण की चुनौतियां</u>

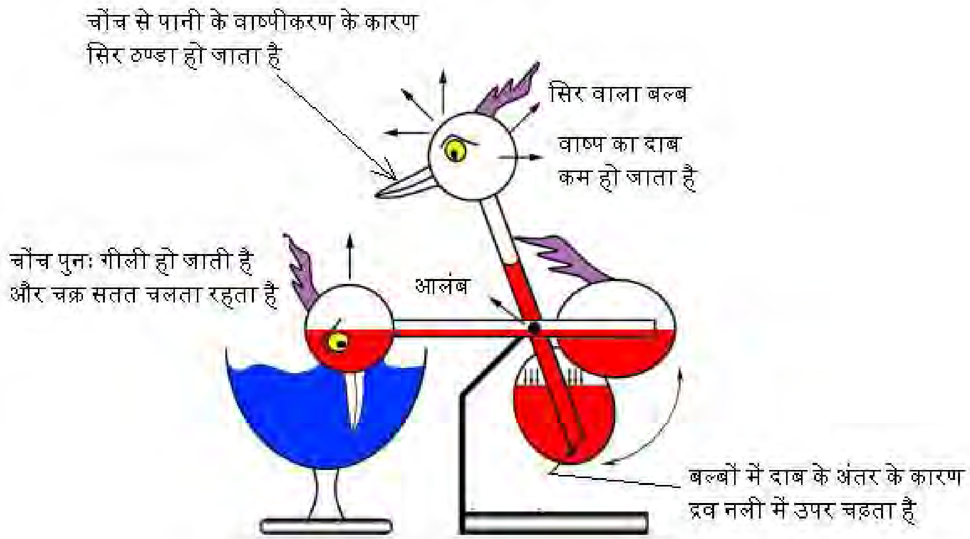
उपग्रहों की अभिकल्पना के दौरान ताप नियंत्रण के क्षेत्र में कई नई चुनौतियां सामने आ रही है। ऐसी ही चुनौतियां का समाधान ढूंढने के लिए ताप नियंत्रण प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में स्वदेशी अनुसंधान एवं विकास को बल मिला है। निम्नलिखित चुनौतियां, उपग्रह ताप नियंत्रण के क्षेत्र में देश में होने वाले अनुसंधान एवं विकास के लिए प्रेरक का काम कर रही हैः-

1. चिप से हीट सिंक का तापीय प्रतिरोध अति निम्न , 1 K/W से कम
2. उच्च ऊष्मा वहन क्षमता
3. उच्च ऊष्मा अभिवाह (1 W/cm^2 से 40 W/cm^2)
4. यांत्रिक एवं तापीय अनुकूलता
5. दीर्घ कालीन विश्वसनीयता
6. लघुकरण

स्पंदमान ऊष्मा नलियां (Pulsating Heat Pipes)

स्पंदमान ऊष्मा नली, ताप नियंत्रण की उन नवीन प्रयुक्तियों में से है जिन पर अंतरिक्ष अभियानों में उपयोग के लिए देश के कुछ उच्च संस्थानों में अनुसंधान एवं विकास के कार्य चल रहे हैं। स्पंदमान ऊष्मा नली उपग्रह ताप नियंत्रण की चुनौतियों के समाधान के लिए एक बेहतर विकल्प सिद्ध हो सकता है।

स्पंदमान ऊष्मा नलियों पर चर्चा करने से पहले हमें उन दो लोकप्रिय खिलौनों पर चर्चा करना उपर्युक्त होगा, जो शायद आधुनिक स्पंदमान ऊष्मा नली के विकास में महत्वपूर्ण कड़ी रहे होंगे। इन खिलौनों की कार्य प्रणाली को समझने के बाद हम स्पंदमान ऊष्मानली की कार्य प्रणाली को बेहतर तरीके से समझ सकते है।



चित्र स.1 पीने वाली चिड़िया की कार्य प्रणाली का प्रदर्शन

पीने वाली चिड़ियाः- इसे चित्र स.1 में दिखाया गया है और शायद सभी ने वास्तव में देखा भी होगा। इससे खेलने वाले बच्चे शायद इसकी तकनीकी सूक्ष्मता से अनभिज्ञ होंगे, लेकिन इसकी डिज़ाइन में द्वि-प्रावस्था भौतिकी एवं संबंधित ताप-यांत्रिकी अंतर्क्रियाएं अंतर्निहित हैं। ये चिड़िया दो ग्लास के बल्बों से बनी होती है। एक बल्ब (चिड़िया का सिर) से एक ग्लास ट्यूब निकलकर नीचे की ओर दूसरे ग्लास बल्ब के अंदर जाती है। इस प्रयुक्ति को वायुरहित करने के बाद एक वाष्पशील द्रव, सामान्यतः मेथिलिन क्लोराइड जिसका क्वथनांक 40°C है, से आंशिक रूप से भरी जाती है। बल्बों एवं नली में खाली स्थान द्रव की वाष्प से स्वतः ही वाष्पीकरण के कारण भर जाता है। सिर वाले बल्ब पर एक सूक्ष्मरंध्र वाले पदार्थ की चोंच लगी होती है , जिसे किसी तरह पानी से गीला रखना होता है। जब चिड़िया सीधी स्थिति में होती है, तो दोनों बल्बों में उपस्थित वाष्प संपर्क में नहीं होती है। चोंच में उपस्थित पानी के वाष्पीकरण से सिर वाले बल्ब का तापमान कम हो जाता है एवं उसमें वाष्प का दाब भी कम हो जाता है। नीचे वाले बल्ब मे वाष्प के अधिक दबाव के कारण द्रव उपर के बल्ब की ओर धकेला जाता है , जिससे इस चिड़िया का गुरूत्व केन्द्र भी उपर की ओर खिसकता जाता है और एक ऐसी स्थिति आती है जब उपर वाले भाग का वजन नीचे वाले भाग से अधिक हो जाता है , तब सिर नीचे की ओर झुकने लगता है। इस स्थिति में चिड़िया की चोंच आगे बर्तन में रखे पानी के कारण वापस गीली हो जाती है, साथ ही दोनो बल्बों की वाष्प का नली के मार्ग द्वारा संपर्क में आने के कारण समदाबीय स्थिति उत्पन्न हो जाती है। इस स्थिति में कार्यकारी द्रव गुरूत्वाकर्षण के कारण वापस नीचे वाले बल्ब में लौट आता है एवं असंतुलित भार के कारण चिड़िया के आलंब पर बल आघूर्ण लगता है, इसी बल आघूर्ण के कारण चिड़िया दोलन गति करने लगती है। चोंच से वाष्पीकरण के कारण पुनः पानी नली में से होकर उपर चढ़ने लगता है एवं चक्र पुनः दोहराया जाता है। जब तक चिड़िया की चोंच गीली रखी जाती है , इस खिलौने में द्रव एवं वाष्प के

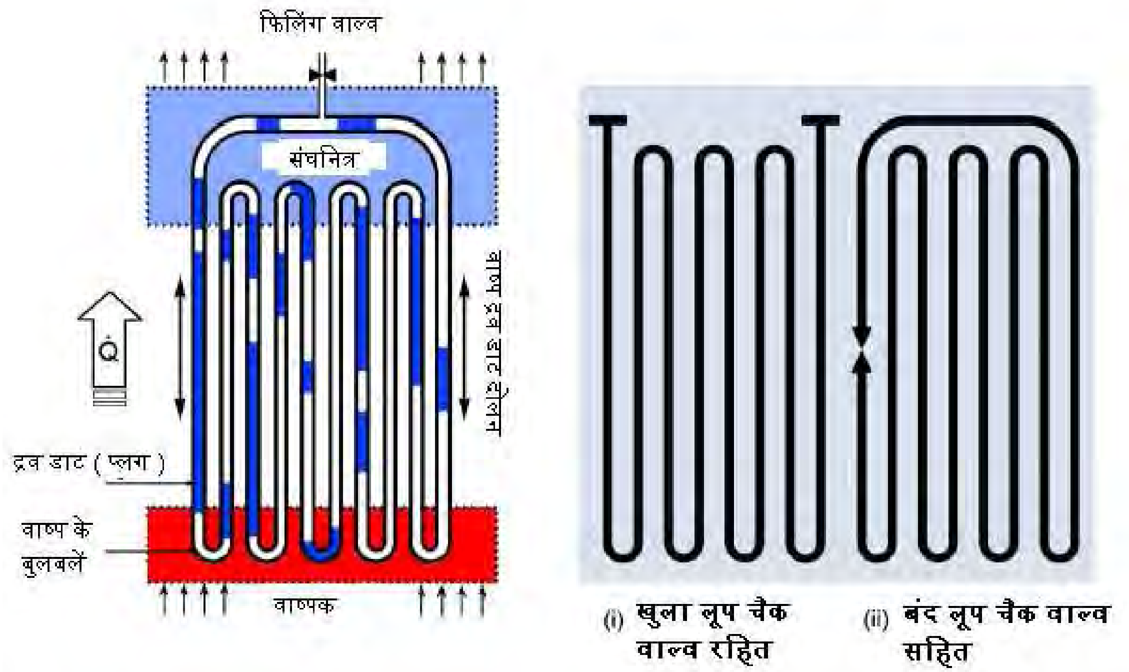
स्थानांतरण के कारण चिड़िया निर्बाध रूप से दोलन करती रहती है। इस खिलौने मे केवल ऊष्मीय क्षोभ के फलस्वरूप सतत यांत्रिक दोलन उत्पन्न किए जाते है।

स्टीम टॉय बोटः यह टॉय, जिसे टक-टक बोट के नाम से भी जाना जाता है, बच्चों में अत्यंत लोकप्रिय रहा है। यह बोट चलते समय टक-टक की आवाज़ करती है। यह आवाज़ द्रव के टैंक की पतली धातु की चादर पर दाब के बारी-बारी से उतार-चढाव के कारण होती है। इसमें एक द्रव टैंक होता है, जो बॉयलर का काम करता है। द्रव टैंक में से दो रेचन नलिंया पीछे की ओर निकलती है, जैसा कि चित्र स.2 में दिखाया गया है। द्रव टैंक को एक मोमबत्ती से गरम किया जाता है। प्रारंभ में मोमबत्ती जलाने के बाद द्रव-टैंक में थोड़ी मात्रा में उपस्थित पानी गर्म होकर वाष्प में परिवर्तित हो जाता है। यह वाष्प, दाब के कारण रेचन नलियों में से बाहर की ओर निकलने का प्रयास करती है , जिसके कारण से नली में उपस्थित कुछ पानी भी बाहर की ओर फेंका जाता है, जिससे बोट को प्रतिक्रिया स्वरूप विपरीत दिशा में धक्का लगता है और वह आगे की ओर चलने लगती है। इसके बाद वाष्प के बुलबुले नली के ठण्डे भाग एवं पानी के संपर्क में आने पर संघनित हो जाते है, परिणाम स्वरूप नली में एक निर्वात के क्षेत्र बन जाने के कारण नली, पानी को वापस अंदर की ओर खेंचती है। यह पानी वापस बॉयलर में प्रवेश होने के बाद गर्म होकर वाष्प में परिवर्तित हो जाता है, दाब बढ़ने के कारण वाष्प वापस रेचन नलियों में से होकर बाहर की ओर धक्का देती है। इस तरह वाष्प के बुलबुलों का निर्माण एवं नष्ट होने का चक्र चलता रहता है, इसी प्रक्रिया के कारण द्रव-टैंक से टक-टक की आवाज सुनाई देती है। इसी तरह की परिघटनाएं स्पंदमान ऊष्मा नली में भी देखी जा सकती है। स्पंदमान ऊष्मानली में भी सतत बुलबुलों के निर्माण एवं नष्ट होने की परिघटना होती है तथा वाष्प के दबाव के कारण द्रव के डाटों (प्लग्स) का स्थानांतरण होता रहता है। स्पंदमान ऊष्मा नलियों की इन एतिहासिक कड़ियों के संक्षिप्त परिचय के बाद आगे अब हम स्पंदमान ऊष्मा नलियों के बारे में चर्चा करते हैं।

<u>चित्र स.2 स्टीम टॉय बोट एवं उसकी कार्य प्रणाली</u>

स्पंदमान ऊष्मा नलियां ऊष्मा स्थानांतरण की नवीनतम तकनीकों में से एक है। इनका अविष्कार 1990 के दशक में किया गया। भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान, कानपुर के यांत्रिक अभियांत्रिकी विभाग में स्पंदमान ऊष्मा नलियों पर महत्वपूर्ण शोध कार्य चल रहा है , इस शोध कार्य से देश में ही इस तकनीक का तेजी से विकास एवं राष्ट्रीय महत्व की परियोजनाओं जैसे अंतरिक्ष अभियानों, नाभिकीय उर्जा इत्यादि में उपयोग हो सकेगा। कई अन्य संस्थान भी इस दिशा में शोध कार्य करने में प्रयासरत है। स्पंदमान ऊष्मा नली की संरचना में एक बहुत छोटे व्यास की लम्बी विसर्पी नली होती है, जिसमें 180 डिग्री के अनेक मोड़ अर्थात यू-टर्न एक निश्चित दूरी पर दोहराए जाते हैं, जिससे यह कई छोटी नलियों के एक बंडल अथवा समूह के रूप में दिखाई देती है। स्पंदमान ऊष्मा नलियों की कार्य प्रणाली एवं कुछ मुख्य संरचनाओं को चित्र स. 3 में दिखाया गया है। स्पंदमान ऊष्मा नली का आंतरित व्यास इतना कम रखा जाता है कि जिससे सतह तनाव बलों की गुरुत्वाकर्षण बलों की तुलना में प्रमुखता रहें। स्पंदमान ऊष्मा नली के दोनो सिरों को अगर नही जोड़ा जाए तब वह खुले लूप वाली कहलाती है, जबकि दोनों सिरों को जोड़ने पर बंद लूप वाली स्पंदमान ऊष्मा नली कहलाती है। बंद लूप वाली ऊष्मा नली में एक चैक वाल्व भी जोड़ा जा सकता है, जो कि नली के अंदर द्रव के प्रवाह को एक ही दिशा मे

सीमित रखता है जिससे उसके निष्पादन में भी सुधार हो जाता है , लेकिन लागत और जटिलता बढ़ने के कारण साधारणतया इसे नहीं जोड़ा जाता है।



चित्र सं. 3 स्पंदमान ऊष्मा नली की कार्य प्रणाली का रेखा चित्र एवं उसके विभिन्न अभिकल्प

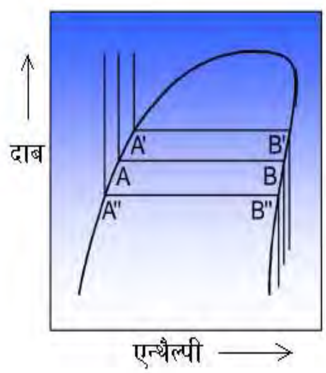
स्पंदमान ऊष्मा नलियों की मूल विशिष्टताएं निम्नलिखित हैं-

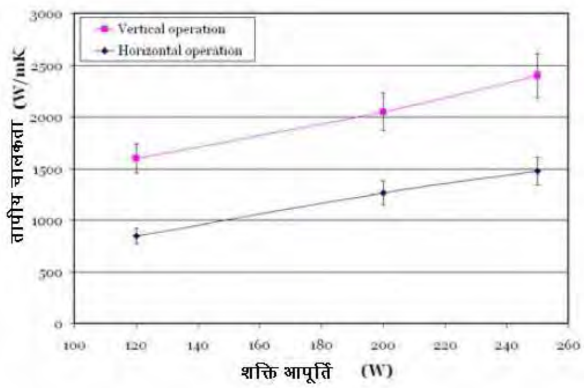
1. इसकी संरचना विसर्पी नली जैसी होती है, जिसका आंतरिक व्यास केशिक बलों को प्रबल बनाए रखने के लिए बहुत कम होता है। विसर्पी नली में निश्चित दूरीयों पर अनेक मोड़ दोहराए जाते है , जिससे यह गर्म क्षेत्र (वाष्पक) एवं ठण्डे क्षेत्र (संघनित्र) में से कई बार गुजरती है।
2. इसमें आंशिक रूप से एक अनुकूल द्रव भरा होता है।
3. पारंपरिक ऊष्मा नलियों की तरह इसमें कोई बत्ती संरचना नहीं होती है।
4. कम से कम एक ऊष्मा ग्राह्यी (वाष्पक) क्षेत्र की उपस्थिति
5. कम से कम एक ऊष्मा उत्सर्जक क्षेत्र (संघनित्र) की उपस्थिति
6. वाष्पक एवं संघनित्र क्षेत्र के बीच एक वैकल्पिक रूद्धोष्म क्षेत्र भी उपस्थित हो सकता है।

स्पंदमान ऊष्मा नली की कार्य प्रणालीः-

सबसे पहले इस प्रयुक्ति को पूर्णतः वायु रहित कर दिया जाता है और उसके बाद आंशिक रूप से कार्यकारी द्रव भर दिया जाता है, जो प्राकृतिक रूप से वाष्प के बुलबुलें एवं द्रव के डाट (प्लग) के रूपों में केशिका नली में जगह-जगह फैल जाता है। प्रारंभ में द्रव के डाटों एवं वाष्प के बुलबुलों के नली में वितरण पर कोई बाहरी नियंत्रण नहीं होता है। नलियों के समूह का एक सिरा ऊष्मा ग्रहण करता है और नली के आंतरिक द्रव -वाष्प निकाय के स्पंदी क्रिया के कारण ऊष्मा का दूसरे सिरे अथवा संघनित्र की ओर स्थानांतरण हो जाता है। वाष्पक क्षेत्र में वाष्प के नए बुलबुलों का निर्माण होता रहता है तथा वे आकार में भी बढ़ जाते है, जबकि ये बुलबले संघनित्र क्षेत्र में नष्ट होते रहते हैं। इस प्रयुक्ति में वाष्प के बुलबलों के निर्माण एवं नष्ट होने की सतत प्रक्रिया के कारण नली में ताप और दाब की अस्थिरता बनी रहती है। स्पंदमान ऊष्मा नली वास्तव में एक असाम्य ऊष्मा स्थानांतरण प्रयुक्ति है जिसका प्रचालन विभिन्न द्वि-प्रावस्था प्रवाह अस्थायी प्रक्रियाओं के जटिल संयोजन के कारण होता है। स्पंदमान ऊष्मा नली का सफल निष्पादन इन अस्थायी प्रक्रियाओं के सतत

कायम रहने पर निर्भर करता है। द्रव के डाट और वाष्प के बुलबुलों का दाब स्पंदों के कारण नली में स्थानांतरण होता है। इस प्रयुक्ति की संरचना में ऐसा अंतर्निहित है कि इसके प्रचालन के लिए किसी बाहरी यांत्रिक शक्ति की आवश्यकता नहीं होती है। दाब स्पंदों का प्रेरक बल शुद्ध रूप से तापीय ही है।





चित्र स. 4 शुद्ध कार्यकारी द्रव का प्रतिरूपी दाब-एन्थैल्पी रेखाचित्र   **चित्र स. 5 स्पंदमान ऊष्मा नली पर किए गए प्रयोगों के परिणाम**

प्रारम्भ में स्पंदमान ऊष्मा नली समतापीय अवस्था में होती है , इस परिस्थिति में प्रयुक्ति के अंदर द्रव एवं वाष्प प्रावस्थाएं कमरे के तापमान के अनुरूप संतृप्त दाब पर साम्यावस्था में रहती है। उपरोक्त दाब-एन्थैल्पी चित्र स.4 को उल्लेख करते हुए प्रयुक्ति में उपस्थित सभी द्रव डाटों की ताप-गतिकीय अवस्था को बिंदु A से निरूपित किया जा सकता है। इसी प्रकार बिंदु B प्रयुक्ति में उपस्थित सभी वाष्प के बुलबुलों को इंगित करता है। अब हम कल्पना करते हैं कि प्रयुक्ति की संपूर्ण संरचना का तापमान स्थैतिक कल्प रूप से एक नए स्थिर मान तक बढ़ा दिया जाता है, तो प्रयुक्ति के अंदर द्रव-वाष्प तंत्र एक नए साम्य तापमान एवं उसके अनुरूप संतृप्त दाब की अवस्था को प्राप्त कर लेगा जिसे रेखाचित्र में बिंदुओं A' एवं B' से निरूपित किया जा सकता है। इस साम्यावस्था की स्थिति पर पहुंचने के दौरान द्रव की कुछ मात्रा का वाष्पीकरण के कारण द्रव्यमान स्थानांतरण हो जाएगा। ऐसा ही घटनाक्रम जब प्रेक्षण किया जाएगा अगर तंत्र का तापमान स्थैतिक कल्प रूप से एक नए तापमान तक कम कर दिया जाए , तब नई साम्यावस्था को बिंदुओं A" एवं B" से निरूपित किया जा सकता है।

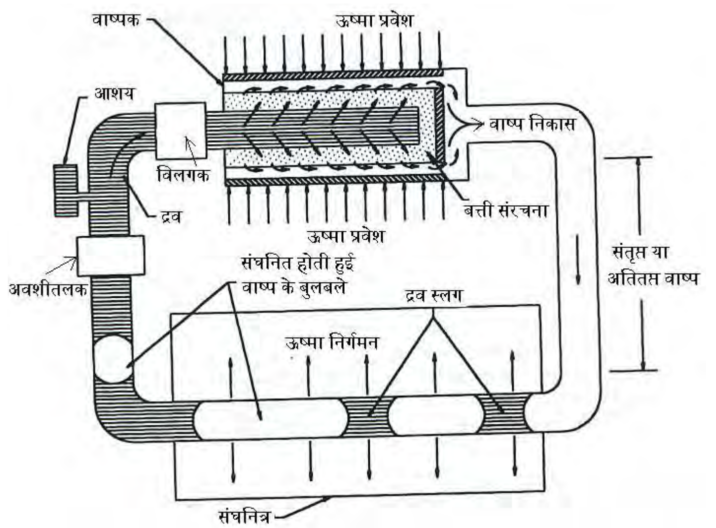
स्पंदमान ऊष्मा नली के वास्तविक प्रचालन के दौरान वाष्पक एवं संघनित्र क्षेत्र के मध्य एक तापीय प्रवणता विद्यमान होती है , इसके अतिरिक्त एक वास्तविक तंत्र में अंतर्निहित क्षोभ हमेशा उपस्थित रहते हैं। इन सबका कुल परिणाम यह होता है कि प्रयुक्ति के अंदर असाम्य दाब की अवस्था हमेशा बनी रहती है। यह असाम्य दाब ही तापीय-द्रवीय स्थानांतरण का प्राथमिक प्रेरक बल है। जैसा कि हम रेखा चित्र से देख सकते है कि वाष्पक में ऊष्मा के कारण बिंदु A संतृप्त द्रव रेखा पर ऊपर की ओर धकेला जाता है , जबकि बिंदु B वाष्प रेखा पर नीचे की तरफ भेजी जाती है। इस तरह प्रयुक्ति में हमेशा एक ताप और दाब की असाम्य अवस्थाएं कायम रहती है , जिसके कारण स्पंदमान ऊष्मा नली में एक ताप चलित द्रव-वाष्प तंत्र का दोलायमान प्रवाह बना रहता है। वाष्पक में वाष्प दाब बढ़ने के साथ-साथ संघनित्र क्षेत्र में वाष्प दाब घटने के कारण द्रव-वाष्प मिश्रण का वाष्पक से संघनित्र क्षेत्र की ओर गमन हो जाता है। द्रव-वाष्प मिश्रण के वाष्पक क्षेत्र से संघनित्र की ओर चले जाने के कारण संघनित्र क्षेत्र में वाष्पक क्षेत्र की तुलना में वाष्प दाब बढ़ जाता है, जिससे द्रव-वाष्प मिश्रण वापस वाष्पक क्षेत्र की ओर स्थानांतरित हो जाता है। स्पंदमान ऊष्मा नली में ऊष्मा का स्थानांतरण द्रव के डाटों एवं वाष्प के बुलबुलों, दोनों के स्थानांतरण द्वारा होता है, इसलिए यह पारंपरिक ऊष्मा नलियों से अधिक दक्षतापूर्वक ऊष्मा का स्थानांतरण कर देती है। एक प्रतिरूपी स्पंदमान ऊष्मा नली पर किए गए प्रयोगों

के परिणामों को चित्र स. 5 में दिखाया गया है, इस चित्र में हम देखते हैं कि 200 वाट ऊष्मा को भी 2000 वाट प्रति मिटर प्रति केल्विन की उच्च तापीय चालकता के साथ स्थानांतरित कर दिया जाता है।

स्पंदमान ऊष्मा नली में केशिका बत्ती संरचना के अभाव के कारण इसका निर्माण सरल होता है तथा लागत भी कम होती है। यह ऊष्मा की प्रचुर मात्राओं को भी दक्षता से स्थानांतरित कर सकती है। सरल संरचना के कारण इसका विभिन्न उपयोगों के लिए रूपांतरण आसानी से हो सकता है , इसलिए इसके उपग्रहों मे उपयोग की प्रचुर संभावनाएं हैं। भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान, कानपुर में अंतरिक्ष उपयोग के लिए स्पंदमान ऊष्मा नली समाहित विकिरक पर प्रयोग किए गए हैं ,जिनके परिणाम चित्र में दिखाए गए है। इन परिणामों से यह निष्कर्ष निकाल सकते है कि इस तरह के विकिरक निम्न तापीय चालकता वाले पदार्थो जैसे तंतु आधारित सम्मिश्रों के लिए अत्यंत उपयोगी होंगे। स्पंदमान ऊष्मा नली के निष्पादन को प्रभावित करने वाले मुख्य प्राचल नली का आंतरिक व्यास, कार्यकारी द्रव का आयतनमितीय अनुपात, निवेशित ऊष्मा प्रवाह, नली में मोड़ो की संख्या एवं कार्यकारी द्रव के ताप-भौतिकी गुणधर्म इत्यादि है। हमारे देश के उच्च संस्थानों में इन प्राचलों के विभिन्न प्रभावों एवं प्रयुक्ति के उपयोग पर भी प्रायोगिक एवं सैद्धांतिक अध्ययन चल रहे हैं। इसमें जटिल ताप-चल द्रवीय प्रक्रियाओं के कारण इस प्रयुक्ति का सैद्धांतिक विश्लेषण अभी भी पूर्ण रूप से स्पष्ट नहीं हो पाया है। आई.आई. टी. गांधीनगर में इसके एक आधारभूत गणितीय प्रतिरूप के विकास के प्रयास किए जा रहे हैं।

केशिकीय पंप्ड लूप ऊष्मा नली (Capillary Pumped Loop Heat Pipes)

भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान मुंबई एवं भारतीय विज्ञान संस्थान बेंगलुरू में इस तरह की ऊष्मा नलियों पर उपग्रहों के ताप नियंत्रण के लिए महत्वपूर्ण शोध एवं विकास कार्य किए गए है। भविष्य के उपग्रहों एवं इलेक्ट्रॉनिक तंत्रों से बहुत अधिक मात्रा में ऊष्मा के निर्गमन के लिए पारंपरिक एकल प्रावस्था वाले तंत्र पर्याप्त नही होंगे। ऐसी आवश्यकताओं के लिए केशिकीय पंप्ड लूप ऊष्मा नलियों का विकास किया गया है। भारतीय विज्ञान संस्थान, बेंगलुरू के सहयोग से इसरो उपग्रह केन्द्र इस तरह की प्रयुक्ति पर भविष्य के उच्च शक्ति वाले उपग्रहों के लिए शोध एवं विकास कार्य कर रहा है। यह ऊष्मा नली पारंपरिक ऊष्मा नली का एक उन्नत रूप है, इस प्रकार की ऊष्मा नली की कार्य प्रणाली को चित्र स.6 में दिखाया गया है। वाष्पक की बाहरी सतहों से ऊष्मा का प्रवेश कराया जाता है, जिसमें खोखली नली के आकार की बत्ती संरचना होती है। बत्ती संरचना का एक सिरा बंद होता है, जबकि दूसरे सिरे से एक खांचेदार नली निवेशित होती है। वाष्पक की सतह पर ऊष्मा के निवेश से कार्यकारी द्रव वाष्प में बदल जाता है।



चित्र स.6 केशिकीय पंप्ड लूप ऊष्मा नली

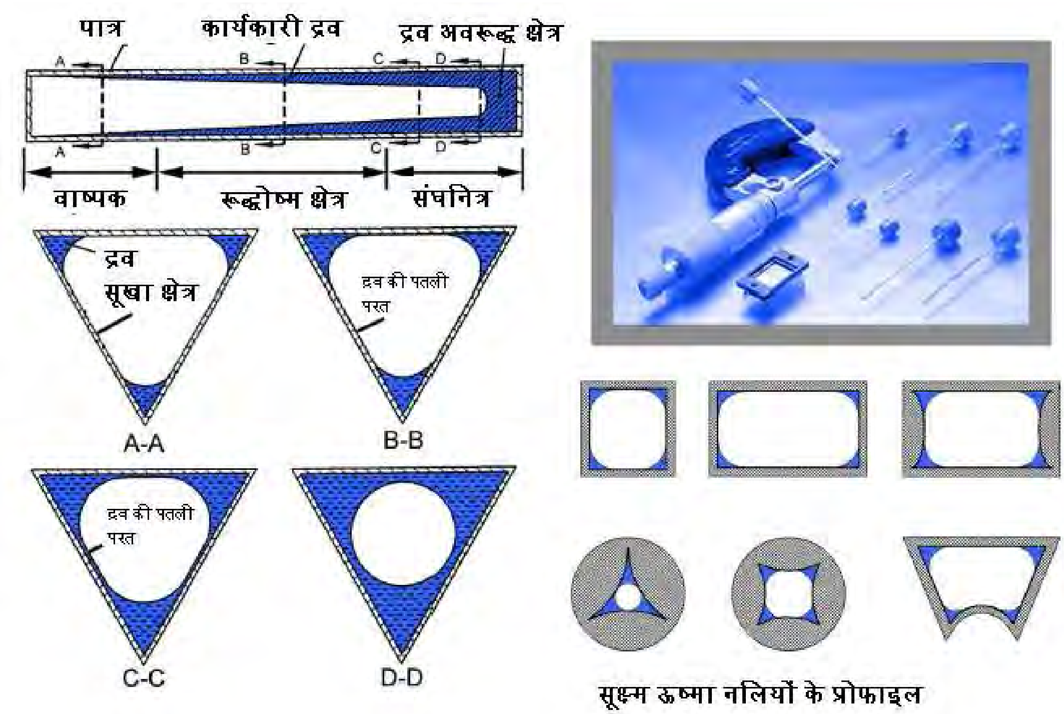
यह वाष्प, वाष्प निकास से गुजरती हुई संघनित्र में पहुंच कर आंशिक रूप से द्रव स्लग में परिवर्तित हो जाती है , इसे पूर्ण द्रव में बदलने तथा तापमान कम करने के लिए अवशीतलक में से गुजारा जाता है। वाष्पक

की बत्ती संरचना में उत्पन्न केशिकीय दबाव से द्रव का इस चक्र में निरंतर प्रवाह होता रहता है। इस चक्र में वाष्पक से पहले एक द्विप्रावस्था आशय, द्रव प्रवाह तथा तापमान के नियंत्रण के लिए लगा होता है। बहु वाष्पक तंत्रों में एक विलगक होता है जो इस तंत्र के डीप्राइमिंग होने से रोकता है। केशिकीय पंप ऊष्मा नली की यह विशेषता है कि वाष्प एवं द्रव नलियों में दाब पतन पारंपरिक ऊष्मा नली से बहुत कम होता है क्योकि वाष्प एवं द्रव का प्रवाह एक ही धारा में होता है , जबकि पारंपरिक ऊष्मा नली मे वाष्प एवं द्रव का प्रवाह विपरीत दिशा में होता है। इस कारण से केशिकीय पंप्ड़ ऊष्मा नली की तापीय दक्षता बहुत अधिक होती है।

भारतीय विज्ञान संस्थान बेंगलुरू के सहयोग सें इसरो उपग्रह केन्द्र में केशिकीय पंप्ड़ ऊष्मा नली के ताप-चलद्रवीय मॉडलिंग पर महत्वपूर्ण कार्य किया गया है। स्थायी अवस्था का यह मॉडल, तंत्र में द्रव्यमान एवं उर्जा संरक्षण के नियम पर आधारित है। इस तरह के गणितीय मॉडल से इस प्रयुक्ति की अभिकल्पना मे मददगार होते है। इस मॉडल से इस प्रयुक्ति के तापीय एवं चलद्रवीय निष्पादन का पूर्वानुमान कर सकते हैं।

<u>सूक्ष्म ऊष्मा नलियां (Micro Heat Pipes)</u>

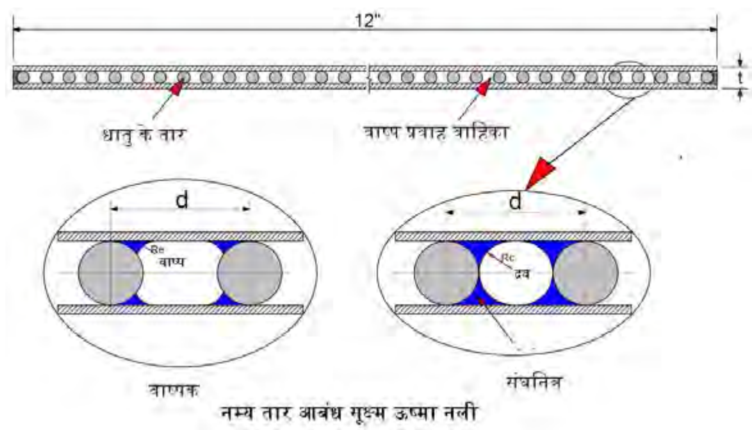
भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थान, खड़गपुर के यांत्रिकी अभियांत्रिकी विभाग में अंतरिक्ष अनुप्रयोग के लिए सूक्ष्म ऊष्मा नलियों पर शोध एव विकास का कार्य किया जा रहा है। यह कार्य मुख्य रूप से माइक्रो इलेक्ट्रॉनिकी के शीतलन के लिए किया जा रहा है। सेमीकंडक्टर लेबोरेटरी, मोहाली में भी अंतरिक्ष अनुप्रयोग हेतु ऐसी माइक्रो इलेक्ट्रॉनिकी प्रयुक्तियों का विकास किया जा रहा है जिनमें सूक्ष्म ऊष्मा नलियों के उपयोग की प्रचुर संभावनाएं हैं।



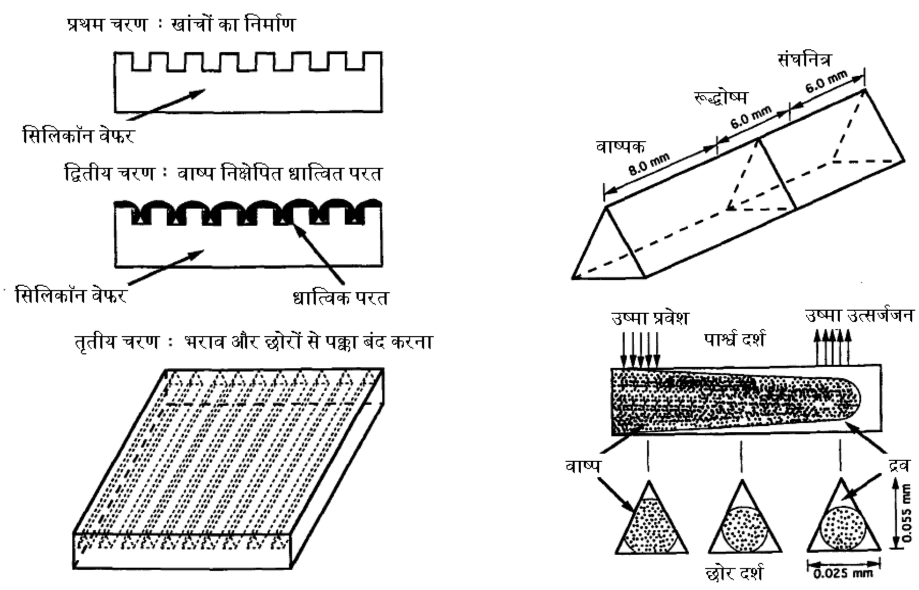
<u>चित्र स. 7 सूक्ष्म ऊष्मा नलियों की कार्य प्रणाली एवं उनके अनुप्रस्थ-काट के विभिन्न रूप</u>

सूक्ष्म ऊष्मा नलियां, माइक्रो इलेक्ट्रॉनिकी या उनके जैसे अन्य सूक्ष्म घटकों में दक्षता से ऊष्मा स्थानांतरण के लिए अथवा उनमें समतापीय अवस्था उत्पन्न करने के लिए अत्यंत उपयोगी होती है। सूक्ष्म ऊष्मा नलियों की श्रेणी में वे ऊष्मा नलियां आती हैं जिनमें वाष्प-द्रव अंतरापृष्ठ की औसत वक्रता का मान संपूर्ण प्रवाह नली के चलद्रवीय त्रिज्या के व्युत्क्रम के मान के तुलनीय होता है। सूक्ष्म ऊष्मा नलियों का व्यास 10 से 500 माइक्रॉन की परास में हो सकता है जबकि इनकी लंबाई कुछ सेंटीमिटर तक हो सकती है। चित्र स.7 में

सूक्ष्म ऊष्मा नलियों की कार्य प्रणाली एवं उनके विभिन्न अभिकल्पों के प्रोफाइलों को दिखाया गया है। सूक्ष्म ऊष्मा नली में पारंपरिक ऊष्मा नली की तरह संघनित को वाष्पक में लौटाने के लिए बत्ती संरचना नहीं होती है, बल्कि इसमें इसके अनुप्रस्थ काट के पैनें कोणों का उपयोग संघनित के प्रवाह के लिए आवश्यक केशिका बलों को उत्पन्न करने के लिए किया जाता है। माइक्रो इलेक्ट्रॉनिकी घटकों के प्रदर्शन और क्षमता में दिनों-दिन बढ़ोतरी होने के साथ-साथ उनके आकार का भी लघुकरण हो रहा है , इसलिए उनमे क्षय होने वाले उष्मा अभिवाह घनत्व में भी सतत वृद्धि के कारण इनके ताप नियंत्रण के लिए सूक्ष्म ऊष्मा नलियों का विकास किया जा रहा है। माइक्रो इलेक्ट्रॉनिकी घटकों के ताप नियंत्रण के लिए सूक्ष्म उष्मा नलियों युक्त अवस्तर (सबस्ट्रेट) का विकास हो रहा है। चित्र स. 9 में माइक्रो इलेक्ट्रॉनिकी घटकों के अवस्तर (सबस्ट्रेट) में समेकित सूक्ष्म उष्मा नली का प्रचालन एवं उसके संविरचन के विभिन्न चरणों को दिखाया गया है। इस तरह के अवस्तर 40 वाट प्रति वर्ग से.मी. तक का उष्मा अभिवाह घनत्व दक्षता से विसरित कर सकते है। इसमें सिलिकॉन वेफर के अवस्तर (सबस्ट्रेट) में ही कई उष्मा नलियों के व्यूह की रचना की गई है। इस तरह की प्रणाली क्षय की गई उष्मा से ही कार्य करती है। यह प्रणाली विश्वसनीय, टिकाऊ तथा कम लागत वाली होती है। इस प्रणाली से माइक्रो इलेक्ट्रॉनिकी घटकों के अवस्तर (सबस्ट्रेट) का प्रभावी तापीय चालकता गुणांक कई गुना बढ़ जाता है।



चित्र स.8 नम्य तार आबंध सूक्ष्म ऊष्मा नली की संरचना



वाष्प निक्षेपित सूक्ष्म उष्मा नली व्यूह का संविरचन

सूक्ष्म उष्मा नली का प्रचालन

चित्र स. 9 वाष्प निक्षेपित सूक्ष्म ऊष्मा नली व्यूह का निर्माण एवं उसका प्रचालन

कुछ संस्थानों द्वारा तार आबंध ऊष्मा नलियों का विकास किया जा रहा है। इस तरह की ऊष्मा नली की संरचना को उपरोक्त चित्र स.8 में दिखाया गया है। ये आकार मे पतली एवं चपटी होती है। इनके निर्माण के लिए धातु के कई तारों की पंक्ति को दो प्लेटों के बीच आबंध द्वारा जोड़ दिया जाता है। इनमें तार की सतह की वक्रता और प्लेट के बीच का पैना कोना द्रव के प्रवाह के लिए आवश्यक केशिका बल उत्पन्न करता है। इस तरह की नलियों को इलेक्ट्रॉनिक एवं अन्य प्रयुक्तियों के शीतलन के लिए उपयोग मे लाया जा सकता है।

<u>निष्कर्षः</u>

उपग्रह ताप नियंत्रण अति महत्वपूर्ण एवं चुनौतीपूर्ण कार्य है। इस लेख में वर्णित विभिन्न तरह की ऊष्मा नलियों के उपग्रह एवं उसमें प्रयुक्त इलेक्ट्रॉनिकी के ताप नियंत्रण के लिए उपयोग की प्रचुर संभावनाएं हैं। हमारे देश के उच्च शिक्षा संस्थानों एवं इसरो के केन्द्रों में इन ताप नियंत्रण प्रयुक्तियों का उपग्रहों में उपयोग पर शोध एवं विकास कार्य तेजी से चल रहे हैं। हमारे देश के शोध संस्थानों को उपग्रह ताप नियंत्रण की अग्रिम पंक्ति की तकनीकें जैसे स्मार्ट रेडियेटर, सूक्ष्म वैद्युत यांत्रिकी तंत्र (मेम्स) का उपयोग एवं द्रव बूंदक विकिरक इत्यादि पर भी शोध एवं विकास कार्य तेजी से करने चाहिए।

<u>आभारः</u>

मैं, श्री पी.जे. सोनी, समूह प्रधान, एस.टी.ए.जी. एवं डॉ. भवदीप सिंह मुंजाल , प्रभाग प्रधान, एस.टी.ए.डी. का अत्यंत आभारी हूं, जिनके मार्गदर्शन एवं प्रेरणा से यह कार्य सफलतापूर्वक संपन्न हो सका है।

<u>संदर्भ सूचीः</u>

1. खांडेकर एवं गुप्ता, एंबेडेड पल्सेटिंग हीट पाइप रेड़ियेटर, 14 वीं इंटरनेशनल हीट पाइप कॉन्फ्रेन्स, ब्राजील, 2007
2. अदोनी ए., अंबीराजन ए.,जसवंथ वी.एस. एवं डी. कुमार , थर्मोहॉयड्रॉलिक मॉड़लिंग ऑफ केपिलरी पंप्ड़ लूप एंड लूप हीट पाइप, जर्नल ऑफ थर्मोफिजिक्स एंड हीट ट्रांसफर, वोल्यूम 21, न.2 अप्रैल-जून 2007
3. भारतीय प्रौद्योगिकी संस्थानों एवं भारतीय विज्ञान संस्थान की इंटरनेट वेबसाइट्स

।। समाप्त ।।

पीसीबी आरोपित इलेक्ट्रोनिक्स डिवाइस की प्रवर्धन मात्रा नियंत्रण के नए आयाम

(New Solutions to Reduce Amplitude on PCB Mounted Devices)

आशिष सोनी, आनंद पाठक, एच.आर. कंसारा
अंतरिक्ष उपयोग केंद्र, अहमदाबाद
ashishsoni@sac.isro.gov.in

सारांश

कई अवकाशयान उपप्रणाली ने नई, उच्च घनत्ववाली, जटिल एवं बड़े माप की PCB का उपयोग शुरू किया है, जो यह स्पष्ट करता है कि जीओसैट प्रोजेक्ट के लिए हमें सुनिश्चित रूप से उच्च विश्वसनीयतावाले संवेष्टन को प्रणाली अभियन्ता को उपलब्ध कराने होंगे। आधार के तौर पर प्रवर्तमान मुद्रित परिपथ बोर्ड (PCB) के लिए उपयोगी यांत्रिक संवेष्टन की अभिकल्पना का सविस्तार अभ्यास किया गया। बड़े माप की PCB के लिए यांत्रिक संवेष्टन की अभिकल्पना के लिए प्रवर्तमान यांत्रिक संवेष्टन में सुधार के आलोचनात्मक क्षेत्र को पहचाना गया। अभ्यास के तौर पर MESH प्रदायभार संवेष्टन का CAD प्रतिकृति विकसित करके उसके ऊपर विभिन्न बल लगाये गये। परिमित घटक पद्धति से विश्लेषण (FEA Analysis) किया गया। तत्पश्चात यांत्रिक संवेष्टन का निर्माण करके उसका कंपन परीक्षण किया गया। बड़े माप की (PCB) के लिए उपयोगी आधुनिक इलेक्ट्रोनिक्स संवेष्टन की यांत्रिक अभिकल्पना और संयोजन की पद्धति का वर्णन इस संशोधन पत्र में किया गया है।

प्रस्तावना

आजकल उपग्रहों की मांग तेजी से बढ़ रही है, और उसके साथ-साथ बड़े माप की PCB और इस पर लगाए जाने वाले संवेदनशील घटकों का उपयोग भी अनिवार्य हो गया है। यह संवेदनशील घटकों की वजह से ही हम उपयोगी इलेक्ट्रोनिक्स पेरामीटर प्राप्त कर सकते हैं। यही घटकों को ध्यान में रखते हुए हम प्रवर्तमान यांत्रिक संवेष्टन का सीधा उपयोग नहीं कर सकते, किंतु इसकी अभिकल्पना का अभ्यास संपूर्ण रूप से करना पड़ता है।

बड़े माप की PCB पर बैठने वाले संवेदनशील घटक यादच्छिक कंपन के दौरान महत्तम भार एवं विचलन का अनुभव करते हैं और इसी वजह से इन घटकों में किसी भी प्रकार का भंजन हो सकता है। उस भंजन को रोकने के लिए यांत्रिक संवेष्टन की अभिकल्पना के दौरान ही हमें कदम उठाने होंगे।

संवेष्टन का महत्व

यांत्रिक संवेष्टन का मुख्य उद्देश्य किसी भी प्रणाली के सभी घटकों को इस प्रकार समाकलित करना है कि इससे इसके इष्टतम द्रव्यमान एवं आकार के साथ-साथ विश्वसनीयता भी बढे। संवेदनशील घटकों भंगुर होने की वजह से यांत्रिक संवेष्टन में विशेष सावधानी आवश्यक है। इस प्रकार के पैकेजिंग के निम्नलिखित प्रमुख कार्य हैः

- यांत्रिक आधार
- वैद्युत संबंधन
- वातावरण से बचाव
- ऊष्मीय प्रबंधन

PCB एवं उस पर लगाये जाने वाले घटक को ऊष्मीय एवं यांत्रिक आघात, उच्च त्वरण एवं अन्य भौतिक नुकसान करनेवाले विकिरण आदि से बचने के लिए यांत्रिक आधार प्रदान करना अत्यंत जरूरी है। प्रक्षेपणयान प्रक्षेपण के समय सभी घटक अधिकतम भार एवं प्रतिबल का अनुभव करते हैं। पैकेजिंग का मुख्य हेतु इस अधिकतम भार के दौरान सभी घटकों को आधार प्रदान करके यांत्रिक प्रतिबल से बचाना है।

यांत्रिक संवेष्टन की अभिकल्पना अभ्यास

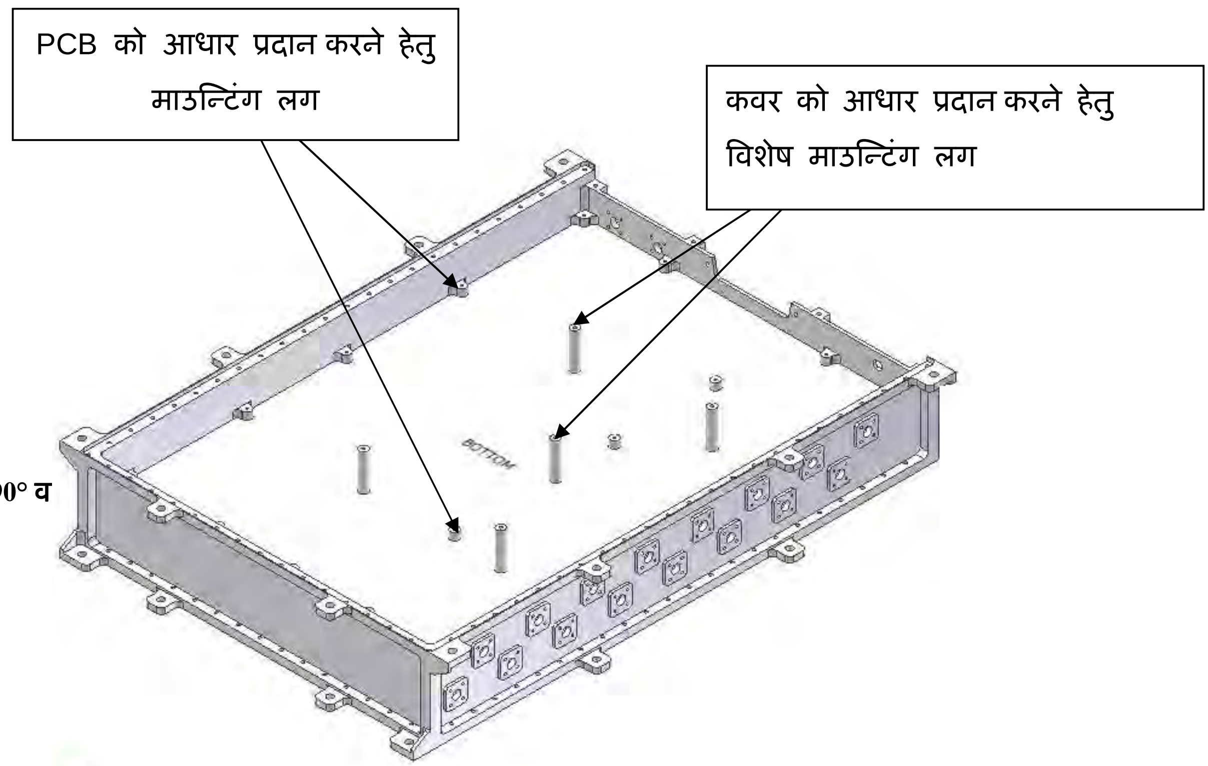
सर्वप्रथम प्रवर्तमान PCB के लिए उपयोगी प्रचलित संवेष्टन का अभ्यास किया गया। 1.6mm जाडाईवाली PCB को M2 के आसंजक से बिठाने के लिए हर 40-70mm की दूरी पर माउन्टिंग लग (Lug)का होना जरूरी है। इसके साथ 90° वाले सोल्डरेबल बहुपीन संयोजक (मल्टिपीन कनेक्टर) को बिठाने के लिए संवेष्टन का माप PCB से बड़ा रखना पड़ता है ताकि कनेक्टर के साथ समाकलित PCB को आसानी से बिठाया जा सके। इसके संरचनात्मक विश्लेषण एवं कंपन परीक्षण रिपोर्ट के विभिन्न पहलू जैसे कि महत्तम विचलन, महत्तम आयाम एवं उसका स्थान इत्यादि का भी अभ्यास किया गया।

बड़े माप की (PCB) के लिए संवेष्टन की यांत्रिक अभिकल्पना

माउन्टिंग लग (PCB एवं कवर के लिए)

कई वर्षों के अनुभव एवं प्रवर्तमान संवेष्टन अभिकल्पना के अभ्यास से प्राप्त माहिती के अनुसार, PCB पर बैठनेवाले विविध घटकों एवं परिपथ को ध्यान में रखते हुए माउन्टिंग लग प्रदान किये गये।

जब संवेष्टन के आवरण का माप मोटाई के सापेक्ष में ज्यादा बड़ा होता है तो यह आवरण कंपन परीक्षण के दौरान स्वयं कंपन मोड उत्पन्न करता है जो PCB के मोड के साथ मिलके उसकी प्रवर्धन बढ़ा देते हैं। यह समस्या के निवारण हेतु बड़े माप के कवर को बिठाने के लिए PCB के बीच में छेद गिराये गये और बेस से स्टड प्रकार के माउन्टिंग से कवर को आधार प्रदान किया गया। चित्र 1 में कवर के कंपन मोड को स्थगित करनेवाले लग दिखाये गये हैं।

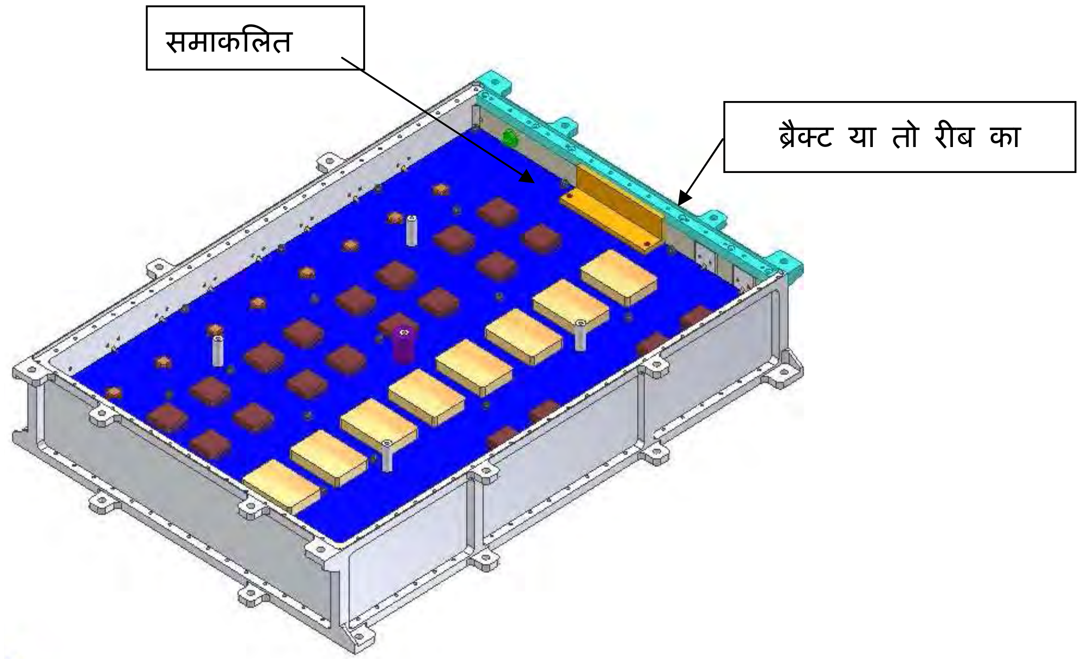


90° व

चित्र 1

जैसा कि हम जानते हैं कि 90° वाले बहुपीन संयोजनक के साथ PCB को बिठाने के लिए संवेष्टन का माप PCB से बड़ा रखना पड़ता है। बड़े माप की PCB को बिठाने के लिए संवेष्टन का माप और भी बड़ा हो जाएगा एवं संवेष्टन के बीच में कवर को आधार प्रदान करनेवाले स्टड प्रकार के माउन्टिंग लग की वजह से अलग ही प्रकार से यांत्रक संवेष्टन को अभिकल्पित करने की आवश्यकता होती है। बहुपीन संयोजक संवेष्टन की जिस

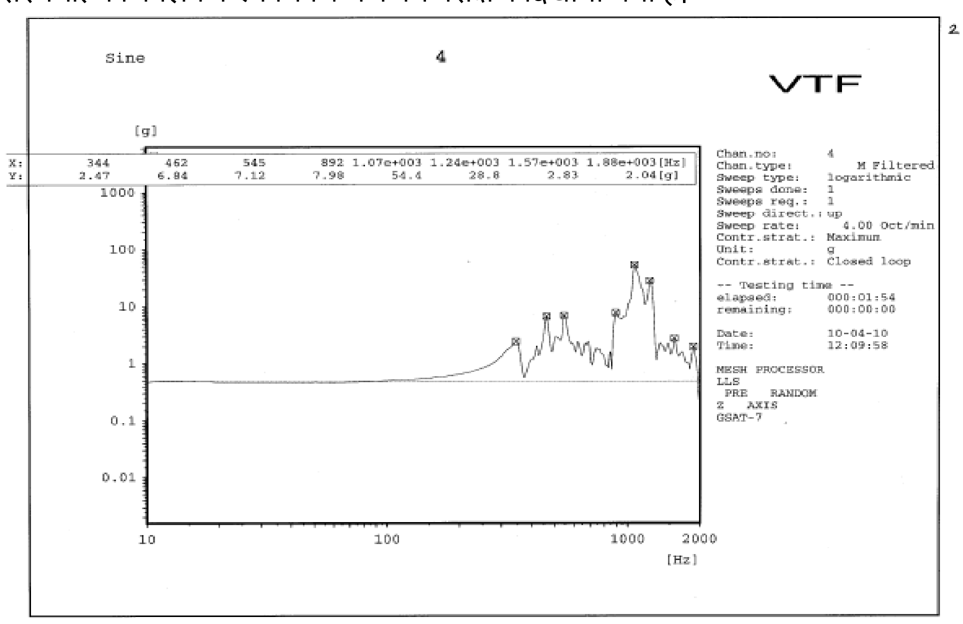
दीवार पर बैठता है वहां एक ब्रैक्ट या रीब का प्रयोग सर्वप्रथम बार किया गया। इससे संवेष्टन का माप भी नहीं बढ़ा और बिलकुल आसानी से संयोजक के साथ समाकलित PCB को बिठा सकते हैं। चित्र 2 में यह रीब एवं बहुपीन संयोजक के साथ समाकलित PCB दिखाई गई है।



चित्र 2

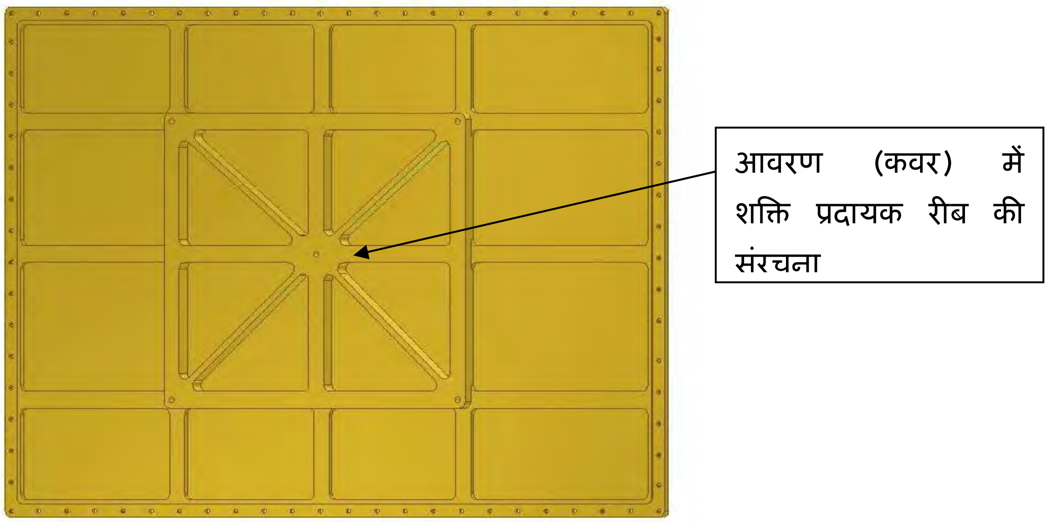
संरचनात्मक विश्लेषण

संपूर्ण समाकलित पैकेज का संरचनात्मक विश्लेषण किया गया। इससे प्राप्त निष्कर्ष के अनुसार PCB में संभावित आवृत्ति मूल्य के साथ-साथ संवेदनशील घटक के आसपास विचलन मूल्य एवं प्रतिबल मूल्य का पता चला। इसके साथ-साथ कंपन परीक्षण से प्राप्त आंकड़े के अनुसार यांत्रिक संवेष्टन में बदलाय किए गये। चित्र 3 में संरचनात्मक विश्लेषण एवं चित्र 4 में कंपन परीक्षण दिखाया गया है।



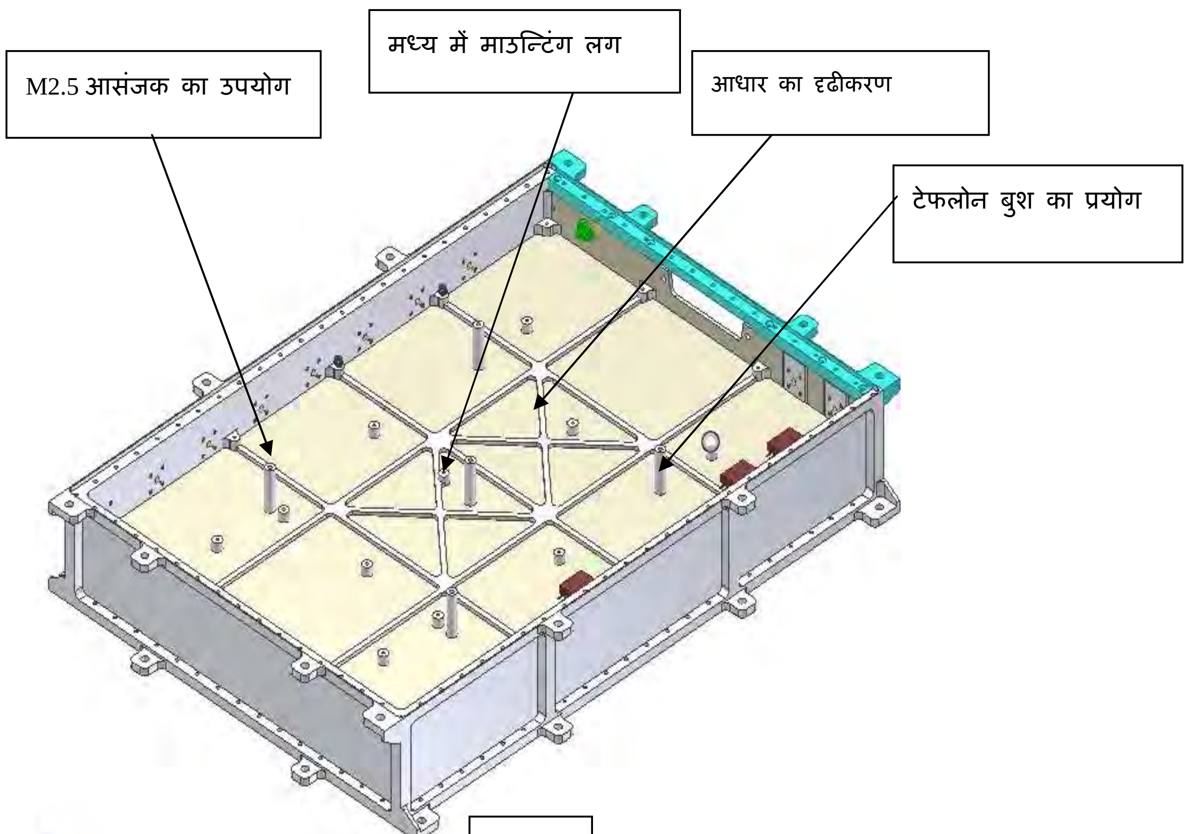
चित्र 4 कंपन

इसके साथ जहाँ PCB बैठती है उस आधार पर आवरण (कवर) को दृढीकृत करने हेतु रीब संरचना की गई। चित्र 5 में कवर में की गई रीब संरचना दिखाई गई है।



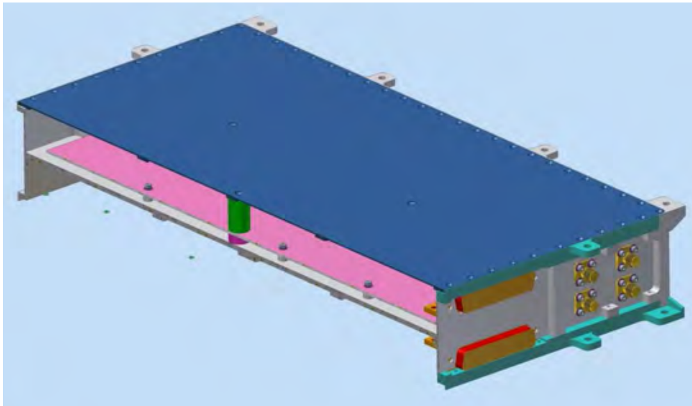
चित्र 5

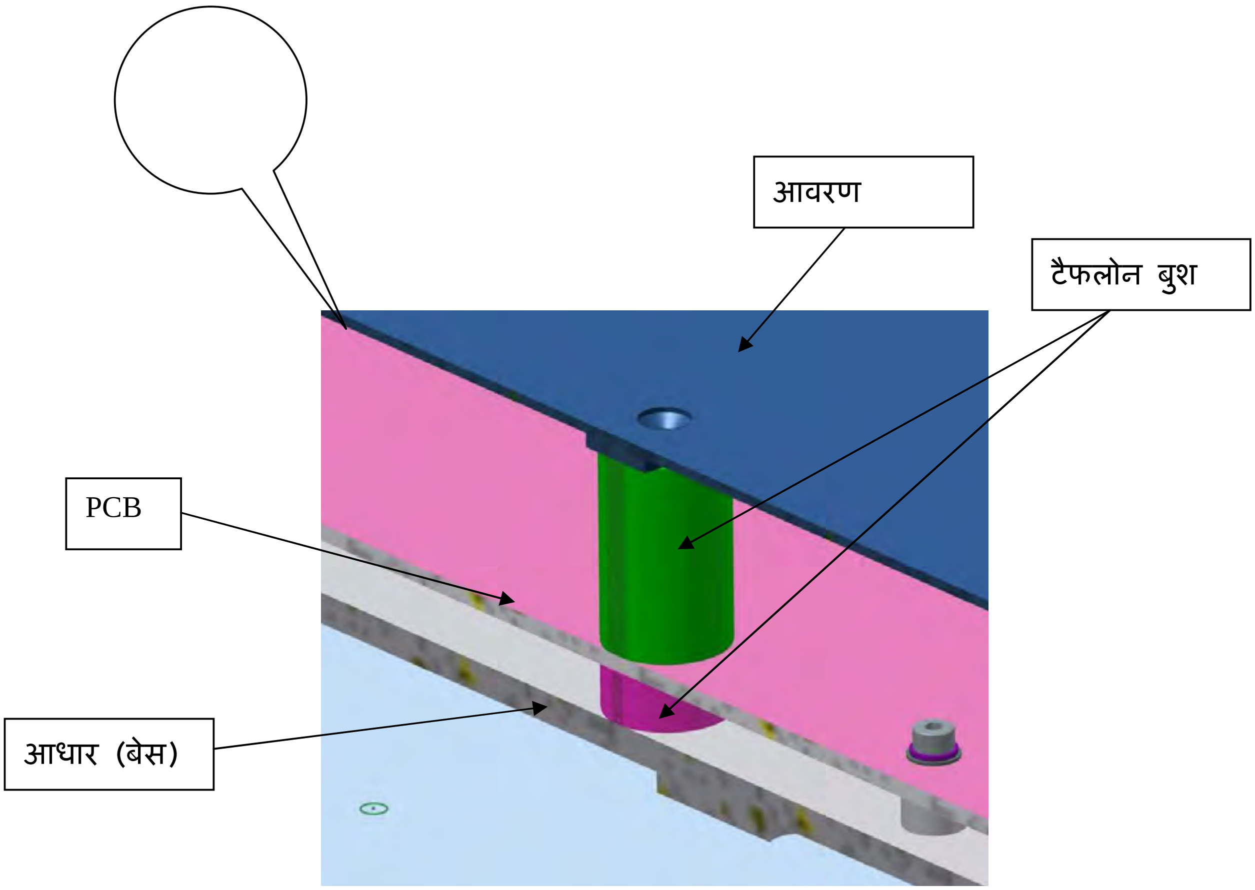
PCB का विचलन कम करने एवं आवृत्ति मूल्य बढाने हेतु परिपथ एवं संवेदनशील घटक को ध्यान में रखते हुए मध्य में माउन्टिंग लग की बढोतरी की गई। चित्र 6 में संवेष्टन एवं आधार को दृढीकरण करती रीब की संरचना, मध्य में माउन्टिंग लग इत्यादि दिखाए गए हैं।



चित्र 6

PCB का विचलन कम करने हेतु स्टड प्रकार के लग में टेफलोन बुश का प्रथमबार प्रयोग किया गया, जो PCB के ऊपर एवं नीचे दोनों ओर से कुशनिंग प्रदान करते हैं और कंपन में आधार देते हैं। चित्र 7 में PCB के दोनों ओर लगाये गए टेफलोन बुश दिखाए गए हैं।





चित्र 7

निष्कर्ष

अभ्यास के तौर पर MESH प्रदायभार संवेष्टन का CAD प्रतिकृति विकसित करके उसके ऊपर विभिन्न बल लगाये गये। परिमित घटक पद्धति के विश्लेषण (FEA Analysis) किया गया। तत्पश्चात यांत्रिक

संवेष्टन का निर्माण करके उसका कंपन परीक्षण किया गया। इस प्रणाली को विकसित करने के बाद कई पहलू स्पष्ट हुए, जो कि इस प्रकार के नए संवेष्टन के लिए बहुमूल्य साबित होंगे।

आभार

यह लेख लिखने की प्रेरणा एवं मार्गदर्शन के लिए हमारे केंद्र के निदेशक महोदय श्री ए.एस. किरनकुमार, श्री डी. सुब्रहमन्यम, श्री पी.जे. सोनी, श्रीमती प्रविणा भट्ट एवं हिंदी कक्ष के सभी सदस्यों एवं हमारे सह कर्मचारी गण के हम आभारी है।

संदर्भ

1. आशिष सोनीः “डिजाइन, सिम्युलेशन एन्ड ओप्टिमाइजेशन ऑफ माइक्रोवेव पैकेज फॉर स्पेस कम्युनिकेशन्स पेलोड”, एल.डी. कोलेज ऑफ इंजीनियरिंग, गुजरात युनिवर्सिटी, जून-2008.
2. माइकल पेच्टः “हैंडबुक ऑफ इलेक्ट्रानिक्स पैकेज डिजाइन”, मार्शल डेक्के इन., न्यूयार्क, 1991.

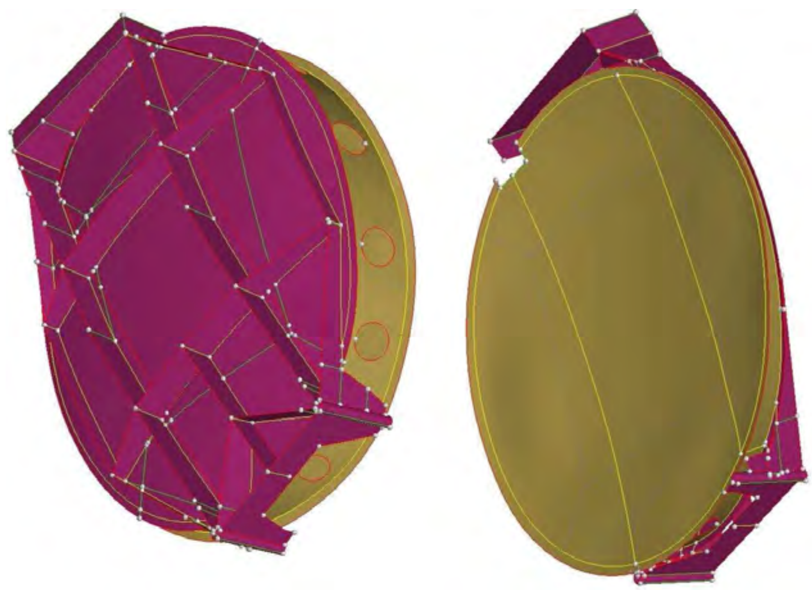
।। समाप्त ।।

जीसैट-10 के डीजीआर नीतभार का संरचनात्मक अभिकल्पन
(Structural Design of DGR payload of GSAT-10)

चन्द्रशेखर एवं पुरूषोत्तम गुप्ता
संरचनात्मक और तापीय विश्लेषण विभाग
अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र-इसरो, अहमदाबाद
दूरभाष: 079-26913932

1. **परिचय (Introduction):**

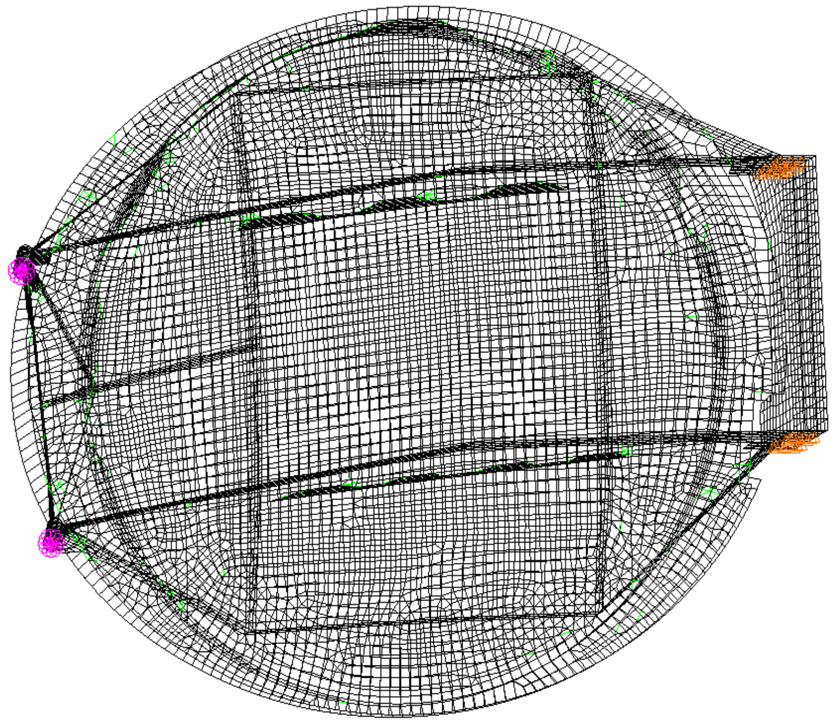
एक डीजीआर एन्टिना या द्वि-जालीदार एन्टिना (Dual-Gridded Antenna) संरचना को विभिन्न आवश्यकताओं को पूरा करना होता है (चित्र 1.)। सब से पहले, इसे प्रमोचन वातावरण (launch environment) द्वारा ऊत्प्रेरित भार (जैसे, तापीय भार (thermal loads), त्वरण भार (acceleration loads), ध्वनिकी भार (acoustic loads)) का प्रतिरोध (resist) करना होता है। कक्षा में सभी आवश्यक कार्यात्मक प्रदर्शन (उदाहरण के लिए, तापीय आयामी स्थिरता) पूरा कर पाने के साथ-साथ, इसमें अन्य उप-घटकों के लिए इंटरफेस (मिलन-बिन्दु) होना चाहिए।



चित्र 1. द्वि-जालीदार एन्टिना (Dual-Gridded Antenna) की संरचना

2. **अभिकल्पना दर्शन (Design Philosophy)**

द्वि-जालीदार एन्टिना (Dual-Gridded Antenna) का संरचनात्मक अभिकल्पना एक जटिल प्रक्रिया है जिसमें पदार्थ का चयन (materials selection), विन्यास (configuration), विश्लेषण (analysis), और सत्यापन परीक्षण (verification testing) शामिल हैं। संरचनात्मक अभिकल्पना तापीय, प्रणोदन, और संचार जैसे अन्य उप डिजाइन आवश्यकताओं पर बहुत निर्भर होती है। डिजाइन की प्रक्रिया एक वैचारिक स्तर पर शुरू होती है और डिजाइन विनिर्देश (design specifications) मिशन आवश्यकताओं (mission requirements) पर आधारित होते हैं। इन विनिर्देशों में पेलोड और प्रणालियों के समायोजन (accommodation of payload and systems), प्रक्षेपण आवश्यकताएँ (launch requirements), और कठोरता शामिल हो सकते हैं। संरचनात्मक डिजाइन के चुनौतीपूर्ण कार्यों में चरम परिमाण दक्षता (extreme mass efficiency) और संरचना की उच्च विश्वसनीयता (high reliability) आते हैं। इसके लिए CFRP मधुकोश सैंडविच पैनलों (Honeycomb sandwich panels) का प्रयोग करते हैं।



चित्र 2. द्वि-जालीदार एन्टिना (Dual-Gridded Antenna) संरचना का परिमित अवयव मॉडल (finite element model)

3. अंतरिक्ष पर्यावरण (Space Environment)

अंतरिक्ष वातावरण अनेक प्रकार की चरम स्थितियाँ प्रस्तुत करते हैं जो कि कई सामग्री और संरचनाओं की विफलता के कारण बन सकते हैं। संरचनात्मक डिजाइन में उर्ध्वपातन (Sublimation), आऊटगैसिंग (Outgassing), ताप और विकिरण के प्रभाव (thermal and radiation effects), और ऑक्सीकरण (oxidation) इन सब में विचार किया जाना चाहिए। पृथ्वी की निचली कक्षा में शिल्प के लिए अंतरिक्ष वातावरण विशेष रूप से ज्यादा दुर्गम या कठिन (harsh) होता है।

3.1 निर्वात गुण (Vacuum Properties)

पृथ्वी के आसपास अंतरिक्ष में निर्वात 200 किमी पर $1.3x10^{-7}$ kPa के दबाव से 6500 किमी के परे $1.3x10^{-12}$ kPa तक बदल सकता है। इन हालातों में, पॉलिमर विघटित (decompose) हो सकते हैं।

3.2 तापमान परिस्थितियाँ (Temperature Conditions)

अंतरिक्ष में अत्याधिक तापमान में परिवर्तन (-160 डिग्री सेल्सियस से लेकर 180 डिग्री सेल्सियस तक) और अन्य चरम सीमाओं का ध्यान रखा जाना बहुत महत्वपूर्ण होता है। वायुमंडल (atmosphere) के बिना, तापीय ऊर्जा (thermal energy) केवल प्रवाहकत्व और विकिरण (conduction and radiation) के माध्यम से स्थानांतरित हो सकता है।

उच्चतम तापमान संरचनात्मक डिजाइन को प्रभावित करते हैं, उदाहरण के लिए, संरचना की तापीय आयामी स्थिरता। ये परिस्थितियाँ विशेष पदार्थों का उपयोग (use of special materials) या अनुकूल इन्सुलेशन (tailored insulation), या दोनों को आवश्यक बनाते हैं।

ठंडे वातावरण में, आम तौर पर पदार्थों की पराभव ताकत (yield strength), तन्य शक्ति (tensile strength), और यंग मापांक (Young's modulus) में वृद्धि होती है। तथापि, इसका लचीलापन और सुदृढ़ता

(ductility and toughness) पर प्रभाव पदार्थों के साथ बदलता है। यह प्रघात बल (shock load) से पदार्थ की भंगुर विफलता (brittle failure) की जांच को जरूरी बनाता है।

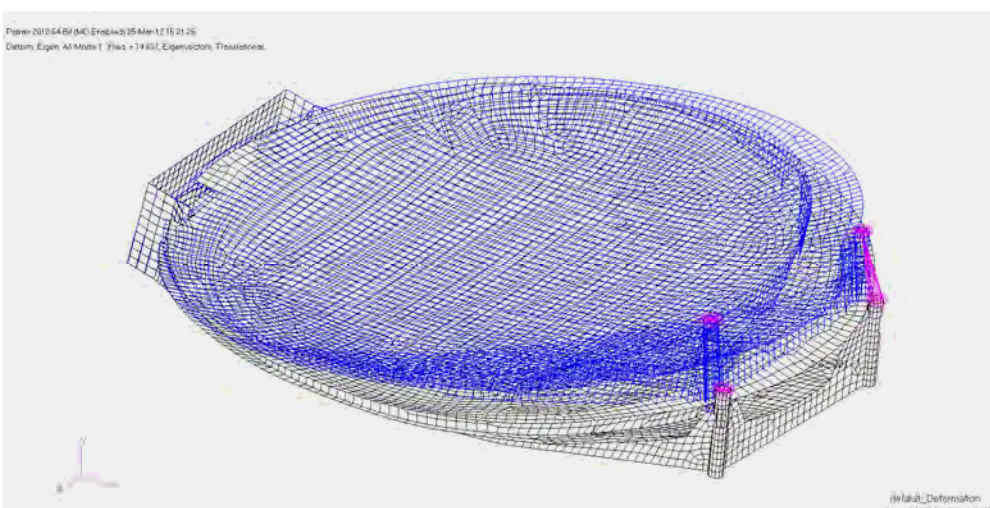
इन संरचनाओं में से अधिकांश में सामान्य स्थानों पर एल्यूमीनियम सतह में उभार के अतिरिक्त मधुकोश पैनलों (Honeycomb panels) का उपयोग करते हैं।

4. डिजाइन सत्यापन (Design Verification)

किसी भी द्वि-जालीदार एन्टिना (Dual-Gridded Antenna) के संरचनात्मक डिजाइन को या तो परीक्षण के एक पूरे सेट के द्वारा या मॉडलिंग और विश्लेषण समर्थित सीमित परीक्षण द्वारा सत्यापित करना होता है। सत्यापन की वास्तविक विधि विभिन्न कारकों द्वारा निर्धारित की जाती है, जैसे संरचना का भौतिक आकार और बनाये गए योग्यता मॉडलों (qualification models) की संख्या। दूसरे शब्दों में, कई संरचनाएँ परीक्षण सुविधा पर फिट कर सकने से भी बड़ी हो सकती हैं और अगर केवल वास्तविक उड़ान मॉडल बनाया गया हो तो सिर्फ सीमित परीक्षण वांछनीय हो सकता है।

परिमित अवयव विश्लेषण सॉफ्टवेयर संकुलों (finite element analysis software packages) जैसे NASTRAN के उपयोग से संरचनाओं के गणितीय मॉडल (mathematical model) बहुत विस्तार (great detail) में बनाए जा सकते हैं (चित्र 2.) और इस तरह सभी संभव स्थिर और गतिक भार की दशाओं में (under all possible static and dynamic load conditions) उनके व्यवहार की जांच करना संभव है। उदाहरण के लिए, एक गतिक सिमुलेशन (dynamic simulation) में, डीजीआर एन्टिना संरचना की प्राकृतिक स्पंदन आवृत्तियों का मूल्यांकन किया जाता है (चित्र 3., व तालिका 1) और संरचना के विभिन्न स्थानों पर विक्षेपण आकार (deflection shapes) का भी पूर्वानुमान लगाया जाता है (चित्र 4.)।

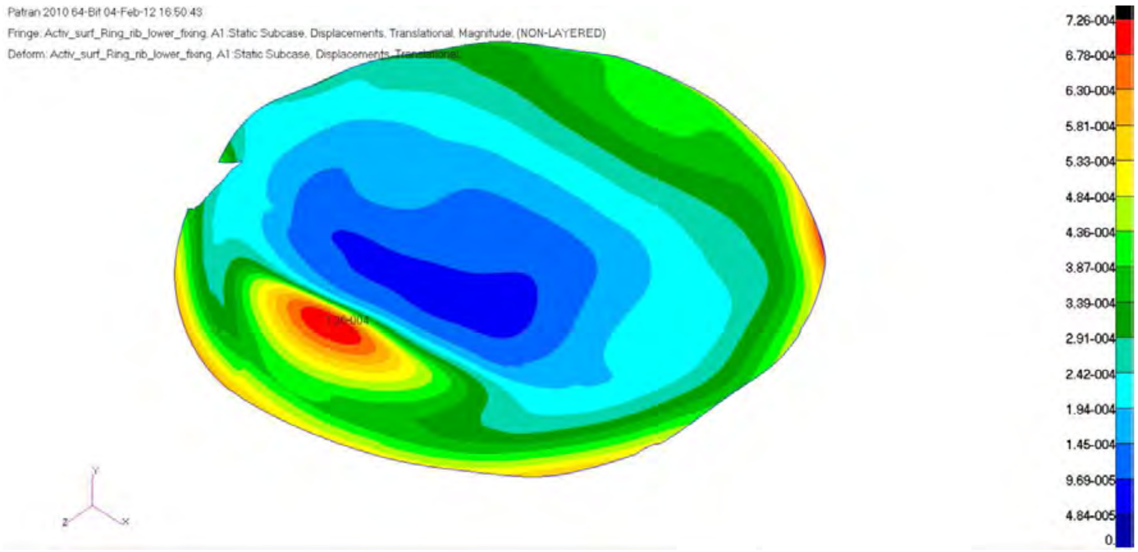
हालांकि, परिमित अवयव विश्लेषण के परिणाम में वास्तविक आँकड़ों के साथ कुछ महत्वपूर्ण विसंगतियाँ मौजूद हो सकती हैं, गतिक मॉडल में, जहां ऐसी जानकारी कम महत्वपूर्ण हैं वहाँ औसत त्रुटि दर 10% के आसपास हो सकती है। एक अधिक विस्तृत मॉडल के आधार पर पूर्वानुमान में सुधार ला सकते हैं। इस समस्या का एक अच्छा समाधान गणितीय मॉडल को सही करने के लिए परीक्षण से प्राप्त आँकड़ों का उपयोग करके हो सकता है।



चित्र 3. द्वि-जालीदार एन्टिना (Dual-Gridded Antenna) संरचना की प्रथम प्राकृतिक स्पंदन आवृत्ति का मूल्यांकन परिमित अवयव विश्लेषण (finite element analysis) के द्वारा

तालिका 1

विधि क्रमांक **(Mode No.)**	आवृत्ति (**Hz**)	विधि **(Mode)**
1	14.9	पूरे परावर्तक का एक साथ हिलना (Bending mode of the reflector)



चित्र 4. द्वि-जालीदार एन्टिना (Dual-Gridded Antenna) संरचना के विक्षेपण आकार (deflection shapes) का मूल्यांकन परिमित अवयव विश्लेषण (finite element analysis) के द्वारा

5. अभिकल्पना नियम के सारांश (Design Rules Summary)

सारांश में, अभिकल्पना के शुरुआत में निम्नलिखित विभिन्न पहलूओं का ध्यान रखा जाना चाहिएः

- पर्यावरण (जैसे, प्रमोचन और कक्षा launch and orbit) का अच्छा ज्ञान,
- प्रतिरूपकता, सरल पहुँच और एकीकरण (Modularity, simple access and assembly),
- सरल विश्लेषणात्मक भविष्यवाणियाँ (Easy analytical predictions),
- स्थिर, गतिशील, और थर्मो-इलास्टिक (thermoelastic) समस्याओं का साथ-साथ ध्यान रखा जाना (Simultaneous concern of static, dynamic, and thermoelastic problems),
- विकास क्षमता (Growth potential),
- यांत्रिक वियुग्मन (Mechanical decoupling): प्राथमिक और माध्यमिक संरचनाओं का वियुग्मन, और उनका सरल मिलन-बिन्दु (simple interfaces),
- पदार्थों का सटीक चयन (Precise choice of materials): विशिष्ट शक्ति और कठोरता (specific strength and stiffness), तापीय चालकता (thermal conductivity), उपलब्धता (availability), लागत (cost), विकिरण प्रतिरोध (radiation resistance), नमी के प्रभाव (influence of humidity)
- एकात्मक उत्पादन के अनुसार विनिर्माण प्रक्रिया (Manufacturing process in accordance to unitary production).

ये समान्य नियम प्रायः बहुत प्रतिस्पर्धी कीमत पर सरल संरचना के निर्माण में सहायक होते हैं।

आभार :

हम, प्रबन्धक, एस.टी.ए.डी और ग्रुप प्रबन्धक एस. टी. ए. जी. एवं सहयोगियों के अत्यन्त आभारी है, जिन्होने हमे यह लेख लिखने के लिए प्रेरित किया।

संदर्भ :

5. प्रतिबिंबित्र और ध्वनित्र के संरचनात्मक विश्लेषण - इन-सेट-3डी पेलोड - 2009 डा.नं सेक/ एस टी ए एफ/इनसेट-3डी/ सी.डी.आर-01/09/06/2009
6. संरचनात्मक विश्लेषण - इन-सेट-3डी पेलोड - 2003 डा.नं सेक/ इनसेट-3डी एस टी ए एफ/टी.आर-01/03/07/2003
7. सुदूर संवेदन मौसम उपग्रह नीतभार ध्वनित्र का संरचनात्मक विश्लेषण - वी.एस.जगदीश & चंद्रशेखर
8. सीमित अवयव प्रक्रियाएं, के.जे. बाथे, प्रेटिंस हाल इंडिया,नई दिल्ली 1997।
9. स्पंदन की बुनियादी बातें, एल.मीरोविच, मैक. ग्रा हिल,सिंगापुर, 2001।

।। समाप्त ।।

नीतभार की उच्च उष्मा उत्सर्जक प्रणालियों के ताप निर्वात परीक्षण हेतु एलुमिनियम ऊष्मीय प्लेट की अभिकल्पना एवं विकास

दिनेश नौलखा, पी.यु. अद्रोजा, डी. पी. भगोरा, के.एम. कावानि
dnolakha@sac.isro.gov.in

सारांश

नीतभारों में उच्च ऊष्मा उत्सर्जक प्रणालियों की संख्या तथा ऊष्मा उत्सर्जकता का मान तेजी से बढ़ता जा रहा है। साथ ही सुक्ष्मीकरण की कोशिशों ने इस समस्या को और बढ़ा दिया है। उपप्रणालियों की उच्च ऊष्मा को ताप निर्वात कक्ष से उत्सर्जित करने के लिए वर्तमान में प्रयुक्त होने वाली जंगरोधी इस्पात (स्टेनलैस स्टील- एस एस) की बुलबुलों वाली ऊष्मीय प्लेट पर परीक्षण में आ रही कठिनाइयों की वजह से अन्य विकल्पों की तलाश शुरू हुई। इसी प्रयास में सैक में एलुमिनियम ऊष्मीय प्लेट का विकास शुरू किया गया। प्रस्तुत पत्र में जंगरोधी इस्पात की बुलबुलों वाली ऊष्मीय प्लेट की सीमाओं, एलुमिनियम प्लेट के उपयोग की समस्याओं, एलुमिनियम ऊष्मीय प्लेट की अभिकल्पना, निर्माण, परीक्षण तथा परिणाम के बारे में बताया गया है। साथ ही इन दोनों तरह की ऊष्मीय प्लेटों के ऊष्मीय गुणधर्मों की तुलनात्मक सारणी प्रस्तुत की गयी है। अंत में एलुमिनियम ऊष्मीय प्लेट और संबंधित प्रणालियों के विकास से इनके संभावित व्यापक उपयोग के बारे में विवेचना की गयी है।

प्रस्तावनाः-

वर्तमान में लगभग सभी ताप निर्वात कक्षों में स्टेनलैस स्टील की बुलबुलों वाली ऊष्मीय प्लेट का उपयोग सफलतापूर्वक किया जा रहा है। स्टील की बेहतर वेल्डिंग स्वीकारिता (अतिन्यून रिसाव दर की वजह से), निम्न अपगेसन (आउट गैसींग) दर, अक्षयता (Non corrosiveness) , उच्च दाब सहनीयता आदि की वजह से इनका व्यापक उपयोग होता है। मगर एस एस की बुलबुलों वाली प्लेट पर नीतभार को स्थापित करने हेतु पेंचदार छिद्र नहीं होने से, उच्च उष्मा क्षय वाली प्रणालियों जैसे SSPA, TWTA आदि नीतभारों को ऊष्मीय प्लेट के साथ मजबूती से स्थापित नहीं किया जा सकता। इस तरह "तापीय संपर्क अवरोधकता" को कम नहीं किया जा सकने से इन परीक्षणों हेतु अन्य विकल्पों के बारे में सोचा जाने लगा। जंगरोधी इस्पात की उष्मीय चालकता 14.9 w/m.k, अलुमिनियम धातु की उष्मीय चालकता (180 w/m.k) का लगभग दसवां हिस्सा होती है तथा विशिष्ट उष्मा 0.44 kj/kg. k, अलुमिनियम की लगभग आधी होती है। इन दोनों गुणधर्मों का अनुपात, अर्थात किसी पदार्थ में तापीय संचरन (Heat flow across metal thickness) जंगरोधी इस्पात के मुकाबले एलुमिनियम में 5 गुना होने से, एलुमिनियम धातु का उपयोग बहुत ही आकर्षक प्रतीत हुआ। निम्नलिखित तालिका में कुछ पदार्थों के ऊष्मीय गुणधर्मों को दर्शाया गया है। मगर एलुमिनियम ऊष्मीय प्लेट को जंगरोधी इस्पात के फीड थ्रू से जोडने की समस्या इस तरह की प्लेट के उपयोग में बाधा बन रही थी।

तालिका 1: कुछ महत्वपूर्ण धातुओं के ऊष्मीय गुणधर्म

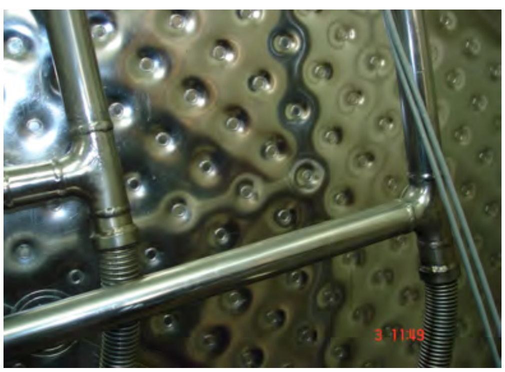
क्रम सं.	पदार्थ	ऊष्मीय चालकता w/ m . k	घनत्व Kg/m^3	विशिष्ट उष्मा KJ / kg . k
1	एलुमिनियम (मिश्र धातु 6061)	180	2700	0.803
2	तांबा	400	8933	0.385
3	जंगरोधी इस्पात (एस एस)	14.9	7900	0.47
4	निकल (शुद्ध)	90	8900	0.44
5	सोना	317	19300	0.129
6	चाँदी	429	10500	0.23

जंगरोधी इस्पात की बुलबुलें वाली ऊष्मीय प्लेट की सीमाएं/समस्याएं

ऊष्मीय प्लेट से आगे उष्मा का स्थानान्तरण, प्लेट में प्रवाहित होने वाले शीतलक द्वारा होता है। शीतलक (द्रव नाइट्रोजन) को प्लेट से अधिकतम संभव क्षेत्रफल के साथ सम्पर्क में रखने हेतु बुलबुले वाली अभिकल्पना का उपयोग किया जाता है। चित्र-1 में इस तरह की एक एस.एस. उष्मीय प्लेट को दिखाया गया है। इसके निर्माण में कई जगहों पर वेल्डिंग कर, 200 Kg/cm^2 से अधिक के दाब की वायु द्वारा फुलाया जाता है। इन दोनों ही प्रक्रियाओं में तापीय प्लेट की ऊपरी सतह की समतलता को उच्च कोटि की बनाये रखना मुश्किल होता है। साथ ही बुलबुले वाली प्लेट पर, नीतभार प्लैट को मजबूती से स्थापित करने हेतु बहुत सारे छिद्र करना सम्भव नहीं होता है – फलस्वरूप "तापीय संपर्क चालकत्व" (Thermal Contact Conductance) बहुत कम हो जाता है। इसी वजह से एवं, एस.एस. की निम्न ताप चालकता होने से, उच्च उष्मा क्षय वाले घटकों का तापमान निर्धारित सीमाओं में रखने के लिए एलुमिनियम उष्मीय प्लेट की अभिकल्पना तैयार की गयी।

एलुमिनियम ऊष्मीय प्लेट के उपयोग की मुख्य समस्याः-

एलुमिनियम उष्मीय प्लेट में द्रव नाइट्रोजन या शीतलक को प्रवाहित करने के लिए जंगरोधी इस्पात की लचीली पाईप (flexible hose) से जोड़ना मुश्किल भरा काम था। वैसे तो जंगरोधी इस्पात एवं एलुमिनियम को विशेष 'विस्फोटक वेल्डिंग' से जोड़ा जा सकता है मगर यह सुविधा हर जगह उपलब्ध नहीं है। अतः एक विशेष जंगरोधी इस्पात एवं एलुमिनियम जोड़ का अभिकल्प तैयार कर, अ. उ. के. में विकास किया गया। चित्र – 2 में इस जोड़ को दिखाया गया है। इस जोड़ को उच्च निर्वात हेतु ($\leq 1 \times 10^{-5}$ mbar), उच्च एवं निम्न ताप (-190°C to +110° C) पर निर्वात के साथ, तथा हीलियम द्रव्यमान वर्णक्रम मापी (मॉस स्पेक्ट्रोमीटर) (रिसाव खोजक यंत्र) पर परीक्षण में सफल पाया गया। इस जोड़ के उपयोग से ही एलुमिनियम उष्मीय प्लेट का उपयोग संभव हो पाया। इस जोड़ को Con-flat की तरह, आवश्यक सुधारकर के बनाया गया। इस प्रकार एलुमिनियम उष्मीय प्लेट को जंगरोधी इस्पात की लचीली पाईप, जो अन्ततः तापीय फीड थ्रू के साथ जुड़ी होती है, के साथ जोड़ना संभव हुआ और इस समस्या को सुलझाया गया।



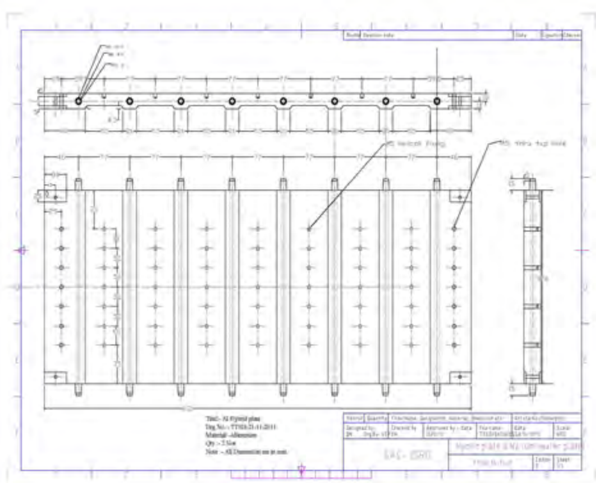
चित्र 1 : जंगरोधी इस्पात की बुलबुले वाली ऊष्मीय प्लेट: बहुत सारी वेल्डिंग एवं फूलाने की प्रक्रिया से ऊपरी सतह की समतलता निम्न स्तर की हो जाती है

चित्र 2 : एलिमिनयम एस एस जोड़ – विस्फोटक वेल्डिंग के आभाव में कोण-फ्लेट आधारित अभिकल्प से इस जोड़ का अ.उ.के. में सफल विकास किया गया।

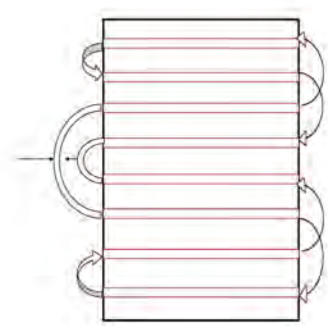
एलुमिनियम ऊष्मीय प्लेट का अभिकल्प निर्धारणः-

उष्मीय प्लेट के पदार्थ हेतु एलुमिनियम का चयन, उसकी उच्च उष्मीय चालकता, कम घनत्व, (कम द्रव्यमान), आसान निर्माण एवं सतह पर उच्च कोटि की समतलता अर्जित करने की क्षमता की वजह से किया गया। वेल्डिंग एवं उच्च दाब वायु से फुलाने वाली जैसी निर्माण प्रक्रियाओं के अभाव में यह सम्भव हो पाया। साथ ही सामान्य मशीनन प्रक्रियाएं होने से, अभिकल्प में मनवांछित सम्भावनाओं को साकार किया जा सकने

की अपार संभावनाएं थी। जैसे उश्मक (हीटर) को लगाने हेतु प्लेट के निचले हिस्से में समतल जगह का समावेश किया गया जिससे उश्मक प्लेट की आवश्यकता समाप्त हो गयी। फलस्वरूप उष्मीय सम्पर्क अवरोधकता (Thermal contact resistance) सम्पूर्ण रूप से समाप्त हो जाती है। नीतभार प्लेट को मजबुती से तापीय प्लेट पर स्थापित करने हेतु तापीय प्लेट पर 50 x 50 के जाल पर पेंचदार छिद्र (Tapped hole) किये गये। उच्च कोटि की समतलता एवं अनेक पेंचों द्वारा नीतभार प्लेट को स्थापित करने से एलुमिनुयम प्लेट पर तापीय संपर्क चालकत्व का मान एस.एस. की बुलबुलों वाली प्लेट के तापीय संपर्क चालकत्व के मान से कई गुना अधिक हो गया। यह मान पेंचो पर लगाये गए बल पर, सतह की समतलता, पदार्थ एवं सतह के बीच में उपस्थित माध्यम (हवा, निर्वात आदि) पर निर्भर करता है। इसका सही मान सन्दर्भ पुस्तकों या शोध पत्रों से प्राप्त किया जा सकता है। एलुमिनयम की उष्मीय चालकता 10 गुना अधिक होने से निकाय द्वारा क्षयित ऊष्मा का तीव्रता से शीतलक द्वारा उत्सर्जन हो पाता है। पूर्ण अभिकल्प को चित्र-3 में दर्शाया गया है। ताप नियन्त्रण हेतु उशम्कों (हीटरों) एवं नीतभार स्थापित करने हेतु छिद्रों की व्यवस्था इसी प्लेट में हो जाने से हीटर प्लेट की आवश्यकता समाप्त हो गयी, जो इस अभिकल्प की बड़ी उपलब्धि है। चित्र ४ में शीतलक के प्रवाह परिपथ को दिखाया गया है।



<u>चित्र 3– कार्य शाला में निर्माण हेतु प्लेट का अभिकल्प</u>

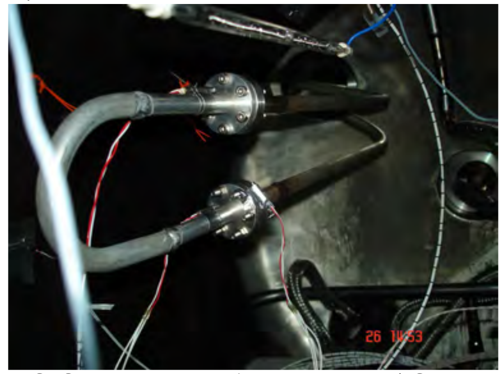


<u>चित्र 4 – प्लेट में तापान्तर कम रखने हेतु शीतलक का उचित प्रवाह परिपथ</u>

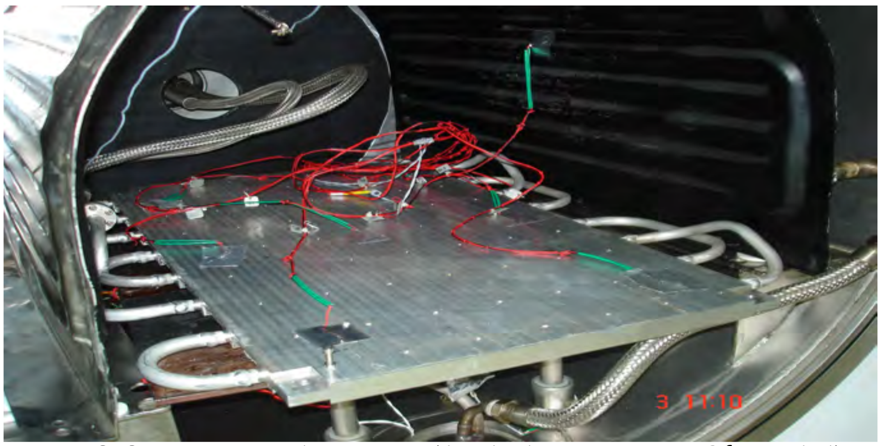
परीक्षण

सर्वप्रथम एस.एस. तथा एलुमिनियम के विकसित किए गए जोड पर विभिन्न परीक्षण किए गए। इस जोड़ का निर्वात में रिसाव दर तथा उच्च एवं निम्न ताप (-170°C to +110° C) पर रिसाव दर, हेतु परीक्षण किया गया। साथ ही हीलियम द्रव्यमान वर्णक्रम मापी, जो की एक रिसाव खोजक यन्त्र है, द्वारा सामान्य ताप पर रिसाव की मात्रा जानने हेतु परीक्षण किया गया। तैयार किए गए अभिकल्प के आधार पर एक एलुमिनियम ऊष्मीय प्लेट, एस.एस. एलुमिनियम के जोड़ों आदि को बनाकर इन्हें लचीले पाइप तथा तापीय फीड थ्रू के साथ एकीकृत कर, हीलियम द्रव्यमान वर्णक्रम मापी (स्पेक्ट्रोमीटर) (रिसाव खोजक यंत्र) द्वारा परीक्षण किया गया। तत्पश्चात पूर्ण एकीकृत ऊष्मीय प्लेट को ताप निर्वात कक्ष में स्थापित कर निम्न ताप हेतु द्रव नाइट्रोजन प्रवाहित कर, निर्वात हेतु परीक्षण किया गया। इसी परीक्षण के दोरान -80^{0}C पर, सम्पूर्ण प्लेट पर तापान्तर हेतु प्राथमिक परीक्षण किया गया। चित्र-5, 6 में एस.एस. एलुमिनियम के विकसित किए गए जोड एवं उस पर किए जा रहे परीक्षणों को दिखाया गया है। चित्र-7 में इस स्वीकृत एलुमिनियम ऊष्मीय प्लेट को निम्न ताप पर निर्वात हेतु 0.8 कक्ष में स्थापित करते हुए दिखाया गया है।

चित्र 5 : एकीकृत एलुमिनियम ऊष्मीय प्लेट पर रिसाव खोजक यन्त्र द्वारा परीक्षण



चित्र 6 एलुमिनियम एस एस जोड़ पर उच्चा एवं निम्न ताप पर निर्वात हेतु परीक्षण



चित्र 7: एलुमिनियम ऊष्मीय प्लेट पर ताप संवेदको को लगाकर ताप अर्जित करने में लगने वाले समय, द्रव नाइट्रोजन खपत, तथा तापान्तर हेतु प्राथमिक परीक्षण किया गया

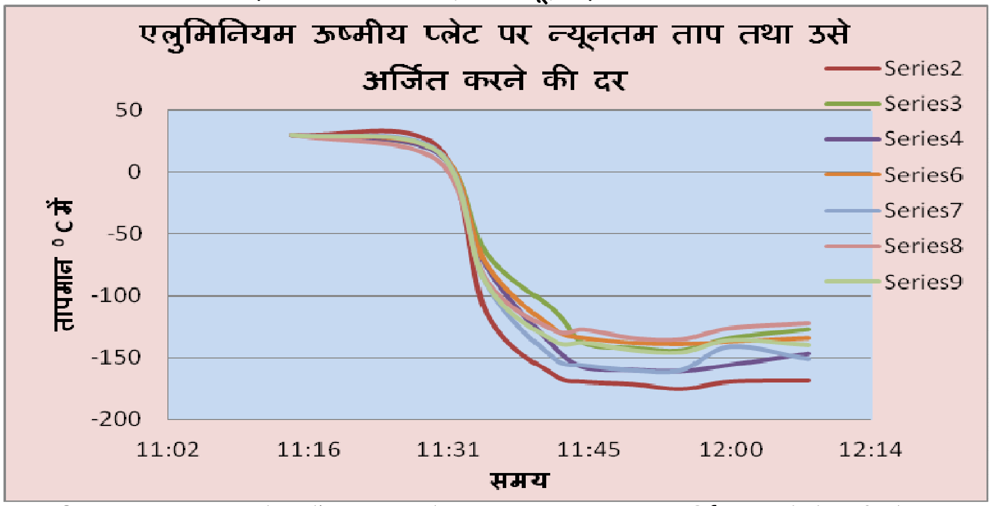
परिणाम

एस.एस. एलुमिनियम जोड़ से सामान्य ताप पर 0.8 मी ता. नि. कक्ष में 1.1 X 10^{-5} mbar का निर्वात अर्जित किया गया। उच्च एवं निम्न ताप (+110° C and -170°C) पर तथा इन तापमानो पर पांच तापीय चक्रों में कक्ष के निर्वात में कोई परिवर्तन नहीं देखा गया तथा हीलियम द्रव्यमान स्पेक्ट्रोमापी द्वारा इस जोड़ से रिसाव 10^{-9} की रेंज में पाया गया (स्प्रे मोड में)।

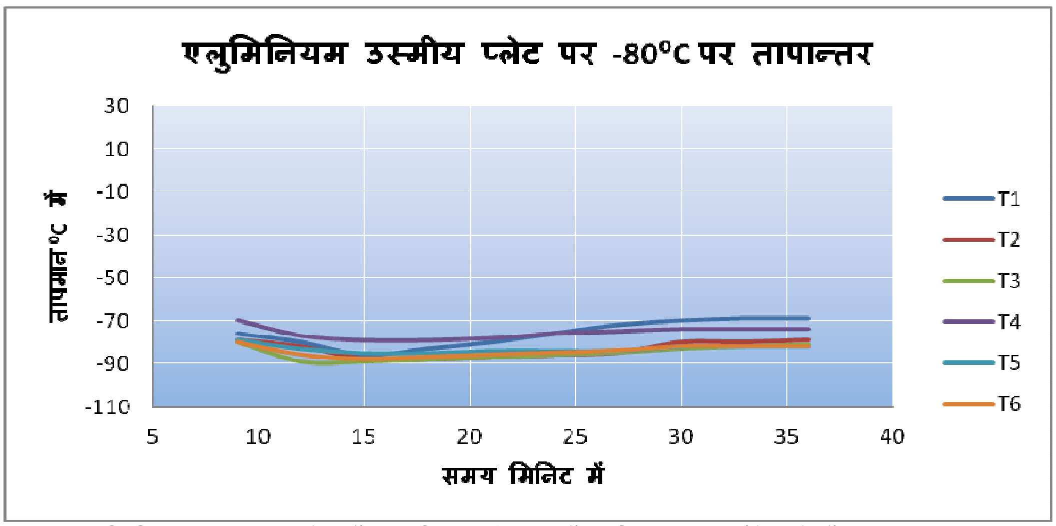
एलुमिनियम ऊष्मीय प्लेट, एलुमिनियम एस एस जोड़, लचीले एस एस के पाइप तथा फीड थ्रू को कक्ष के साथ एकीकृत करके, द्रव नाइट्रोजन प्रवाहित करने पर निर्वात में 1.1 x10^{-5} mbar से 2.2 x10^{-5} mbar तक का परिवर्तन देखा गया। एलुमिनियम ऊष्मीय प्लेट पर ताप मापने हेतु ताप संवेदक लगाये गए। एलुमिनियम ऊष्मीय प्लेट पर होने वाले ताप परिवर्तनों को (समय के साथ) चित्र 8, 9 में दिखाया गया है। इसी दोरान -80^0C ताप पर तापान्तर (किसी तय समय पर विभिन्न संवेदको के मध्य ताप में अंतर) भी काफी कम प्राप्त हुआ।

ताप अर्जित करने की गति 10^0C प्रति मिनिट प्राप्त हुई तथा अधिकतम तापान्तर ±8 का रहा जो बहुत ही उत्तम कहा जा सकता है। द्रव नाइट्रोजन की खपत (25^0C से -80^0C तक जाने में) 7-8 लीटर हुई जो पूर्ण आदर्श अवस्था में सैंधान्तिक गणनाओं से प्राप्त मान (4 लीटर) के बहुत नजदीक था।

उपरोक्त संतोषप्रद परिणामों को प्राप्त करने के बाद अब यह प्लेट, ऊष्मक (हीटर) तथा द्रव नाइट्रोजन नियंत्रण वाल्व के साथ अधिकतम 400 वाट पर अर्जित किये जा सकने वाले न्यूनतम तापमान तथा उसमें लगने वाले द्रव नाइट्रोजन की मात्रा एवं समय, तथा विभिन्न तापों पर तापान्तर मापने हेतु परीक्षण के लिए तैयार है।



चित्र 8- एलुमिनयम ऊष्मीय प्लेट में द्रव नाइट्रोजन द्वारा न्यून ताप अर्जित करने हेतु किये गए प्राथमिक परीक्षण में प्राप्त ताप परिवर्तन दर 10^0C /min रही।



चित्र 9- एलुमिनियम ऊष्मीय प्लेट में प्राथमिक परीक्षण में विभिन्न ताप संवेदको में तापान्तर ±7 का रहा। इसमें ताप नियंत्रक प्रणाली को लगाने के बाद इन मानो में ओर सुधार होगा।

निष्कर्ष एवं भविष्य में और सुधार की संभावनाएः-

एलुमिनियम ऊष्मीय प्लेट के निर्माण का यह पहला प्रयास था और परीक्षण भी अभी प्राथमिक स्तर पर ही किए गए हैं। ताप अर्जित करने की तेज दर काफी उत्साहवर्धक है – मगर इसके साथ तापन्तर को और कम करने हेतु तापीय प्रणाली में साफ्टवेयर की सहायता से एवं द्रव वाल्व तथा प्रति हीटर अलग से नियंत्रण देकर परीक्षण करना होगा। ताप अर्जित करने की तेज दर का फायदा , तापान्तर को कम करने हेतु एक ऊष्मक प्लेट लगाने में कर सकते है। साथ ही अभिकल्प में द्रव का प्लेट से सम्पर्क क्षेत्रफल अधिक करके भी देखना होगा। इन सब प्रयासों से निश्चित ही हम नीतभारों की उच्च ऊष्मा क्षय को निर्वात कक्ष से उत्सर्जित कर तापमान को निर्धारित सीमाओं में रखकर उनका परीक्षण कर पायेंगे।

इस तरह की प्लेट, आसानी से अंतरिक्ष उपयोग केंद्र में बन सकती है, अतः अब यह संभव है कि हम नीतभारों की विशिष्ट प्रणालियों, जिनका, अंतरिक्ष में ऊष्मीय पाईप द्वारा ऊष्मा का उत्सर्जन होता है का ताप निर्वात परीक्षण यहाँ पर आसानी से हो सकेगा। साथ ही एक से अधिक नीतभार उप प्रणालियाँ को साथ-साथ (जिनका ऊष्मा उत्सर्जकता मान अलग-अलग है, मगर उच्च एवं निम्न तापमान समान है) को भी इन प्रभावी तथा सुवाह्य (Portable) प्लेटों की मदद से परीक्षण करने में सक्षम होंगे। इनकी सुबाह्यता (portability) से इन्हें बहुत थोड़े समय में ही किसी भी कक्ष में बिना विशेष मेहनत किये स्थापित कर सकते है तथा हटा भी सकते है।

तालिका-२ जंगरोधी इस्पात की बुलबुले वाली ऊष्मीय प्लेट एवं एलुमिनियम ऊष्मीय प्लेट के ऊष्मीय गुणधर्मों की तुलना

क्रम सं.	गुणधर्म	जंगरोधी इस्पात की बुलबुलेवाली ऊष्मीय प्लेट	एलुमिनियम ऊष्मीय प्लेट	विशेष
1.	ऊष्मीय चालकत्व /मोटाई	17 w/m.k / 3mm =5.6	170 w/m.k / 8mm = 21.25	8mm मोटाई वाली एलु. प्लेट लेने पर भी, चार गुना तेजी से ऊष्मा का संचरण संभव है।
2.	ऊष्मीय फैलाव $k/c_p.\rho$, m^2/sec (thermal diffusivity)	17/0.4x7.8 = 5.44 m^2/sec	170/0.78x2.9= 75m^2/sec.	एलु. में ऊष्मीय फैलाव एस.एस. के मुकाबले 14-15 गुना ज्यादा होता है। एक अति महत्वपूर्ण गुणधर्म, विशेषकर जब उच्च ऊष्मा क्षय प्रणालियों की ऊष्मा का उत्सर्जन करना होता है।
3.	निर्माण प्रक्रिया	वेल्डिंग, उच्च दाबीय वायु से फुलाना (≥200kg/cm^2)	सामान्य	एलु. ऊष्मीय प्लेट का निर्माण सामान्य होने से आवश्यकता अनुरूप परिवर्तन सम्भव।
4.	निर्वात अनुकूलता	उत्तम (वेल्डिंग जोड़ों से रिसाव दर काफी कम होता है) (≤$1x10^{-9}$ mbar lit/sec.)	सामान्य (एलु. एलु.) वेल्डंग जोड़, जो द्रव शीतलक के प्रवाह परिपथ को पूर्ण करने हेतु आवश्यक होते हैं, का रिसाव दर एस.एस. से अधिक होता है। <$1x10^{-8}$ mbar lit/sec.)	एलु. एलु वेल्डिंग जोड़ों का रिसाव दर सामान्य होने के बावजूद, स्वीकृत सीमाओं में होने से निर्वातोपात्र है।
5.	स्वदेशी/आयातीत	अधिकतर आयातित	पूर्णतः स्वदेशी, अंतरिक्ष उपयोग केंद्र में निर्मित	स्वर्निभरता/साथ ही कभी-कभी विशिष्ट नीतभार के लिए विशिष्ट प्लेट का शीघ्र ही निर्माण सम्भव।
6.	कीमत/लागत	400x600 mm की प्लेट की लागत रु 1,50,000/- आई (लगभग 6,00,000/- /m^2)	400x600 mm की प्लेट की लागत रु 20000/- आई (लगभग 80,000/m^2)	चित्र में दिखायी गयी 400x600mm की एल, ऊष्मीय प्लेट की लागत 20,000/- आयी है, जबकि एस.एस. की ऊष्मीय प्लेट की लागत का अनुमान, प्राप्त निविदा से किया गया है।
7.	जीवन काल	सामान्यतः 10-15 वर्ष तक वेल्डिंग जोड़ों से रिसाव की शिकायत नहीं आती है।	परीक्षण नहीं किया गया उपलब्ध विश्लेषण बताते हैं कि एलु. एलु वेल्डिंग जोड़ लगातार तापीय चक्रों से गुजरने पर छिद्रिल (Porous) हो जाते हैं, जो निर्वात का स्तर खराब कर सकते हैं।	एलु.-एलु. वेल्डिंग जोड़ का तकनीकी सुधार होने से, अवश्य ही इस तरह की समस्या कम हुई होगी। मगर कम कीमत, व्यापक उपयोगिता, इनके कम कार्यकाल को भी अनुकूल बना सकती हैं।
8.	सीमाएं / लाभ	एस.एस. की कम ऊष्मीय चालकता, ऊपरी सतह की खराब समतलता, नीतभार को स्थापित करने हेतु पेंचदार छिद्रों का अभाव आदि है।	एलु. एलु वेल्डिंग जोड़ / अधिक ऊष्मीय चालकता, ऊपरी सतह की अच्छी समतलता, पेंचदार छिद्र संभव आदि है।	ऊष्मा का संचरण तेजी से हो सकता है। समतल सतह होने से एवं पेंचदार छिद्रों पर नीतभार प्लेट को मजबूती से स्थापित करने से ऊष्मीय संपर्क अवरोधकता काफी कम हो जाती है।

आभारः

लेखक गण श्री आर.के. अरोरा, उप निदेशक, ई.एस.एस.ए. एवं श्री डी.आर. पटेल, समूह प्रमुख, ईएनटीएसजी के शुक्रगुजार हैं जिन्होंने यह लेख लिखने की प्रेरणा एवं मार्गदर्शन दिया। लेखक एलुमिनियम ऊष्मीय प्लेट के निर्माण एवं परीक्षण हेतु ताप निर्वात परीक्षण प्रणाली समूह के सभी कर्मचारियों एवं कार्यशाला के कर्मचारीगण आदि के विशेष आभारी है। लेखक गण श्री बी. आर. राजपूत, वरिष्ठ हिंदी अधिकारी एवं हिंदी अनुभाग के कर्मचारियों का हिंदी टंकण कार्य में योगदान के लिए आभारी है।

संदर्भः

1. "हीट एण्ड मास ट्रांसफर", श्री आर. यादव

2. "मानव निर्मित उपग्रहों में ताप नियंत्रण" अभिव्यक्ति-2009, श्री के के बराया

3. "केलकुलेटिंग इन्ट्रिफरेंस रेसिस्तंस" , श्री एम एम योवानोविच, एदवंसेस इन थर्मल मोदालिंग ओफ इलेक्ट्रानिक्स एंड सिस्टम्स, वोल्युम -1, एडिटर्स – ए. बार कोहेन एंड ए. डी क्रास, हेमिस्फिर पब्लिशिंग कोर्पोरेसन, 1988, pp 79-128.

।। समाप्त ।।

“अंतरिक्ष अभियान हेतु उष्मीय अंतरापृष्ठ पदार्थ का पुनर्निरीक्षण”

(A Review of thermal interface materials for space mission)

जिगर गाँधी, राजू निपानी एवं आनन्द पाठक
jigargandhi@sac.isro.gov.in, nipane_rg @ sac.isro.gov.in

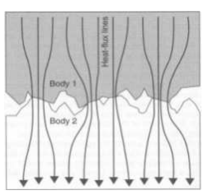
सारांश :

अंतरिक्ष उपयोग से जुड़े उष्मीय नियंत्रण योजना के अंतर्गत कई तरह के साधनों एवं तकनीक का उपयोग किया जाता है। इन्ही साधनों में से एक है, उष्मीय अंतरापृष्ठ पदार्थ (Thermal Interface Material - TIM)। अनुकूल उष्मीय अंतरापृष्ठ पदार्थ का चयन उष्मीय अभिकल्पना प्रकिया का अविभाज्य अंग है। इस लेख में कुछ महत्वपूर्ण उष्मीय अंतरापृष्ठ पदार्थो के साधारण गुणधर्मो का वर्णन किया गया है। यह लेख अंतरिक्ष उष्मीय नियंत्रण के विकास हेतु अंतरापृष्ठ पदार्थ के चयन में मददगार साबित होगा ।

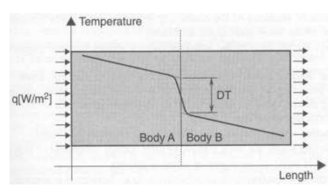
प्रस्तावना :

अंतरिक्ष उपयोग में उच्च शक्ति के घटकों के सफल कार्यान्वयन के लिए उष्मीय प्रबंधन एक जटिल एवं चुनौतीपूर्ण कला एवं विज्ञान है। अंतरिक्ष में शून्यावकाश होने से उपग्रह पैनल तक उष्मा का स्थानांतरण मुख्यत: उष्मीय-वहन से होता है। जिससे उष्मीय संतुलन और भी क्रांतिक बन जाता है। अर्धवाहक प्रवर्धक की विश्वसनीयता एवं कार्य निष्पादन का सीधा संबंध उसके अधिकतम संधी तापमान पर आधारित होता है। उत्तम उष्मीय अभिकल्पना का लक्ष शक्ति प्रवर्धक जोड़ से अंतिम उष्मा ग्राहक तक उष्मीय अवरोध न्यूनतम हांसिल करना है ।

जब एक दूसरे से जुड़े दो घटकों के बीच उष्मा का वहन होता है तब वहाँ अंतरापृष्ठ में विस्तारित तापमान अनियमितता (Macroscopic Temperature Discontinuity) पायी जाती है। यह तापमान-अनियमितता का कारण उष्मीय संपर्क अवरोध (Thermal Contact Resistance) हैं ।



चित्र 1. दो घटकों के बीच उष्मा का वहन



चित्र 2. अंतरापृष्ठ में तापमान अनियमितता

उष्मीय संपर्क अवरोध की परिभाषा निम्न प्रकार से है ।

$R_j = \Delta T/Q$ ……………………………………………………………..(1)

जहाँ, R_j - जोड़ का उष्मीय अवरोध (°C/W)

ΔT – दो अंतरापृष्ठों के बीच तापमान में अंतर (°C)

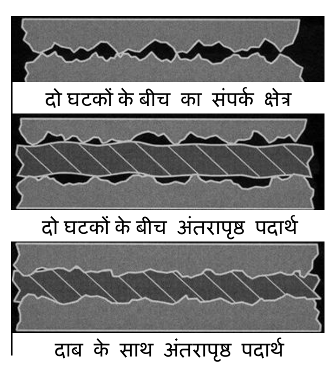
Q – जोड़ पृष्ठों के साथ काटकोनिय दिशा में उष्मा-वहन (W)

ऐसे ही, उष्मीय संपर्क वाहकता (Thermal Contact Conductance) W/m^2K की परिभाषा निम्न प्रकार से है ।

$h_j = Q / (Aa\ \Delta T)$ ………………………………………………………….. (2)

जहाँ, Aa – जोड़ का प्रत्यक्ष संपर्क क्षेत्र (m^2) (Apparent Contact Area)

इस अवरोध को कम करने का एक उपाय यह है की, ऐसे अंतरापृष्ठ पर पाए जानेवाले सूक्ष्मरिक्तता (Micro gaps) को भर सके ।



चित्र 3. अंतरापृष्ठ पदार्थ का उपयोग

अंतरापृष्ठ पदार्थ उसकी मुलायमता के कारण अल्प से लेकर परिमित (Moderate) दाब पर भी पृष्ठों की रूक्षता एवं रिक्तता को भर देते है (चित्र-3)। इस कारण इन अंतरापृष्ठों से उष्मा का वहन बड़े

प्रभावी ढ़ग से एवं बहुत अधिक दक्षता के साथ अधिक मात्रा में होता है। पृष्ठ से पृष्ठ संपर्क की तुलना में TIM के उपयोग से अंतरापृष्ठ अवरोध के विषय पर कई सैद्धांतिक एवं परीक्षणात्मक जाँच किए गए परंतु कोई भी ऐसा एक सूत्र नहीं पाया गया की जिससे हम विश्वसनीय तरीके से अंतरापृष्ठ अवरोध की गणना कर सके ।

उष्मीय अंतरापृष्ठ पदार्थ का चयन :

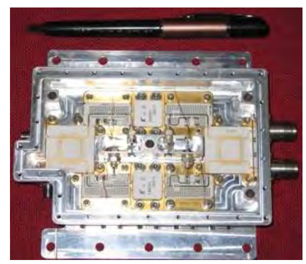
एक विशिष्ट उपयोग के लिए उचित अंतरापृष्ठ पदार्थ का चयन के समय कुछ बातों का ध्यान रखना जरूरी होता है। जैसे-पदार्थ की उष्मीय वाहकता, विद्युत-वहनता, प्रसारक गुणधर्म, कोन्टामिनेशन, उपयोग में आसानी, विश्वसनीयता, क्रीप (Creep) एवं विरूपण, वक्त के साथ रासायनिक एवं संरचनात्मक बदलाव, रासायनिक एवं तापीय अवरोध, आउट-गैसिंग (TML < 1%, CVCM<0.1%) आदि ।

उष्मीय अंतरापृष्ठ पदार्थ के प्रकार :

उष्मीय अंतरापृष्ठ पदार्थ कई प्रकार के हैं। जैसे-सोल्डर, इलास्टोमेरीक पैड/अवरोधक पैड, उष्मीय ग्रीस, उष्मीय-वाहक संमिश्र, धातु की फोईल्स, कार्बन आधारित अंतरापृष्ठ पदार्थ, उष्मीय वाहक आसंजक पट्‌टी आदि ।

सोल्डर (झालन) :

झालन के द्वारा निम्न उष्मीय अवरोध प्राप्त किया जा सकता है। परंतु झालन के लिए तापमान की आवश्यकता (Reflow) जरूरी है। यदि अन्य प्रतिकूल अवस्था को देखे तो विपरित उष्मीय प्रसरण गुणांक (Different Thermal Expansion Coefficient) के कारण सोल्डर-विदारण (Solder Cracking) की संभावना, सूक्ष्म-रिक्तता (Voids) एवं संलग्न घटकों का उपयोग फिर से न कर पाना, आदि है। GaN आधारित शक्ति प्रवर्धक संवेष्टन (TDP) के विकास में AuSn सोल्डर का उपयोग किया गया (चित्र- 4)।



चित्र- 4

इलास्टोमेरीक पैड/अवरोधक पैड :

उत्तम परावैद्युत सामर्थ्य (Dielectric Strength) आयतन प्रतिरोधकता (Volume Resistivity), अच्छी उष्मीय वाहकता, आदि इन श्रेणी के पदार्थों के गुणधर्म है। पैड की सहायता से शक्ति अर्धवाहक से उष्मा अभिगम (Heat sink) तक उष्मा का वहन, लंबे अरसे तक विद्युत-रोधन के साथ विश्वसनीयता से किया जा सकता है। इनके उतम कार्य निष्पादन के लिए उच्च शिकंजक (Clamping) दाब जरूरी है।

चित्र-5

चित्र-6 बैंड शक्ति प्रवर्धक संवेष्टन

चोथम* (Chotherm®) इलास्टोमरीक पड्ड का उपयोग EPC प्रवर्धन के उष्मीय प्रबंधन के लिए किया जाता है ।

उष्मीय ग्रीस – (Thermal Grease) :

हाइड्रोकार्बन/सिलिकॉन आधारित यह पदार्थ अंतरापृष्ठ में रिक्तता को भरने में प्रभावशाली है। मुख्यत: इसे इलेक्ट्रॉनिक संवेष्टन एवं उपग्रह के पैनल के बीच लगाया जाता है।

चित्र- 7

चित्र-7 में संवेष्टन के पृष्ठ पर स्टायकास्ट टीसी 8एम (Stycast TC 8M®) ऊष्मीय ग्रीस का उपयोग दिखाया गया है। इसका लाभ यह है की इससे अति महीन उष्मीय जोड़ बनाया जा सकता है।

पंप आउट, फेज-वियोजन, कोन्टामिनेशन, आउट-गैसिंग की संभावना के कारण इलेक्ट्रॉनिक संवेष्टन के भीतर उष्मीय ग्रीस का उपयोग सामान्यत: नहीं किया जाता।

उष्मीय वाहक संमिश्र (Thermally Conductive "Cure in place" Compound) :

एक या दो भाग सिलिकॉन RTV (Room Temperature Vulcanizing) या समरूप संमिश्र से बना यह प्रतिकारक (Reactive) पदार्थ है। जहाँ घटक, एवं शीत-पृष्ठ का अंतर अधिक अस्थिर हो वहाँ उष्मीय वहन मार्ग बनाने के लिए इस श्रेणी का उपयोग किया जाता है। उदाहरण के तौर पर, पीसीबी - की जिस पर कई अलग-अलग ऊंचाई के घटक लगे होते हैं एवं उष्मा प्रसारक के साथ इनके संपर्क की आवश्यकता होती है ।

धातुकी फोईल्स (Metallic Foils) :

अंतरापृष्ठ में धातु की फोईल्स की उपयोग इनके गुणधर्म, संपर्क तापमान एवं अंतरापृष्ठ पर दिए गए भार के अनुसार उष्मीय बर्धन (Thermal Enhancement) प्रदान करता है। फोइल्स की जाड़ाई, कठोरता एवं अगर स्क्रिन हो तो जाली का आकार यह सब महत्वपूर्ण भूमिका अदा करते है। आउट-गैसिंग रहित धातु की फोईल्स विनियोग में भी आसानी प्रदान करती है। इंडियम धातु की फोइल्स का उपयोग मुख्यत: क्रायोजेनिक अभियान में किया जाता है। सुवर्ण-फोईल्स भी इसकी मुलायमता एवं उत्तम वैद्युत-ग्राउडींग की वजह से उच्च शक्ति प्रवर्धक के संवेष्टन में उपयोग किया जाता है ।

कार्बन आधारित अंतरापृष्ठ पदार्थ (Carbon based Interface Materials) :

ग्रफ़ाईट का मुख्य फायदा इसकी मुलायमता, न्यूनतम आउट-गैसिंग, निम्न घनता, उच्च उष्मीय वाहकता एवं अच्छी वैद्युत-वाहकता, आदी है। दो अलग ग्रफ़ाईट आधारित अंतरापृष्ठ पदार्थ सिग्राफ्लेक्स (SIGRAFLEX) एवं पायरोलाइटीक ग्रफ़ाईट (Pyrolytic Graphite Sheet) का तकनीकी जाँच के लिए चयन किया गया एवं 100 W शक्ति प्रवर्धक संवेष्टन एवं EPC में सफलता पूर्वक इसका उपयोग किया गया ।

चित्र-8 सिग्राफ्लेक्स

चित्र-9 सिग्राफ्लेक्स का उपयोग

चित्र-10 100W शक्ति प्रवर्धक संवेष्टन)

चित्र-11 : EPC, 100W शक्ति प्रवर्धक संवेष्टन)

उष्मीय बर्धन के लिए कई सारे पदार्थ एवं तकनीक उपलब्ध है। इसके साथ-साथ और भी कइे नए पदार्थों एवं तकनीकों का आविष्कार एवं विकास निरंतर हो रहा है। कार्बन नैनो नली (Carbon Nano Tube - CNT), पृष्ठ-उपचार (Surface Treatment) एवं स्थिति परिवर्तनीय पदार्थ (Phase Change Materials) इन तकनिकों का विकास उष्मीय प्रबंधन में कारगर सिद्ध हो सकता है।

निष्कर्ष :

उष्मा उत्पादक घटकों (शक्ति प्रवर्धक, इलेक्ट्रॉनिक पावर कन्डिशनर (EPC) आदि) के देशज (Indigenous) विकास हेतु उष्मीय अंतरापृष्ठ पदार्थ की आवश्यकता को नजर-अंदाज नहीं किया जा सकता। अंतरापृष्ठ पदार्थ की उपलब्धता एवं गुणधर्मों की विस्तृत विभिन्नता को ध्यान में रखते हुए इस लेख में सिर्फ उन पदार्थों तक सीमित रखा गया है जो अंतरिक्ष अभियानों के लिए इलेक्ट्रॉनिक प्रणाली में उष्मीय बर्धन के लिए उचित है ।

आज ऐसे इलेक्ट्रॉनिक उपकरणों की मांग है, जो पर्यावरण अवस्था के एक विस्तृत कार्यक्षेत्र में अपने कार्य के मापदंडों को प्रमाणित कर सके। इन मापदंडों पर खरा उतरने के लिए इनमें उष्मीय

बर्धन पदार्थ को चुनने में सहायता होगी एवं इलेक्ट्रॉनिक प्रणाली के उष्मीय कार्य-निष्पादन में वृद्धि होगी ।

अंतरापृष्ठ पदार्थ के प्रकार एवं गुणधर्मों की जानकारी निम्न तालिका में दी गयी हैं ।

	स्टायकास्ट टीसी 8एम **Stycast TC 8M**	चोथर्म शीट **Chotherm Sheet**	सिग्राफ्लेक्स फोईल **Sigraflex foil**	इंडीयम फोईल **Indium Foil**	इपो-टेक एच 74 **EPO-TEK H74**	युटेक्टीक स्वर्ण/टीन सोल्डर **Eutectic Gold/Tin Solder**
श्रेणी **Category**	उष्मीय ग्रीस	इलास्टोमेरीक पैड/ अवरोधक पैड	कार्बन आधारित अंतरापृष्ठ पदार्थ	धातुकी फोइल्स	उष्मीय वाहक संमिश्र	सोल्डर (झालन)
घटक **Composition**	ऊष्मीय वाहक फिलर्स एवं सीलीकॉन आइल	सीलिकोन इलास्टोमर-बोरान नाइट्राईड+ फायबर ग्लास क्लॉथ	उच्च शिकंजीत ग्रफाईट फ्लेक्स (बिना किसी बाइंडर या फिलर के)	99.99% शुद्दता का स्तर	सफेद ऊष्मीय वाहक सीलीकॉन के दो भाग	Au80, 20Sn
युक्ति संगतता **Consistency**	एक्सट्रुडेबल पेस्ट	लचीली शीट	मुलायम, लचीली फोईल	मुलायम, लचीली फोईल	थीक्सोट्रॉपिक पेक्ट	प्रीफोर्म
संचालन तापमान कार्य क्षेत्र **Operating temp. range (°C)**	-40 to 200	-60 to 200	-250 to 300 अधिष्ठापन एवं संचालन अवस्था पर आधारित	125	-55 to 250	280 (उत्कलन बिंदु)
ऊष्मीय वाहकता **Thermal Conductivity @ 20 °C (W/m.K)**	1.5	2.6	4.8 प्लेन से (thru Plane) 190 प्लेन में (In Plane)	86 @ 85 °C	1.25	57 @ 85 °C
आउटगैसींग **Outgassing % TML, % CVCM**	0.29, 0.11	0.43, 0.08	0.05, 0.00	-----	पास ASTM E595	------
टिप्पणी **Remarks**	बाह्य प्रसरण, आउट-गैसिंग, कोन्टामिनेशन	उत्तम परावैद्युत सामर्थ्य	उच्च उष्मीय वाहकता, उपयोग में आसानी	सॉफ्ट मिश्र धातु – क्रायोजनिक में उपयोग, उपयोग में आसानी	क्युअरिंग के लिए अतिरिक्त तापमान , जोड़ने के लिए प्रायमर की आवश्यकता	स्वर्णलेपन के साथ संगतता, निम्न ऊष्मीय अंतरापृष्ठ अवरोध
उत्पादक **Manufacturer**	मैसर्स. इमरसन एवं कूमिंग	मैसर्स. पारकर एवं चोमेरीक्स	मैसर्स. एसजीएल टेक्नॉलॉजिस जीएमबीएच, जर्मनी	मैसर्स. इंडीयम कार्पोरेशन	मैसर्स. इपॉक्सी टेक्नोलॉजी इन्क, एमए	-----

आभार :

यह लेख लिखने की प्रेरणा एवं मार्गदर्शन के लिए हमारे केंद्र के निदेशक महोदय श्री किरणकुमार, उप निदेशक श्री डी. सुब्रमण्यम, ग्रुप प्रधान श्री एच.आर.कंसारा, हिंदी कक्ष के सभी सदस्यों एवं हमारे ग्रुप के सभी कर्मचारी गण के हम आभारी है ।

संदर्भ :

1. लीरॉय एस. फ्लेचर, "अ रिव्ह्यू ऑफ थर्मल एनहान्समेंट टेकनिक्स फॉर इलेक्ट्रॉनिक सिस्टम्स" , IEEE ट्रांजेक्शन्स ऑन कॉम्पोनेन्ट्स, हाइब्रिड्स, एन्ड मैन्युफैक्चरिंग टेक्नॉलॉजी, वॉल्युम 13, नं. 4, दिसंबर -1990 ।
2. जीगर गांधी, राजू निपाने, "उष्मीय प्रंबधन का नया आयाम-उच्च शक्ति प्रवर्धक के शीतन व्यवहारिक समाधान", हिंदी सेमिनार, सैक, जनवरी-2009 ।
3. फरहाद सरवार, डेविड एवं पॉल, "थर्मल इंटरफेस मटेरिअल्स-रिव्हयु ऑफ द स्टेट ऑफ द आर्ट", इलेक्ट्रॉनिक्स सिस्टम इन्टिग्रेशन टेक्नॉलॉजी कॉन्फ्रेंस, जर्मनी – 2006 ।
4. सी.वी. मधुसूदन, "थर्मल कॉन्टक्ट कंडकटंस ", स्प्रिंगर, न्यूयार्क, यूएसए, 1996 ।
5. जीगर गांधी, आनंद पाठक, "परफार्मन्स इँव्ल्युयेशन ऑफ थर्मल इंटरफेस मटेरिअल्स फॉर स्पेस एप्लीकेशन", इंटरनेशनल कॉन्फ्रेंस ऑन मैकेनिकल एन्ड एरोस्पेस इंजीनियरिंग (CMAE 2011), नई दिल्ली, मार्च 2011

।। समाप्त ।।

बाल ग्रिड व्यूह (BGA) संयोजन प्रक्रिया एवं उपग्रह इलेक्ट्रानिकी संविरचन में निर्माणकर्ताओं का सहयोग

दिनेश अग्रवाल, (ईएफपीडी), प्रियंका तिवारी और चंद्रकांत राज्यगुरु
अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र, अहमदाबाद

सारांश

माइक्रो इलेक्ट्रानिकी युक्तियों की उपग्रह इलेक्ट्रानिकी क्षेत्र में अपार संभावनाएं हैं। इस लेख में लेखक ने भू-आधारित परियोजनाओं हेतु आवश्यक इलेक्ट्रानिकी परिपथ हेतु बीजीए की सोल्डरिंग एवं उपग्रह इलेक्ट्रानिकी क्षेत्र में मुद्रित परिपथ अवयव संयोजन की आवश्यकताओं एवं निर्माणकर्ताओं के सहयोग का वर्णन किया है।

बाल ग्रिड व्यूह (BGA) संयोजन प्रक्रिया

उन्नत IC पैकेजेस के विकास के साथ माइक्रो इलेक्ट्रानिकी क्षेत्र में हुए विकास के कारण उपग्रहों की कार्यकुशलता में काफी बढोतरी हुई है और वजन एवं आयतन में कमी आई है। विश्व के प्रमुख अंतरिक्ष संस्थानों जैसे NASA, ESA की तर्ज पर सैक ने भी इलेक्ट्रानिकी संविरचन में माइक्रो इलेक्ट्रानिकी क्षेत्र की चुनौतियों हेतु स्वयं के साथ-साथ अपने निर्माता संविरचकों को भी तैयार किया है। माइक्रो इलेक्ट्रानिकी अवयवों को सोल्डर हेतु लेसर सोल्ड्रिंग, गर्म हवा (Hot air) एवं री-फ्लो तकनीक उपयोग में लाई जाती है। आजकल अंतरिक्ष प्रौद्योगिकी में माइक्रो डी प्रकार के युग्मकों का उपयोग भी चल रहा है।

लेसर री फ्लो स्पार्क 400 मशीन के द्वारा :- लेसर सोल्डरिंग (Laser Soldering)

- बीजीए संयोजन किया जा रहा है
- त्रिआयामी क्ष-किरण(x-ray) निरीक्षक तंत्र द्वारा सोल्डर जोड का निरीक्षण किया जायगा जिसमें जटिल एवं सूक्ष्म युक्तियों के प्रयोग होने को बढावा मिलेगा एवं उपग्रह के भार एवं क्षेत्र में कमी के साथ गुणवत्ता का एवं कार्यक्षमता को बढावा मिलेगा।
- लेसर द्वारा डी सोल्डर करना
- चिप ऑन बोर्ड तकनीक का विकास

वायर बोडिंग सिलिकॉन चिप एवं बाहरी लीड के बीच इलेक्ट्रिकल जोड़ की एक तकनीक होती है जिसमें अति सूक्ष्म तंतुओं, वायरों का प्रयोग किया जाता है।

एस रैम, पी रोम, एफपीजीए, फ्लैट पैक इत्यादि युक्तियों का प्रयोग उपग्रहों में बहुतायत से होने लगा है जिसके लिए हस्त एवं री-प्लो, गर्म हवा द्वारा सोल्डरिंग की विधि को योग्यता जाँच की कसौटी पर करने के पश्चात उपयोग में लाया जा रहा है।

लेसर सोल्डरिंग विधि द्वारा आवश्यकतानुसार इच्छित जगह पर उचित पैरामीटर को निर्धारित कर सतही आरोहित अवयवों की, युग्मकों की, लीड वाले अवयवों की सोल्डरिंग की जा सकती है। इस प्रक्रिया विधि की निर्माता की प्रयोगशाला एवं हमारी अपनी संस्था में भी योग्यता जाँच चल रही है। प्रक्रियाविधि द्वारा निर्धारित मापदंडों एवं योग्यता कसौटी जाँच पर खरे उतरने पर इसे अंतरिक्ष इलेक्ट्रॉनिकी के लिए उपयोग में लाया जाएगा। लेसर सोल्डरिंग विधि के अनेक फायदे हैं जिसमें इच्छित जगह पर सोल्डरिंग, प्रोफाइल का पूरा विवरण, उचित मात्रा में सोल्डर पेस्ट का प्रयोग इत्यादि है। लेसर सोल्डरिंग से सतही आरोही अवयव एवं लीड वाले थ्रू-होल अवयवों की सोल्डरिंग भी संभव है। संलग्न चित्रों में इस विधि के मुख्य बिंदु दर्शाए गए है।

लेसर आधारित ऊष्मा स्रोत प्रत्येक सोल्डर जोड के लिये सुनिश्चित तीव्रता प्राप्ति, आवश्यक स्थिति, दिशा के लिये प्रोग्रामित होते हैं। परिणामस्वरुप, केवल जोड ही ऊष्मा प्राप्त करते हैं सभी अवयव नहीं। यह

अवयवों और पीसीबी को अतितप्त नहीं करता है। इस तकनीक में 4 लेसर बीम उपलब्ध हैं यह पूर्ण सिंक्रोनाइजड, बहु प्रक्रिया तकनीक है जिससे परिशुद्ध संरेखण प्राप्त होता है।

थ्रु-होल लेसर तकनीक में सोल्डर हुए व समीपवर्ती अवयव के लिए थोडी सी दूरी भी पर्याप्त होती है जबकि वेव सोल्ड्रींग में अवयवों के बीच थोडी सी दुरी होने पर सेतु-बंध से बचाव के लिए मास्कींग आवश्यक है। सोल्ड्रींग प्रक्रिया शुरु करने से पहले बोर्ड के निचली सतह पर सोल्ड्रींग करने के लिए बोर्ड को घुमाने की जरूरत को समाप्त करता है।

बाल ग्रिड व्यूह (BGA) संयोजन प्रक्रिया निर्देश

1. बडे बाल ग्रिड व्यूह (>400 balls) और अधिक बडे बाल ग्रिड व्यूह की अच्छी समतलता रखनी चाहिये। बाल ग्रिड व्यूह के अन्तिम सिरों पर पीसीबी गहराई अवसरण (depth deviation) कम होना चाहिये।
2. बाल ग्रिड व्यूह के स्वतः आरोहण हेतु पीसीबी की स्थिति के अनुसार फिडिसियल चिन्हनीकरण की विकर्णीय कोनों पर आवश्यकता होती है। कम से कम दो विकर्णीय चिन्हनीकरण, कोनों के लिये आवश्यक होते हैं। फिडिसियल के द्वारा इससे बडे पेड्स बिना छिद्र/ट्रेक्स किये जा सकते हैं।
3. सरल परीक्षण और पुनः निर्माण के लिये अवयवों एवं बाल ग्रिड व्यूह के बीच दूरी 10mm रखनी चाहिये।
4. बडे अवयवों को बाल ग्रिड व्यूह के नजदीक रखने से बचना चाहिये।
5. बाल ग्रिड व्यूह बराबर दूरी और बाल ग्रिड व्यूह पेड्स के मध्य में रखना चाहिये।
6. बाल ग्रिड व्यूह पेड्स, बाल आकार से 25% छोटा होना चाहिये।
7. अच्छी समतलता के लिये सोल्डरयुक्त, विद्युतमुक्त (Electroless) निकल सोना य गर्म हवा का उचित माप होना चाहिये।
8. संवाहक में बोर्ड पर आरोहण के लिये बोर्ड के किन्हीं दो किनारों को 5mm रिक्त रखना चाहिये।
9. बडे बाल ग्रिड व्यूह के लिये पी सी बी की मोटाई 2.4mm रखनी चाहिये।
10. बाल ग्रिड व्यूह पेड्स को अलग-अलग रखने के लिये बाल ग्रिड पेड्स के नीचे सोल्डर मास्क अति आवश्यक है।
11. सोल्डर मास्क बाल ग्रिड व्यूह पेड्स पर अंशाच्छादित य आच्छादित नहीं होना चाहिये।
12. यांत्रिक प्रघात द्वारा लगने वाले अवयवों (CPCI Connectors) को बाल ग्रिड व्यूह से पहले लगाना चाहिये।
13. बाल ग्रिड व्यूह को सोल्डर मास्क के साथ छिद्रों द्वारा सोल्डर पतन से बचाना चाहिये।
14. बाल ग्रिड व्यूह को बोर्ड के किनारों से दूर रखनी की कोशिश करनी चाहिये। बडे बाल ग्रिड व्यूह के लिये बोर्ड का मध्य होना अच्छा स्तर है।
15. पीसीबी के मुख्य अवयव का उच्च तापीय वितरण Tg=170C~180C का होना चाहिये।
16. बाल ग्रिड व्यूह समूह में प्रत्येक बाल ग्रिड व्यूह के लिये अलग-अलग सप्लाई (Vcc) जम्पर रखना चाहिये। जिससे बाल ग्रिड व्यूह प्रत्येक का परीक्षण करने पर दूसरे बाल ग्रिड व्यूह का प्रभाव दिखायी न दे।
17. प्रत्येक बाल ग्रिड व्यूह के परीक्षण और प्रोग्राम्स (PROMS) के लिये प्रत्येक बाल ग्रिड व्यूह की जेटीएजी रेखाओं (JTAG lines) को जम्पर लिंक द्वारा अलग-अलग रखना चाहिये।
18. ग्राउण्ड/वीसीसी को तलाश करके ऊषीय विकार से बचाना चाहिये। संधियों को ड्राइ सोल्डर से बचाना चाहिये।
19. पीसीबी पर पावर पहुंचने का सन्केत के लिये SMD LED लगानी चाहिये।
20. आसान सोल्डर-डिसोल्डर अभिगम्यता के लिये निचली सतह पर (bottom place) पर डिकप्लिंग सेरामिक और टेन्टालुम केपेसिटर लगाने चाहिये।
21. पीसीबी अल्यूमीनियम फ्रेम पर आरोहित करना चाहिये एवं वारपेज (warpage) से बचना चाहिये।
22. यदि सम्भव हो, पीसीबी की समतलता गुणवत्ता को बढाने के लिये ऊष्मीय धातु परत का उपयोग करना चाहिये।

23. बाल ग्रिड व्यूह छिद्र के अलावा अन्य छिद्रों की सोल्डर भरकर कनैक्टीविटी सुरक्षित रखनी चाहिये।
24. पीसीबी सोल्डर मास्किंग के लिये हरे रंग को अन्य रंग जैसे- सफेद, लाल, पीला, आदि की अपेक्षा अधिक वरीयता देनी चाहिये।
25. पीसीबी निर्माता को सोल्डरिंग समाप्ति के पश्चात पीसीबी अलग-अलग निर्वात (vacuum) पैक में बन्द करना चाहिये।
26. बडे बाल ग्रिड व्यूह (>400 Balls) के लिये एक ही पीसीबी पर बहुत बाल ग्रिड व्यूह लगाने की अपेक्षा अलग पीसीबी प्रयोग करनी चाहिये। मौजुद निकटतम अवयव को तनावमुक्त रखकर, उत्पाद बढाने तथा पुन: निर्माण कम करने के लिये यह आवश्यक है।
27. बडे बाल ग्रिड व्यूह के लिये, पीसीबी का फोर्म फेक्टर वर्ग और आयताकार रखना चाहिये। अग्नितापन से बचना चाहिये।

उच्च उष्मीय संहति वाले मुद्रित परिपथ में अवयवों के संयोजन हेतु काफी प्रयोग करने के पश्चात बहु परत वाले पीसीबी में अवयवों को गुणवत्ता की कसौटी पर खरा उतरे ऐसा सोल्डर कर सकते हैं। इसके लिए इन्फ्रारेड हीटर एवं री-फ्लो सोल्डरिंग विधि का विकास किया है। बीजीए युक्ति को सोल्डर के लिए काफी बिंदुओं का ध्यान रखना होता है जिसमें पैटर्न के साथ मिलान, फ्लक्स व पेस्ट की मात्रा, विधि, गुणवत्ता जाँच इत्यादि। इसको सोल्डर करने के लिए निर्माता सुविधा केंद्र का उपयोग किया गया।

(1) बीजीए XC4VS X 55, 1148 संख्या वाली बाल ग्रीड युक्ति एवं CPGA – TS 86101426 को 10 परत वाले पीसीबी पर सोल्डरिंग हेतु – X बैंड सार प्रोजेक्ट के लिए DUAL DACS उपतंत्र हेतु सर्वप्रथम Base PCB को एवं device को Bake करते हैं जिसका IR तापमान 380° C एवं समय 115 Sec के लिए। इसके पश्चात युक्ति एवं मुद्रित परिपथ को क्ष-किरण निरीक्षण तंत्र द्वारा सावधानी से निरीक्षण किया जाता है। इसके पश्चात No Clean Flux 339T Cookson India द्वारा पेस्ट युक्ति को सीधा मिलान करने के पश्चात प्री हीट तापमान 190° सेल्सियस, 50 सेकन्ड के लिए एवं 100 सेकन्ड हेतु 360° पर सोल्डिंग की गई पश्चात् 25°c पर लाकर 50 सेकेंड तक ठंडा किया गया। फिर क्ष-किरण निरीक्षण तंत्र द्वारा बिंबन प्राप्त किए। इसमें सबसे महत्वपूर्ण यह है कि इस विधि को निर्माता की प्रयोगशाला में किया गया एवं अपने भू-आधारित परियोजनाओं हेतु गुणवत्ता की दृष्टि से उच्च कोटि का पाया। माईक्रो इलेक्ट्रॉनिकी अवयवों का संयोजन काफी चुनौतीपूर्ण होता है।

रिफ्लो सोल्डरिंग (Reflow Soldering)

सिद्धांत – जब दो हिस्सों को जोड़ना होता है और अंतरिम संबंध में लाया जाता है तो सोल्डर की मात्रा बीच में रख दी जाती है। सोल्डर के गलनांक से ऊपर के तापमान पर सोल्डर पिघल कर धात्विक सतह को गीला करता है। जब तापमान ठंडा होता है तब सोल्डर दृढ होकर जम जाता है और जोड़ का निर्माण करता है।
अधिक तापमान से अवयव को नुकसान होने की संभावना बनी रहती है इसलिए रिफ्लों के दौरान प्रीहीटींग की ऊष्मा/तापमान को सावधानीपूर्वक नियंत्रित किया जाता है और अवयव ऊष्मीय झटकों के प्रति संवेदित होते हैं और अधिक तापमान फैलने से नुकसान हो सकता है। संयोजन की ऊष्मीय साम्यवस्था विचिलत हो सकती है। जल्दी से बढ़ते तापमान के कारण जिससे छोटे अवयव द्रवित तापमान या निर्धारित तापमान पर जल्दी से पहुँच जाते हैं बनिस्बत बड़े अवयव के। इसके कारण पिघला हुआ सोल्डर प्रमुखतः अवयव लीड़ को गीला करता है और लीड़ के समानान्तर फैलता है और जोड से दूर जाता है इसे Wicking या कमजोरी घटना कहते हैं जो कि मुख्यतः J प्रकार की लीड़ में होता है। प्रीहीटिंग उचित फलक्स क्रियान्वयन के लिए भी जरूरी होती है।

उच्च-विश्वसनीय प्रदायभार का संविरचन एवं संयोजन स्वच्छ वातावरण में प्रमाणित तकनीकों द्वारा ही किया गया है। मूल क्षमताओं में विकास के सतत प्रयासों के अलावा हमें केन्द्रीय महत्व के प्रौद्योगिकियों में आत्मनिर्भरता के दायरे को भी विस्तृत करना होगा।

रीफ्लो सोल्डरिंग के लाभ/हानि

(1) विभिन्न आकार / प्रकार के SMD हेतु सोल्डरिंग हेतु उचित।
(2) तापीय वितरण Thermal gradient को आसानी से नियंत्रित कर सकते हैं।
(3) अवयवों की ज्यामितीय (geometry) पर निर्भर नहीं।
- हानिः- काफी अधिक मात्रा में ज्यादा राशि का निवेश, नए उपकरण और विधि लीड वाले अवयवों के लिए अधिक मुश्किल।

उपग्रह इलेक्ट्रानिकी निर्माण आवश्यकताएं (Payload fabrications requirements)

उच्च विश्वसनीयता इलेक्ट्रानिकी हार्डवेयर निर्माण एवं संयोजन की विभिन्न विधियाँ आवश्यक रूप से वायुमंडलीय, जैविक एवं रासायनिक संदूषण रहित वातावरण में स्वच्छ रूम (Clean Room) में होती है। हवा, वातावरण से उत्पन्न प्रदूषण से आसानी से मुक्त नहीं हुआ जा सकता। निम्न कारणों से यह अंतरिक्ष इलेक्ट्रानिकी संविरचन के लिए अति आवश्यक है।

(1) संदूषण, संदूषित कण (परिपथ में) मुद्रित परिपथ में टांका लगाते वक्त (सोल्डरिंग करते समय) अतःस्थापित हो सकता है जो अंतरिक्ष में परिपथ कार्यप्रणाली विफलता का कारण बन सकता है।
(2) विधिवत स्वच्छता का स्तर उचित रूप से नहीं बनाए रखा गया तथा अधिकतम संचालक कणों से मुद्रित परिपथ के 2 चालकों के बीच लघुपथन या विद्युत रिसाव हो सकता है।
(3) इपोक्सी को लगाते समय संदूषित कण अतःस्थापित न हो इसलिए स्वच्छ रूम उचित श्रेणी/स्तर का होना आवश्यक है।
स्वच्छता के अतिरिक्त विशेष श्रेणी/स्तर का तापमान, आद्रता व दाब पैरामीटर नियंत्रण भी अति आवश्यक है। यह पैरामीटर अवयव, साधन घटकों की जीवन समयावधि एवं गुणवत्ता पर दुष्प्रभाव न पडे एवं मानव शरीर के लिए भी अनुकूल हो, इसका ध्यान रखा जाता है।

सामान्यतः 22° से. ± 3° से. तापमान, आद्रता 55 ± 5% सापेक्षिक आर्द्रता रखी जाती है। स्वच्छ रूम में कर्मचारियों के आने जाने के लिए दरवाजों की आवश्यकता होती है अतः स्वच्छ रूम के अन्दर का दाब बाहर की हवा के दाब से 0.10" पानी के स्तर के बराबर ज्यादा रखते हैं जिससे प्रवेश द्वार खोलने पर बाहर की संदूषित हवा अन्दर न जाने पाए।

सामान्यतः अंतरिक्ष इलेक्ट्रानिकी हार्डवेयर संविरचन के लिए क्लास 10 के स्तर से लेकर क्लास 1,00,000 स्तर/श्रेणी के स्वच्छ रूम की आवश्यकता होती है। स्वच्छ रूम मिश्रित प्रवाह या रैखिक प्रवाह (ऊर्ध्व प्रवाह एवं क्षितिज प्रवाह) के प्रकार होते हैं, जिनके अपने फायदे व नुकसान है। इसमें उच्च क्षमतावान संदूषित हवा छन्नी (High Efficiency Particulate Air) जिसकी जो 0.3 माइक्रॉन से अधिक आकार के संदूषित कणों से रहित हवा को फिल्टर से गुजारने की करीबन 99.99% क्षमता होती है। कण गणक (Particle counter) को स्वच्छ रूम के परिवीक्षण, विनियमन के लिए संरक्षित किया गया है। जिससे कणों की संख्या का प्रति घन फूट में पता लगाया जाता है अतः शुद्ध माप के लिए सुनिश्चित नियंत्रण की आवश्यकता होती है। स्वच्छ रूम का फर्श सामान्यतः प्लास्टिक पदार्थ का होता है। सुचालक विनाईल टाइल्स का प्रयोग किया जाता है जो कि स्थिर वैद्युतिकी आवेश को विसर्जन के लिए रास्ता (Path) मुहैया कराता है।

स्थिर विद्युत विभव एवं सावधानियाँ (ESD & Precautions)

सबसे महत्वपूर्ण तकनीकी ध्यान यह रखना होता है कि स्थिर विद्युत विसर्जन के बारे में ज्ञान एवं प्रशिक्षण वास्तव में विद्युतीय व इलेक्ट्रानिकी संयोजन स्थिर विद्युतीय विभव के प्रति संवेदी होता है जिसमें सूक्ष्म इलेक्ट्रानिकी एकीकृत परिपथ, अर्धचालक फिल्म अवरोधक, मोटी व पतली फिल्म वाली युक्तियाँ विद्युतीय क्रिस्टल इत्यादि प्रमुख है।

एकीकृत परिपथ कई परिपथों से मिलकर बना होता है और इसकी कार्य करने की गति व उपयोग गेट आक्साइड (Gate Oxide) की परत व अन्तर को जोड़ने वाली लाईनों की मोटाई में कमी कर विद्युत उपयोग कमी एवं कार्य करने की गति बढ़ाई जा सकती है। अतः स्थिर विद्युत नियंत्रण की महत्ता समझ में आती है। कार्य करने वाला व्यक्ति/आदमी 30,000 वोल्ट्स का स्थिर विद्युत विभव उत्पन्न कर सकता है। अतः स्थिर विद्युत नियंत्रण न केवल साधन की सुरक्षा के लिए हैं परन्तु प्रचालक/आपरेटर की सुरक्षा के लिए भी है। जो लोग अंतरिक्ष इलेक्ट्रानिकी हार्डवेयर के निर्माण, परीक्षण इत्यादि के कार्य में लगे होते हैं उन्हें इस संबंद्ध में प्रशिक्षण अति अनिवार्य है, एवं सभी साधनों को संभालते समय उचित कलाई पट्टी पहनना अनिवार्य कर दिया जाता है। सभी उपकरण, कार्य जगह, सोल्डरिंग तंत्र उचित रूप से भूसंपर्कित (Grounded) होने चाहिए।

निर्माणकर्ता आवश्यकताएँ:

वास्तव में किसी भी निर्माता को अन्तरिक्ष में उपयोगी उच्च विश्वसनीयता संविरचन एवं संयोजन करने लायक स्तर पर लाने के लिए सर्वप्रथम उसके निर्माणकेन्द्र का अवलोकन कर कई तकनीकी बातों का मूल्यांकन किया जाता है जैसे कि

1) निर्माता की तकनीकी क्षमता
2) उसके पास तकनीकी दक्ष मानव संख्या (संविरचन/निरीक्षक)
3) उपयोग में आने वाले औजार एवं उपकरण
4) उद्योग की अपनी गुणवत्ता प्रणाली
5) क्या वह ISO प्रमाणित है
6) वित्तीय संसाधन एवं निवेश क्षमता
7) इसरो के कार्यक्रम या योजना में भाग लेने की दृढ़ इच्छा शक्ति
8) हमारे कार्यालय से निर्माता के सुविधा केन्द्र की दूरी
9) सुरक्षा के व्यापक प्रबंध, कुशलता
10) निर्माणकर्ता का अंतरिक्ष पुर्जों के निर्माण में अनुभव

विभिन्न निर्माताओं को हमारे अंतरिक्ष कार्यक्रमों के उद्देश्य के लिए विकसित करना एक समयबद्ध और लम्बा कार्य है। निर्माणकर्ताओं के प्रशिक्षित एवं प्रमाणित गुणवत्ता निरीक्षक एवं संविरचक को अवयवों की प्राथमिक जाँच हेतु निवेदन किया जाता है एवं गुणवत्ता से संबंधित सभी आवश्यक छोटी-छोटी तकनीकी बारिकियों को भी ध्यान में रखा जाता है। (जिसमें मुद्रित परिपथ बोर्ड, सक्रिय एवं निष्क्रिय अवयवों, संबंधक को भी बारीकी से जाँचा, परखा जाता है)।

उदाहरण के लिए 8DS0026 एकीकृत परिपथ जो कि रिसोर्ससेट-2 (Resourcesat) रीपीट उपग्रह के लिस (नीतभार) पेलोड़ में उपयोग में आती है, की पिन असामान्य रूप से मुड़ी हुई पाई गई। जाँच पड़ताल के पश्चात पाया गया कि इस युक्ति को IRS एवं VHRR के काफी पुराने स्टाक से उपयोग में लाया गया है एवं वर्तमान में National Semiconductor ने इसका उत्पादन बंद कर दिया है अतः हम सभी को विशेष सावधानी एवं गुणवत्ता मापदंड का पालन करते हुए उपयोग में लाना है। कई मौको पर एकीकृत परिपथ में सूक्ष्म छिद्र एवं वात छिद्र भी अवलोकित किए गए हैं जिसके निराकरण (Pin hole) वात छिद्र (Blow hole) हेतु संबंधित विशेषज्ञों के साथ चर्चा कर आगे कार्य हेतु अनुमति एवं हल ढूंढा जाता है। अर्थात, मुद्रित परिपथ बोर्ड में अवयव की सोल्डरिंग के समय, सभी पहलुओं का ध्यान रखना अति आवश्यक होता है।

उच्च विश्वसनीयता मुद्रित परिपथ संयोजन में बाहरी निर्माणकर्ताओं को यह विशेष सलाह एवं आजादी दी जाती है कि संयोजन के पूर्व अवयव एवं विभिन्न पुर्जो की जाँच सावधानी से की जाय। जैसे कि कुछ केसों में यह पाया गया कि कुछ स्वीकृत मुद्रित परिपथ, अवयवों में क्षति थी जो कि स्वीकृत नहीं होती है और सावधानी रखने से उच्च विश्वसनीयता को प्राप्त किया जाता है।

अर्थात् निर्माणकर्ता संविरचक, गुणवत्ता निरीक्षक, की तत्परता, उनका सहकार एवं सभी के साथ उच्च स्तर का सामंजस्य अति आवश्यक है। यह गौरव की बात है कि आज बाहरी निर्माणकर्ताओं के सहयोग से हम अति सूक्ष्म युक्तियों का उपयोग करते हुए विभिन्न उपग्रहों के विभिन्न उपतंत्रों के निर्माण हेतु निर्भर रह सकते हैं। वह दिन दूर नहीं जब देश के औद्योगिक घराने उपग्रह तंत्र का पूरी तरह निर्माण कर पाएंगें एवं अंतरिक्ष अनुसंधान संगठन से जुडे रहने में गौरवान्वित महसूस करेंगे।

चिप-आन बोर्ड तकनीक (Chip on Board)

आज के युग में जब लागत कीमत पर प्रतिस्पर्धा होती है अंतरिक्ष उपयोगी इलेक्ट्रानिक कलपुर्जो के निर्माण में सूक्ष्म से सूक्ष्मतरंग हार्डवेयर की अभिकल्पना व निर्माण, छोटे उपग्रहों के निर्माण में सहायक होता है जिसमें प्रक्षेपण कीमत में कमी आती है।

सूक्ष्मतर इलेक्ट्रानिक हार्डवेयर के लिए आवश्यक होता है अतिघनत्व वाली इलेक्ट्रानिक पैकेजिंग, डाय स्टैकिंग तकनीक चिप-आन बोर्ड तकनीक, त्रिआयामी डाय स्टैकिंग तकनीक को अब उपभोक्ता और संगणक इलेक्ट्रानिक उपयोग में बहुतायत से किया जा रहा है जहाँ विश्वसनीयता बहुत ज्यादा जटिल नहीं होती है। इन सभी तकनीकों का विस्तार उपग्रह इलेक्ट्रानिक हार्डवेयर में उपयोग उपग्रहों के आकार को छोटा करने में सहायक होगा। चिप-आन बोर्ड तकनीक में महत्वपूर्ण पहलू है बेअर डाई का एवं बोर्ड अवलेपन पदार्थ का यह अवलेपन संविरचन, परीक्षण एकीकरण, समाकलन और उडान के दौरान सुरक्षा कवच का कार्य करती है।

- बेअर डाई का सबस्ट्रेट ढांचे पर आरोहण
- डाई का चालक, कुचालक इपोक्सी द्वारा यांत्रिक स्थापन
- सबस्ट्रेट पर वायर बोन्डिंग उपयोग कर डाय को विद्युतीय विधि से जोड़ना
- डाई को अवलेपन द्वारा संपुटित करना

जीसैट-5 श्रृंखला के दौरान प्रथम बार MMIC तकनीकी का उपयोग शुरू हुआ। सूक्ष्मतरंग समाकलन परिपथ, माप एवं वजन में काफी फायदे देती है। किंतु अखंड सूक्ष्मतरंग समाकलन परिपथ का कार्यान्वयन एवं संयोजन एक चुनौती है।

उपसंहार (Conclusion)

नीतभार इलेक्ट्रानिकी निर्माण संयोजन में माइक्रो इलेक्ट्रानिकी युक्तियों का संयोजन एवं निरीक्षण चुनौतीपूर्ण कार्य है। लेसर सोल्डरींग तकनीक, रीफ्लो सोल्डरींग तकनीक इत्यादि के उपयोग से उच्च विश्वसनीयता सोल्डर जोड़ बनाए जा सकते हैं। आज सेक SAC में प्रमाणित (Certified) उद्योगों की सहायता से हम वर्ष में 500 मुद्रित परिपथों का ऑनबोर्ड हेतु एन 500 PCBs का भूस्थल परियोजनाओं हेतु संयोजन कर सकते हैं जो कि लगभग 4-5 उपग्रहों के लिए आवश्यक होते हैं। आवश्यकता इस बात की है कि उचित रूप से योजनाबद्ध योजनाओं का विस्तृत विवरण हो, परियोजनाओं हेतु आवश्यक अवयवों व कलपुर्जों का भंडार हो एवं समयबद्ध सीमा से हम अपने उद्देश्यों को पूरा कर पाने में सक्षम होगें। भविष्य में इस क्षेत्र में अपार संभावनाएं हैं और इसरो में भी इस दिशा में काफी प्रगति हुई है।

संदर्भ (Reference)

लीड वाले एवं सूक्ष्म अंतराल सतही आरोहित अवयव संयोजित मुद्रित परिपथ योग्यता जांच

आभार

लेखकगण समूह निदेशक, इएफएमजी, उपनिदेशक, इएसएसए, मूल्यांकन समिति एवं हिन्दी सदन का आभारी है।

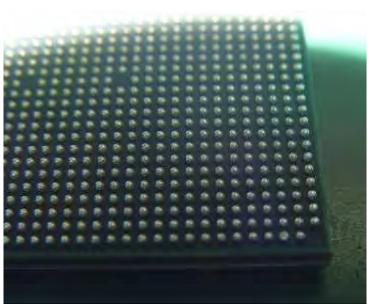
चित्र 1

स्पार्क **Spark-400**

चित्र 2

सूक्ष्म पिच एवं एसएमडी घटकोः स्पार्क-400 के लिए चयनित लेसर एसेंबली प्रणाली
Selective Laser Assembly System for Fine Pitch & SMD Components:: Spark-400

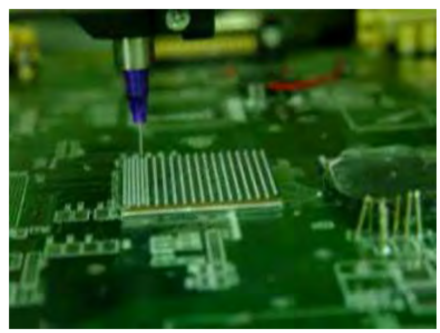
चित्र 3



चित्र 4

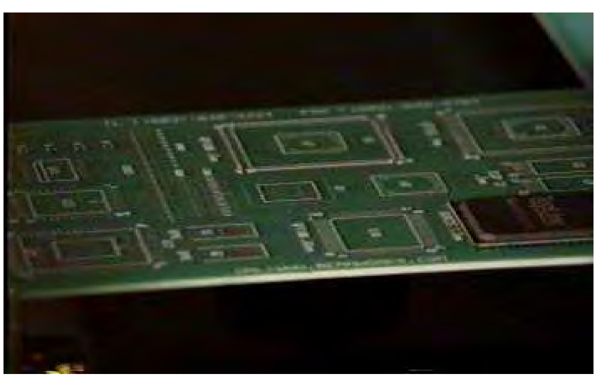
एसएमडी पेसिव वायरिंग
(SMD Passive Wiring)

चित्र 5



सोल्डर पेस्ट डिस्पेन्सिंग
Solder paste dispensing

चित्र 6

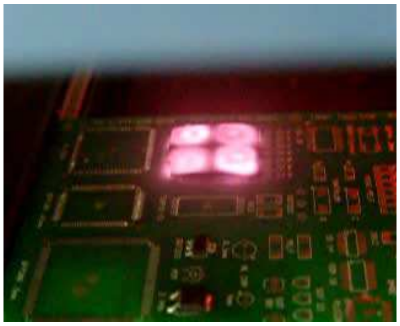


सोल्डर पेस्ट डिस्पेन्सिंग (Solder Paste Dispensing)

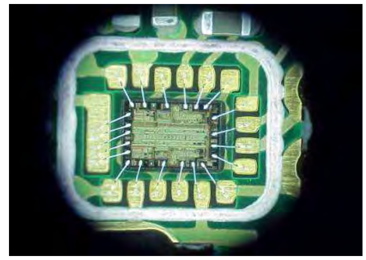
चित्र 7

सीक्यूएफपी CQFP208 सोल्डरिंगSoldering

चित्र 8



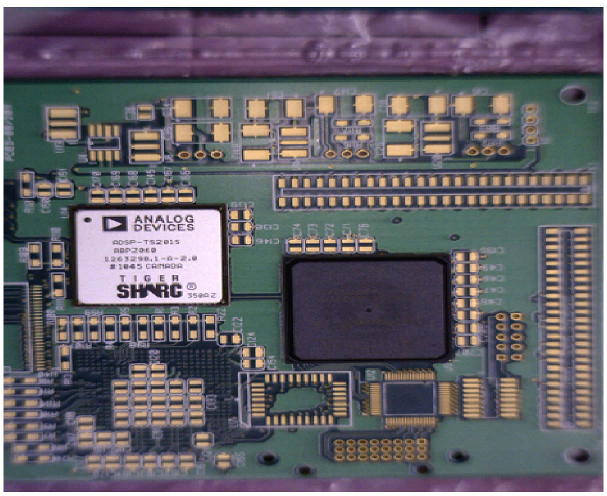
लेजर रिफ्लो (LASER REFLOW)



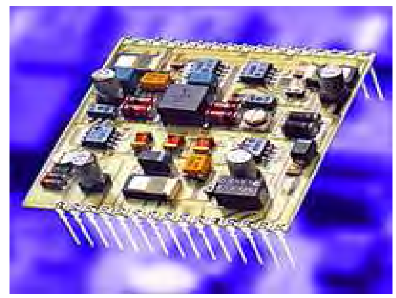
चिप ऑन बोर्ड COB

चित्र 9

चित्र 10 A, 10B

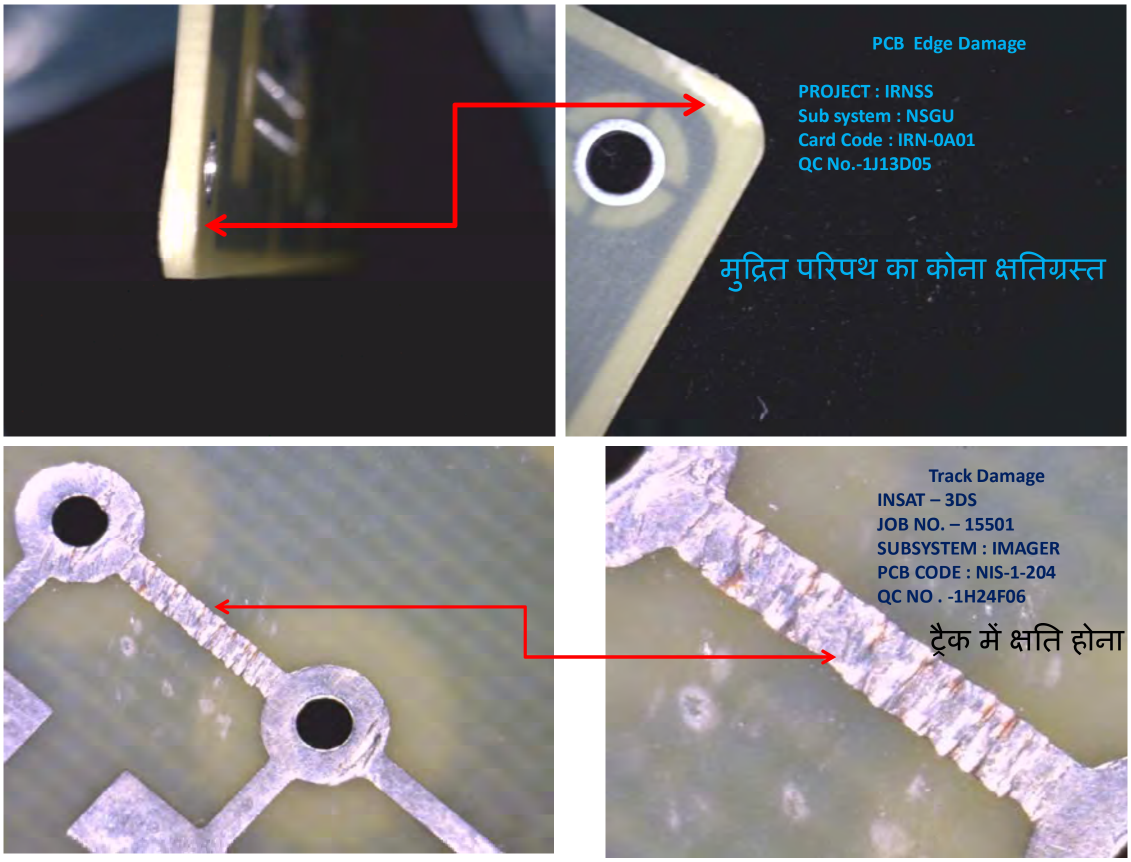


बाल ग्रिड व्यूह (BGA) संयोजन



संकीकृत परिपथ (HMC)

चित्र 11


PCB Edge Damage
PROJECT : IRNSS
Sub system : NSGU
Card Code : IRN-0A01
QC No.-1J13D05
मुद्रित परिपथ का कोना क्षतिग्रस्त
Track Damage
INSAT – 3DS
JOB NO. – 15501
SUBSYSTEM : IMAGER
PCB CODE : NIS-1-204
QC NO . -1H24F06
ट्रैक में क्षति होना

|| समाप्त ||

बहु परत रोधन (MLI) और विकिरक (Radiator) पर निम्न पृथ्वी कक्षा (Low Earth Orbit) अंतरिक्षयान के अलग-अलग फलकों में व्यवहार

प्रशांत दास, विभांषु मालपानी
इंजीनियर, एस. टी. ए. डी. / एस. टी. ए. जी. / एम. ई. एस. ए., दुरभाष : 3933
अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र (इसरो), अहमदाबाद

सार (Abstract):

एक अंतरिक्षयान में विभिन्न गर्मी प्रवाह और गहरे अंतरिक्ष द्वारा गर्मी भार और तापमान का अध्ययन किया है। अंतरिक्षयान के अलग-अलग फलकों में विकिरक से गर्मी हटाने का अध्ययन किया जाया है।

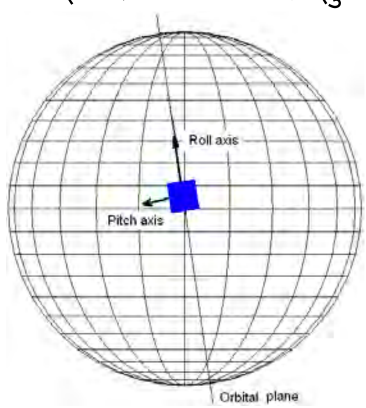
परिचय (Introduction):

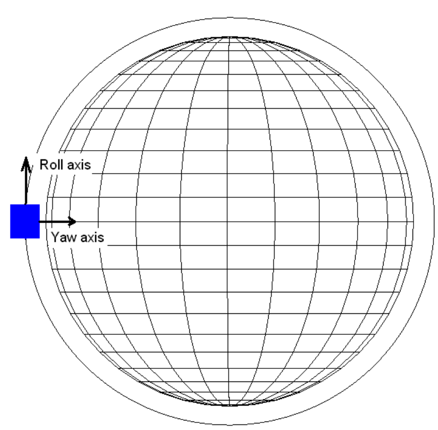
एक अंतरिक्षयान निम्न या उच्च कक्षा में कठोर परिवेश से संपर्क होता है। यह गहरे अंतरिक्ष को देखता है जिसका तापमान शून्य केल्विन (Kelvin) के पास है। विभिन्न गर्मी प्रवाह सौर प्रवाह, ग्रह IR प्रवाह और अल्बेदो के रूप में एक अंतरिक्षयान द्वारा अनुभव करते हैं। कक्षीय गर्मी भार समय और स्थिति के साथ बदलते रहेते हैं। गर्मी भार में बदलाव अंतरिक्षयान के अंदर इलेक्ट्रॉनिक उपकरणों का बदलते तापमान अवांछनीय है। इन गर्मी भार से बचाने के लिए एक अंतरिक्षयान को बहु परत रोधन (MLI) कंबल आदि से ढका जता है।

एक अंतरिक्षयान में एक या एक से अधिक पेलोड रहेते हैं। इन पेलोडो को संचालित करने के लिए विद्युत शक्ति की आवश्यकता होती है। विद्युत शक्ति सौर सेल में उत्पन्न करती हैं और बैटरी में संग्रहीत करती हैं। जब पेलोड काम करता है अंतरिक्षयान के भीतर गर्मी की बड़ी राशि उत्पन्न होता है। इन गर्मी को पेलोड से हटा दिया जाना चाहिए अन्यथा पेलोड और इसके उपतंत्र तापमान में वृद्धि होगी और खुद को नुकसान होगा। अंतरिक्ष यान से इन गर्मी निकालने के लिए कुछ क्षेत्रों से थर्मल इन्सुलेशन निकाला जाता है और विकिरक के माध्यम से गर्मी बहिर्वाह करते है। आम तौर पर इन विकिरक को पिच अक्ष पैनल में रखा जाता है जहा सौर गर्मी प्रवाह न्यूनतम होता है। इन विकिरक के माध्यम से कक्षीय गर्मी भार भी प्रवेश कर सकती हैं। इसीलिए विकिरक को इस तरह के स्थान में रखा जाता है जहा कक्षीय गर्मी भार कम से कम हो। इस लेख में कक्षीय गर्मी भार निम्न पृथ्वी कक्षा कै और अंतरिक्षयान के विभिन्न फलक से गर्मी हटाने का अध्ययन किया जाता है।

कक्षा और अंतरिक्षयान (Orbit and Spacecraft):

निम्न पृथ्वी परिपत्र ध्रुवीय सन सिंक्रोनस (Low earth circular polar sun syncronous) कक्षा की 720 किमी ऊंचाई और 98.24 डिग्री कक्षा झुकाव माना गया है।





चित्र- 1 कक्षा अक्ष

सौर दिशा जून संक्रांति जो सामान्य रूप से एक गर्म हालत है लिया जाता है। कक्षा की अवधि 5949 सेकंड है। सौर गर्मी प्रवाह 1323.64 WW/mm^2। ग्रह IR गर्मी प्रवाह 237.04 WW/mm^2 है और अल्बेदो 0.306 है। अंतरिक्षयान को एक $1m^3$ का एक घन के रूप में लिया जाता है। सभी छह फलक तापीय पृथक माना गया है अर्थात् से हर फलक पर लोड की वजह से तापमान दूसरे को प्रभावित नहीं करेगा। सतह थर्मो-ऑप्टिकल गुण विभिन्न अध्ययनों के लिए परिभाषित किया गया है। प्रत्येक फलक की बड़े पैमाने पर 100 किलो के रूप में माना जाता है। हर फलक पर अपव्यय भी 100 वाट के रूप में माना जाता है।

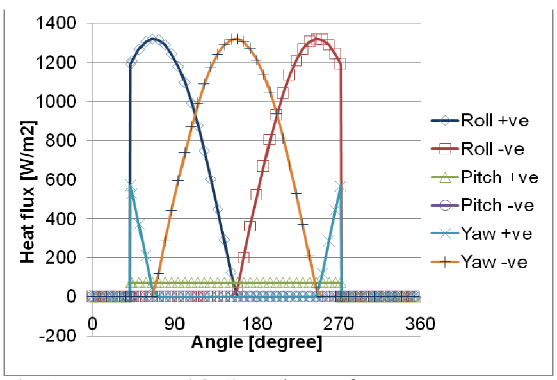
सामग्री थर्मो-ऑप्टिकल गुण (Material thermo-optical properties):

तालिका-1 सामग्री थर्मो-ऑप्टिकल गुण

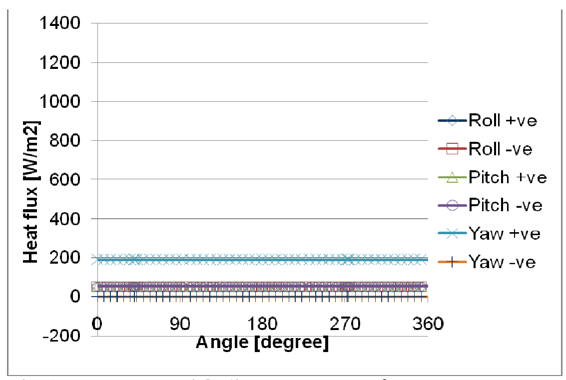
Material सामग्री	Emissivity	Absorptivity अवशोषकता
MLI (15-layers)	0.7	0.45
ऑप्टिकल सौर प्रतिक्षेपक (OSR EOL condition)	0.79	0.21

अंतरिक्ष यान के विभिन्न फलक पर कक्षीय गर्मी भार (Orbital heat loads on different faces of Spacecraft):

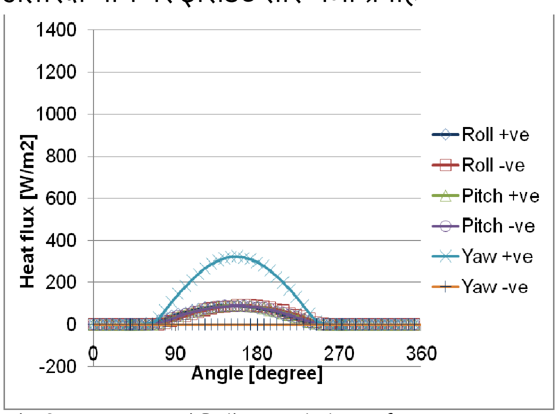
अंतरिक्षयान के 6 फलक होते है। दो रोल अक्ष पर, दो यव (yaw) अक्ष पर और दो पिच अक्ष पर। चित्र2 अंतरिक्षयान के छह फलक पर इंसिडेंट गर्मी प्रवाह दिखाया गया है। चित्र3 और चित्र4 में बहु परत रोधन (MLI) और ऑप्टिकल सौर प्रतिक्षेपक (OSR) गुण क्रम के लिए छह फलक पर अवशोषित गर्मी प्रवाह दिखाया गया है।



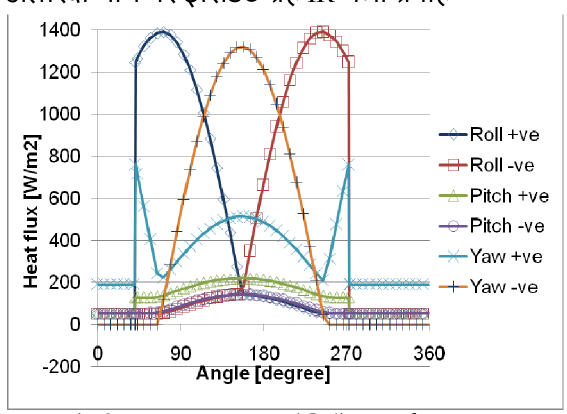
अंतरिक्ष यान पर इंसिडेंट सौर गर्मी प्रवाह



अंतरिक्ष यान पर इंसिडेंट ग्रह IR गर्मी प्रवाह

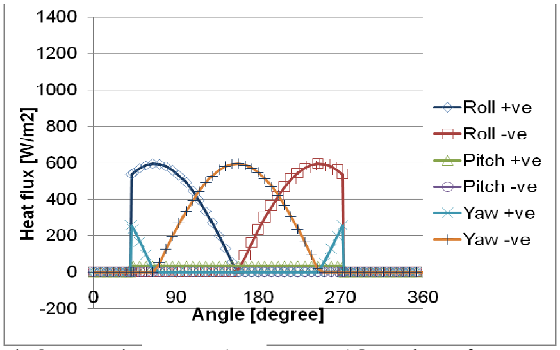


अंतरिक्ष यान पर इंसिडेंट अल्बेदो गर्मी प्रवाह

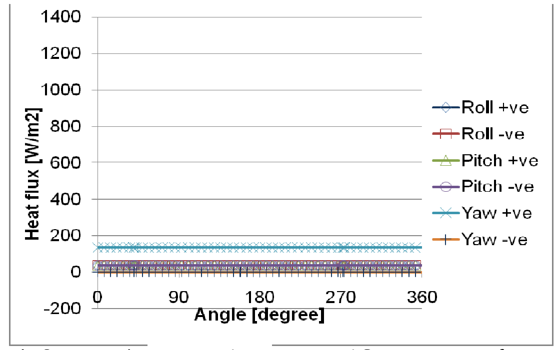


अंतरिक्ष यान पर कुल इंसिडेंट गर्मी प्रवाह

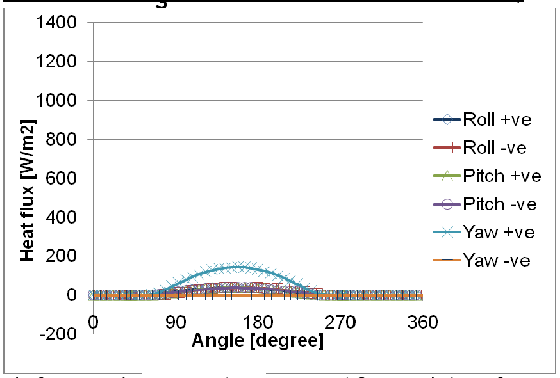
चित्र2 अंतरिक्ष यान पर इंसिडेंट गर्मी प्रवाह



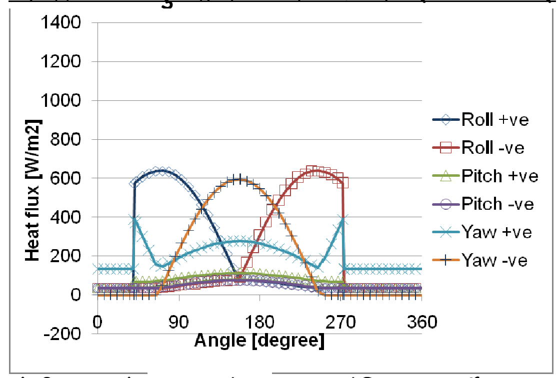
अंतरिक्ष यान के बहु परत रोधन पर अवशोषित सौर गर्मी प्रवाह



अंतरिक्ष यान के बहु परत रोधन पर अवशोषित ग्रह IR गर्मी प्रवाह

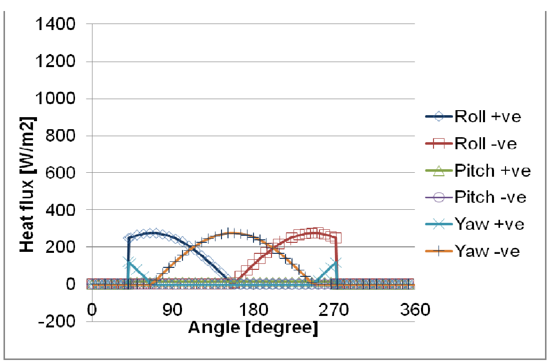


अंतरिक्ष यान के बहु परत रोधन पर अवशोषित अल्बेदो गर्मी प्रवाह

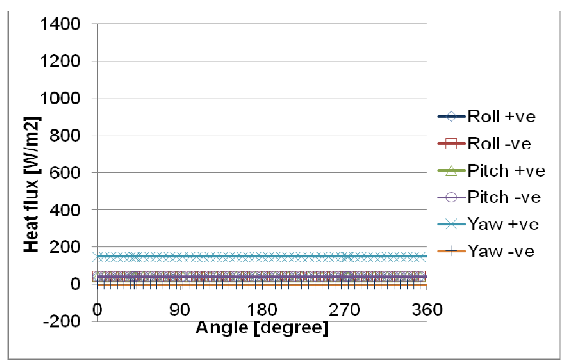


अंतरिक्ष यान के बहु परत रोधन पर अवशोषित कुल गर्मी प्रवाह

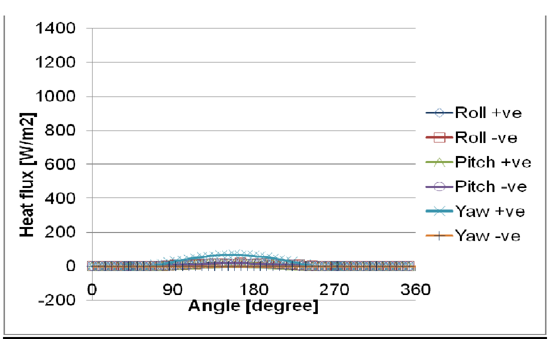
चित्र3 अंतरिक्ष यान के बहु परत रोधन पर अवशोषित गर्मी प्रवाह



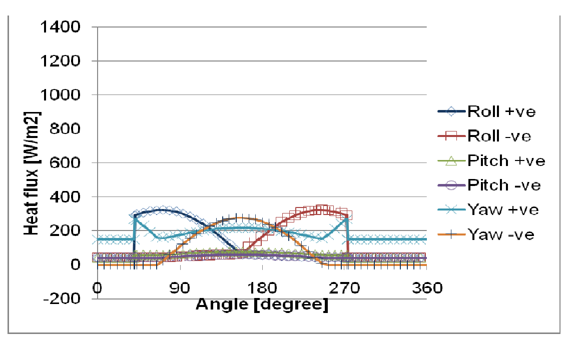
अंतरिक्ष यान के ऑप्टिकल सौर प्रतिक्षेपक पर अवशोषित सौर गर्मी प्रवाह



अंतरिक्ष यान के ऑप्टिकल सौर प्रतिक्षेपक पर अवशोषित ग्रह IR गर्मी प्रवाह



अंतरिक्ष यान के ऑप्टिकल सौर प्रतिक्षेपक पर अवशोषित अल्बेदो गर्मी प्रवाह



अंतरिक्ष यान के ऑप्टिकल सौर प्रतिक्षेपक पर अवशोषित कुल गर्मी प्रवाह

चित्र4 अंतरिक्ष यान के ऑप्टिकल सौर प्रतिक्षेपक पर अवशोषित गर्मी प्रवाह

चित्र 2 से पता चलता है कि अंतरिक्ष यान पर इंसिडेंट सौर गर्मी प्रवाह ग्रह IR और अल्बेदो गर्मी प्रवाह की तुलना में अधिकतम है। समय औसत इंसिडेंट गर्मी प्रवाह अंतरिक्ष यान के प्रत्येक फलक पर तालिका 2 में दिया गया है।

तालिका 2 अंतरिक्ष यान के प्रत्येक फलक पर समय औसत इंसिडेंट गर्मी प्रवाह

फलक	सौर गर्मी प्रवाह [W/m^2]	ग्रह IR गर्मी प्रवाह [W/m^2]	अल्बेदो गर्मी प्रवाह [W/m^2]	कुल गर्मी प्रवाह [W/m^2]
Roll +ve	8.71	2.64	0.57	11.91
Roll –ve	7.30	2.64	0.57	10.50
Pitch +ve	1.21	2.64	0.57	4.42
Pitch –ve	0	2.64	0.56	3.19
Yaw +ve	2.86	9.28	1.99	14.14
Yaw -ve	8.11	0	0	8.11

चित्र3 में अवशोषित गर्मी प्रवाह बहु परत रोधन (MLI) गुण क्रम के लिए दिखाया जाता है। अंतरिक्ष यान के प्रत्येक फलक पर बहु परत रोधन गुण क्रम गुण के लिए समय औसत अवशोषित गर्मी प्रवाह तालिका 3 में दिया गया है।

तालिका 3 अंतरिक्ष यान के बहु परत रोधन (MLI) गुण क्रम के लिए प्रत्येक फलक पर समय औसत अवशोषित गर्मी प्रवाह

फलक	सौर गर्मी प्रवाह [W/m^2]	ग्रह IR गर्मी प्रवाह [W/m^2]	अल्बेदो गर्मी प्रवाह [W/m^2]	कुल गर्मी प्रवाह [W/m^2]
Roll +ve	3.92	1.84	0.25	6.02
Roll –ve	3.29	1.84	0.25	5.38
Pitch +ve	0.55	1.84	0.26	2.65
Pitch –ve	0	1.84	0.25	2.09
Yaw +ve	1.29	6.50	0.90	8.68
Yaw -ve	3.65	0	0	3.65

चित्र4 में अवशोषित गर्मी प्रवाह ऑप्टिकल सौर प्रतिक्षेपक (OSR) गुण क्रम के लिए दिखाया जाता है। अंतरिक्ष यान के प्रत्येक फलक पर ऑप्टिकल सौर प्रतिक्षेपक गुण क्रम गुण के लिए समय औसत अवशोषित गर्मी प्रवाह तालिका 4 में दिया गया है।

तालिका 4 अंतरिक्ष यान के ऑप्टिकल सौर प्रतिक्षेपक (OSR) गुण क्रम के लिए प्रत्येक फलक पर समय औसत अवशोषित गर्मी प्रवाह

फलक	सौर गर्मी प्रवाह [W/m^2]	ग्रह IR गर्मी प्रवाह [W/m^2]	अल्बेदो गर्मी प्रवाह [W/m^2]	कुल गर्मी प्रवाह [W/m^2]
Roll +ve	1.83	2.08	0.12	4.03
Roll –ve	1.53	2.08	0.12	3.73
Pitch +ve	0.25	2.08	0.12	2.46
Pitch –ve	0	2.08	0.12	2.20
Yaw +ve	0.60	7.33	0.42	8.35
Yaw -ve	1.70	0	0	1.70

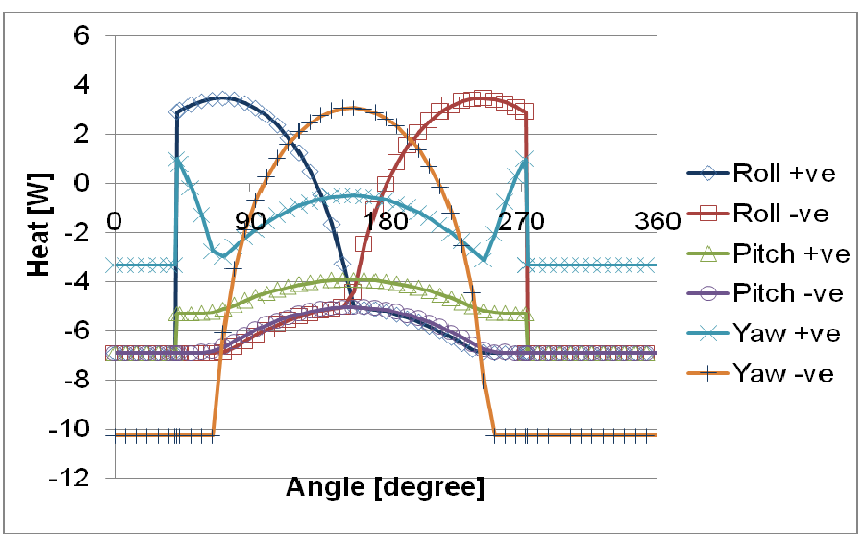
समय औसत इंसिडेंट कुल गर्मी प्रवाह और बहु परत रोधन (MLI) और ऑप्टिकल सौर प्रतिक्षेपक (OSR) गुण क्रम के लिए समय औसत अवशोषित गर्मी प्रवाह की तुलना तालिका 5 में दिया जाता है।

तालिका 5 समय औसत इंसिडेंट कुल गर्मी प्रवाह और बहु परत रोधन और ऑप्टिकल सौर प्रतिक्षेपक गुण क्रम के लिए समय औसत अवशोषित गर्मी प्रवाह की तुलना

फलक	इंसिडेंट गर्मी प्रवाह [W/m^2]	बहु परत रोधन पर अवशोषित गर्मी प्रवाह [W/m^2]	ऑप्टिकल सौर प्रतिक्षेपक पर अवशोषित गर्मी प्रवाह [W/m^2]	टिप्पणी
Roll +ve	11.91	6.02	4.03	बहु परत रोधन पर अधिक अवशोषण
Roll –ve	10.50	5.38	3.73	बहु परत रोधन पर अधिक अवशोषण
Pitch +ve	4.42	2.65	2.46	सौर गर्मी प्रवाह घटक के रूप में कम है
Pitch –ve	3.19	2.09	2.20	सौर गर्मी प्रवाह घटक के रूप में कम है
Yaw +ve	14.14	8.68	8.35	ग्रह IR गर्मी प्रवाह बड़ी है
Yaw -ve	8.11	3.65	1.70	IR गर्मी प्रवाह अनुपस्थित है

बहु परत रोधन के माध्यम से गर्मी प्रवाह (Heat flow through MLI):

अंतरिक्ष यान के उप प्रणाली के वांछनीय तापमान सामान्य में 25°C हैं। ऊपर परिभाषित अंतरिक्ष यान 25°C के तापमान को बनाए रखने से कक्षीय गर्मी भार और गहरे अंतरिक्ष (तापमान -269°C या 4 K) के साथ परस्पर गर्मी प्रवाह करेंगे। चूंकि यह अवांछनीय और समय के साथ बदलती हैं आम तौर पर एक अंतरिक्ष यान के ऊपर बहु परत रोधन से आवरण किया जाता है। अंतरिक्ष यान के इंसिडेंट कक्षीय गर्मी भार और बहु परत रोधन प्रतिरोध के जानकारी से बहु परत रोधन के माध्यम से गर्मी प्रवाह की गणना किया गया है। चित्र5 में बहु परत रोधन से अंतरिक्षयान में गर्मी प्रवाह के बदलाव दिखाया गया है। अंतरिक्ष यान में बहु परत रोधन से समय औसत गर्मी प्रवाह तालिका 6 में दिया गया है। हम तालिका 6 में देख सकते हैं कि अंतरिक्ष यान के बहु परत रोधन से समय औसत गर्मी भार सभी फलक से गहरे अंतरिक्ष में जाता है भले ही कक्षीय गर्मी भार अंतरिक्ष यान के फलक पर आता है। एक कक्षीय गर्मी भार के रूपांतरों के कारण गर्मी भार कुछ समय अंतरिक्षयान के रोल और यव (yaw) अक्ष के फलक के अन्दर प्रवाह है। लेकिन पिच अक्ष के मामले में हमेशा अंतरिक्ष यान फलक के बाहर गर्मी प्रवाह है। क्योंकि पिच अक्ष के फलक पर न्यूनतम / तिरछा सौर गर्मी प्रवाह को देखता है।



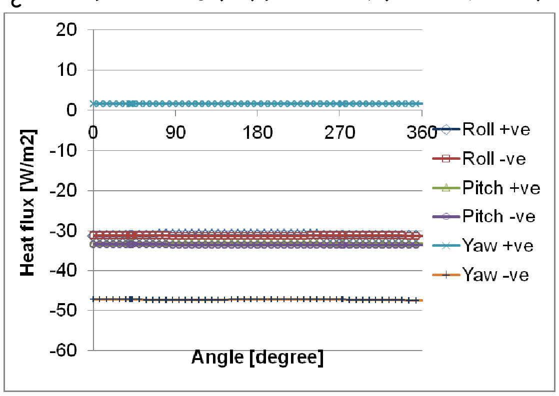
चित्र5 बहु परत रोधन के माध्यम से अंतरिक्ष यान के अलग- अलग फलकों में शुद्ध गर्मी प्रवाह

तालिका 6 बहु परत रोधन के माध्यम से अंतरिक्ष यान के अलग- अलग फलकों में समय औसत शुद्ध गर्मी प्रवाह

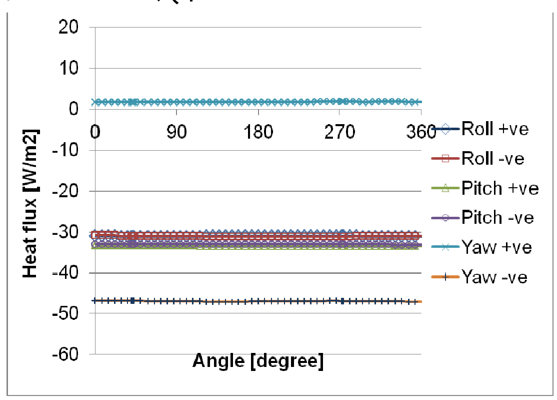
अंतरिक्ष यान फलक	बहु परत रोधन के माध्यम से अंतरिक्ष यान में समय औसत गर्मी प्रवाह [W]		
	एक कक्षा में न्यूनतम	एक कक्षा में अधिकतम	एक कक्षा में औसत
Roll +ve	-6.88	3.46	-3.75
Roll –ve	-6.88	3.46	-3.92
Pitch +ve	-6.88	-3.90	-5.39
Pitch –ve	-6.88	-5.03	-6.26
Yaw +ve	-3.33	0.99	-2.01
Yaw -ve	-10.28	3.07	-5.03

ऑप्टिकल सौर प्रतिक्षेपक गुण के लिए तापमान
(Temperature for OSR thermo-optical properties)

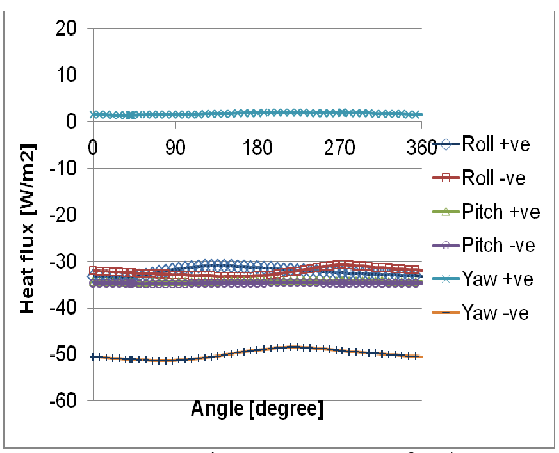
हमने देखा है कि ध्रुवीय सूर्य समकालिक कक्षा में अंतरिक्ष यान के भीतर का तापमान 25°C बनाए रखने से गर्मी भार अंतरिक्ष यान बाहर जा रहा है। लेकिन यह गर्मी प्रवाह बहु परत रोधन से अंतरिक्ष यान पर 1000 वाट के गर्मी भार (disspation) कौ संभालने के लिए पर्याप्त नहीं है। इतनी बड़ी गर्मी बाहर निकालने के लिए ऑप्टिकल सौर प्रतिक्षेपक गुण के रेडिएटर होने की जरूरत है। यहाँ, हम देखेंगे रेडिएटर का व्यवहार निम्न पृथ्वी कक्षा में जब अंतरिक्ष यान के प्रत्येक फलक पर 100 वाट गर्मी भार है।



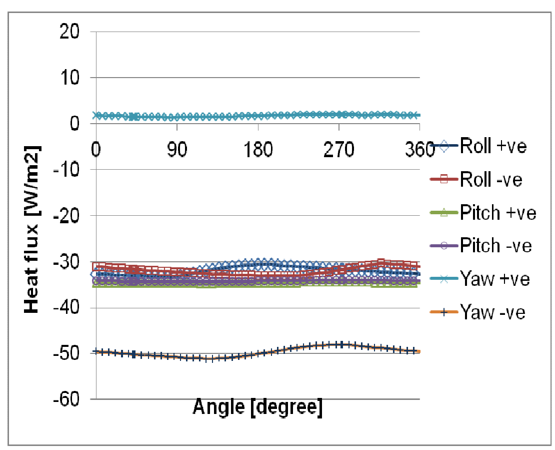
ग्रीष्मकालीन अयनांत - 100 वाट - 100 किलो / फलक



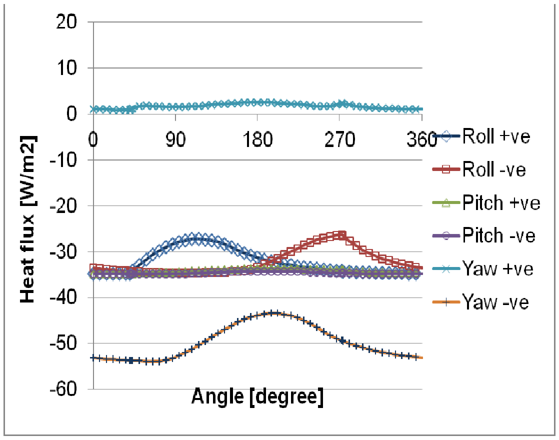
शीतकालीन अयनांत - 100 वाट - 100 किलो / फलक



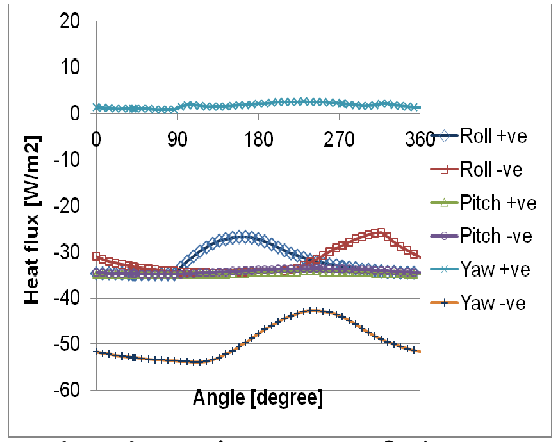
ग्रीष्मकालीन अयनांत - 100 वाट - 10 किलो / फलक



शीतकालीन अयनांत - 100 वाट - 10 किलो / फलक



ग्रीष्मकालीन अयनांत - 100 वाट - 2 किलो / फलक



शीतकालीन अयनांत - 100 वाट - 2 किलो / फलक

चित्र6 अंतरिक्ष यान में ऑप्टिकल सौर प्रतिक्षेपक गुण के लिए तापमान में बदलाव।

तालिका 7 अंतरिक्ष यान में ऑप्टिकल सौर प्रतिक्षेपक गुण के लिए हर फलक पर 100 वाट गर्मी लंपटता के साथ तापमान में बदलाव।

प्राचल			Roll +ve	Roll -ve	Pitch +ve	Pitch -ve	Yaw +ve	Yaw -ve
ग्रीष्मकालीन अयनांत 100 वाट	100 kg/ फलक	अधिकतम	-31.04	-31.05	-33.03	-33.40	1.72	-47.04
		न्यूनतम	-31.35	-31.29	-33.20	-33.58	1.65	-47.38
		परिवर्तन	**0.31**	**0.24**	**0.17**	**0.18**	**0.07**	**0.34**
	10 kg / फलक	अधिकतम	-30.93	-30.60	-34.09	-34.57	1.96	-48.45
		न्यूनतम	-33.44	-33.21	-34.44	-34.76	1.38	-51.29
		परिवर्तन	**2.51**	**2.61**	**0.35**	**0.19**	**0.59**	**2.84**
	2 kg / फलक	अधिकतम	-27.26	-26.28	-33.68	-34.29	2.47	-43.44
		न्यूनतम	-34.86	-34.64	-34.84	-34.90	0.92	-53.89
		परिवर्तन	**7.60**	**8.36**	**1.16**	**0.61**	**1.54**	**10.45**
शीतकालीन अयनांत 100 वाट	100 kg/ फलक	अधिकतम	-30.89	-30.83	-33.38	-32.98	1.77	-46.72
		न्यूनतम	-31.14	-31.15	-33.56	-33.15	1.70	-47.06
		परिवर्तन	**0.25**	**0.32**	**0.18**	**0.17**	**0.07**	**0.34**
	10 kg / फलक	अधिकतम	-30.67	-30.36	-34.55	-34.03	2.03	-48.06
		न्यूनतम	-33.35	-33.10	-34.75	-34.41	1.41	-51.09
		परिवर्तन	**2.68**	**2.74**	**0.20**	**0.38**	**0.62**	**3.03**
	2 kg / फलक	अधिकतम	-26.77	-25.77	-34.25	-33.60	2.57	-42.74
		न्यूनतम	-34.86	-34.63	-34.90	-34.84	0.92	-53.85
		परिवर्तन	**8.09**	**8.86**	**0.65**	**1.24**	**1.65**	**11.11**

तालिका 8 अंतरिक्ष यान में ऑप्टिकल सौर प्रतिक्षेपक गुण के लिए हर फलक पर गर्मी भार में बदलाव के साथ तापमान में बदलाव।

हर फलक पर गर्मी भार [W]	औसत कक्षीय तापमान [°C]					
	Roll +ve	Roll -ve	Pitch +ve	Pitch -ve	Yaw +ve	Yaw -ve
100	-31.01	-31.01	-33.48	-33.07	1.74	-46.92
200	0.92	0.93	-0.86	-0.56	25.60	-10.39
300	24.96	24.97	23.57	23.80	44.88	16.24
400	44.34	44.35	43.20	43.39	61.17	37.19
500	60.71	60.72	59.73	59.89	75.38	54.60

निष्कर्ष (Conclusions):

$1m^2$ की सतह क्षेत्र और 100 वाट के गर्मी लंपटता के लिए अंतरिक्ष यान के प्रत्येक फलक पर ऑप्टिकल सौर प्रतिक्षेपक गुण के लिए कक्षीय तापमान का बदलाव -54°C से +2°C हैं।

यव (yaw) +ve अक्ष फलक पर विभिन्न द्रव्यमान के लिए अधिकतम तापमान लगभग 2°C हैं। कक्षीय तापमान मैं बदलाव भी 2°C के नीचे हैं। इसका कारन यह है की यह फलक पर सौर प्रवाह कम है। यह फलक कम गर्मी भार का अपव्यय के लिए रेडिएटर के रूप मैं उपयोग dकिया जा सकता है।

यव (yaw) -ve अक्ष फलक पर न्यूनतम तापमान के साथ अधिकतम कक्षीय तापमान मैं बदलाव दिखा गया है। यह फलक पर कोई ग्रह IR और अल्बेदो गर्मी भार नहीं है। ग्रह IR और अल्बेदो गर्मी भार के अभाव रेडिएटर का तापमान न्यूनतम है। सौर प्रवाह के कारन अधिकतम कक्षीय तापमान मैं बदलाव दिखा गया है।

दोनों ग्रीष्मकालीन और शीतकालीन अयनांत के लिए रोल अक्ष के दोनों फलक का तापमान लगभग -30°C है। इन फलकों के द्रव्यमान कम होने पर अधिक कक्षीय तापमान में बदलाव दिखा गया है। इन फलकों में सौर गर्मी प्रवाह के साथ ग्रह IR और अल्बेदो गर्मी भार उपस्थित है। ग्रह IR और अल्बेदो गर्मी भार की उपस्थिति मैं रेडिएटर का तापमान यव (yaw) -ve अक्ष फलक से कम है।

दोनों ग्रीष्मकालीन और शीतकालीन अयनांत के लिए पिच अक्ष के दोनों फलक का तापमान लगभग -33°C है। पिच अक्ष के फलक पर सौर गर्मी प्रवाह झुकाव में है जिसके कारन से अवशोषित सौर गर्मी प्रवाह कम है। इस कारन से इन चेहेरो का तापमान रोल अक्ष के दोनों चेहेरो के तापमान से कम है। रेडिएटर के कम द्रव्यमान के साथ भी भिन्नरूपों तापमान अपेक्षाकृत कम हैं।

हर फलक की गर्मी लंपटता बढ़ाने से रेडिएटर के तापमान भी बढ़ रही हैं। 25°C से नीचे तापमान को बनाए रखने पर 300 वाट गर्मी लंपटता रोल और पिच अक्ष के $1m^2$ की सतह क्षेत्र से बहार निकला जा सकता है। यव (yaw) +ve अक्ष फलक 200 वाट तक और यव (yaw) -ve अक्ष फलक 350 वाट तक गर्मी लंपटता बहार निकल सकते है। यदि अपव्यय इनसे ज्यादा है तो अंतरिक्ष यान के रेडिएटर फलक के आयाम को बढ़ाई जानी हैं।

रेडिएटर के द्रव्यमान तापमान में एक महत्वपूर्ण भूमिका है। उच्च द्रव्यमान के लिए तापमान में भिन्नरूपों कम हैं। यदि रेडिएटर को उच्च द्रव्यमान प्रदान की जाती है तो कक्षीय तापमान में भिन्नरूपों न्यूनतम होगा। उच्च द्रव्यमान के लिए अंतरिक्ष यान के संरचनाओं और उप प्रणालियों के साथ अच्छा थर्मल युग्मन देने के द्वारा प्रदान किया जा सकता है।

आभार (Acknowledgement):

हम, ग्रुप प्रबन्धक एस. टी. ए. जी. एवं सहयोगियों के अत्यन्त आभारी है, जिन्होने हमे यह लेख लिखने के लिए प्रेरित किया। हम हिन्दी कक्ष के सभी सदस्यो के भी आभारी है जिनकी मदद से यह लेख पूरा हो सका है।

संदर्भ (Reference):

1. आईडियस टी.एम.जी. मेलुएल - सिमेंन्स
2. सेटेलाईट थारमेल कनट्रोल हेंडबुक 2002 - डेविड जी. गिलमोर

।। समाप्त ।।

चंद्रयान-II के इलेक्ट्रानिक पैकेज का संरचनात्मक और तापीय विश्लेषण

संदीप र. सोमाणी / वी.एस.जगदीश
संरचनात्मक और तापीय विश्लेषण विभाग
अंतरिक्ष उपयोग केन्द्र-इसरो - अहमदाबाद
दूरभाष: 079-26913947/3932

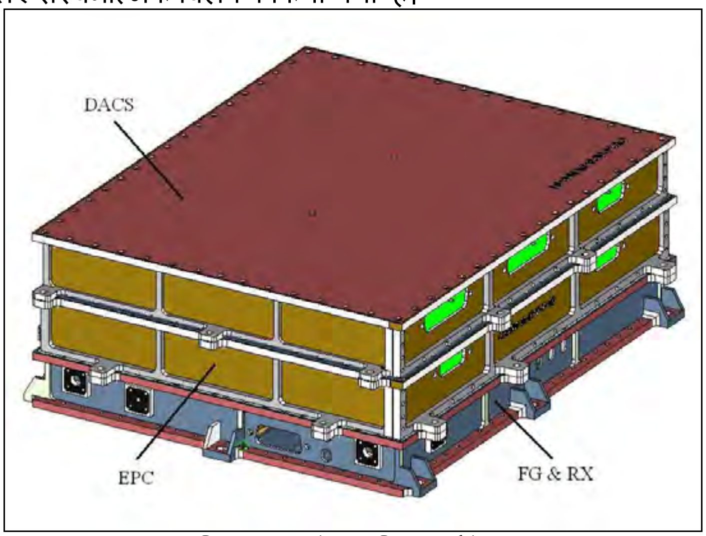
सारांश :

चंद्रयान-2 मिशन के अंतर्गत सार नीतभार से संबंधित बेक-एंड इलेक्ट्रानिक पैकेज का विकास करने के लिए संवंधित तापीय और संरचनात्मक विश्लेषण किया गया है। सार नीतभार मे इस पैकेज का उपयोग L-बैंड और S-बैंड के लिए किया गया है। इस पेकेज मे कुल तीन ट्रे इस प्रकार से है। 1. कंपन जनित्र एवं अभिग्राही (Frequency Generator and Receiver) 2. इलेक्ट्रानिक ऊर्जा प्रतिबंधित्र (Electornic power conditioner) 3. आँकडे अधिग्रहण एवं नियंत्रण तंत्र (Digital Data Acquisition & Control System)।

इस लेख मे इलेक्ट्रानिक्स पैकेज, के लिए किए गए संरचनात्मक और तापीय विश्लेषण का परिणाम विस्तृत रूप से प्रस्तुत किया गया है।

परिचय:

चंद्रयान-2 मिशन के इलेक्ट्रानिक्स प्रणाली मे कुल 3 ट्रे है (चित्र-1)। सभी ट्रे के अंदर मुद्रित परिपथ फलक (पीसीबी) के ऊपर मैक्रो-इलेक्ट्रानिक घटकों को स्थिर किया जाता है। तीनों ट्रे, एक के ऊपर एक रखकर चटखनीयों के साथ स्थिर किया गया है। सभी पीसीबी के ऊपर विभीन्ऩ मैक्रो-इलेक्ट्रानिक घटकों और संबंधकों को निर्धारित स्थानों पर स्थिर किया गया है। EPC, उपग्रह बस से मिले मूल विद्युत शक्ति को विविध घटकों के आपेक्षित निर्धारित वोल्टता (28-42 V) मे परिवर्तन करते है। कंपन जांच परीक्षण मे इलेक्ट्रानिक्स पैकेज का घटकों की सुरक्षा के लिए संरचनात्मक विश्लेषण किया गया है।



चित्र-1 : इलेक्ट्रानिक्स पैकेज

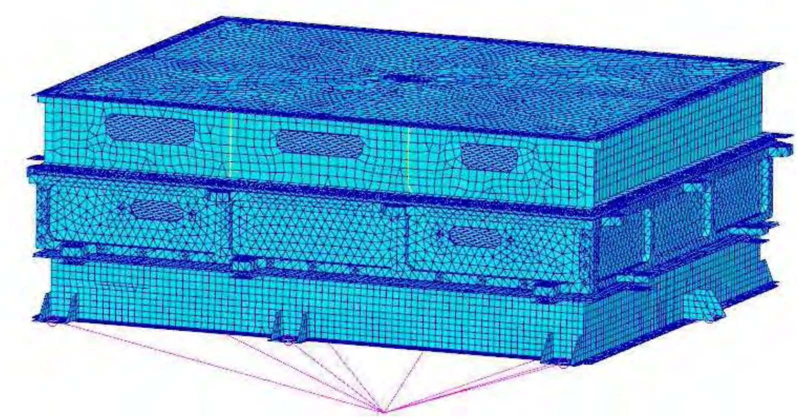
पदार्थों के यांत्रिक गुणधर्म : (एल्युमिनियम 6061-T6)

यंग मापक	-	7000 कि.ग्रा / मि.मि^2
घनत्व	-	2.7 ग्रा / घन से.मी
poission's ratio	-	0.33
रैखीय प्रसार गुणांक (α)	-	23.0E-6 डि.सेंग्रे

संरचनात्मक विश्लेषण के लिए अक्षीय नामांकन पद्धति (AXIS DEFINITION):

इस पत्र मे निम्न तरीके का नामांकन पद्धति उपयोग किया गया है। (चित्र-2)

1. X-अक्ष स्थिरीकरण लग समांतर दिशा
2. Y-अक्ष स्थिरीकरण अभिलंब दिशा
3. Z-अक्ष स्थिरीकरण तिर्यक दिशा



चित्र-2 - इलेक्ट्रानिक पैकेज - परिमिति अवयव निदर्श

संरचनात्मक विश्लेषण (STRUCTURAL ANALYSIS) :

उपयुक्त अभिकल्पना को प्राप्त करने के लिए परिमिति अवयव विधि विश्लेषण (Finite element Analysis) के द्वारा विभिन्न अभिकल्पनाओं का विश्लेषण MSc Nastran सॉफ्टवेर के द्वारा किया गया है। अभिकल्पना के पूर्ण निदर्श मे लगभग 12875 अवयवों, 12822 निर्नति बिन्दुओं (grid points) , 294 बहुबिन्दु-व्यवरोध अवयवों का उपयोग किया गया है। विविध प्रकार के अभिकल्पना से उपयुक्त दुर्नम्यता(stiffness) को प्राप्त किया गया है।

मुख्य उप कोडांतरणों का द्रव्यमान सन्निकटन मूल्य तक निम्न सारणि (तालिका - 1) मे दिखाया गया है।

तालिका-1 घटकों का द्रव्यमान

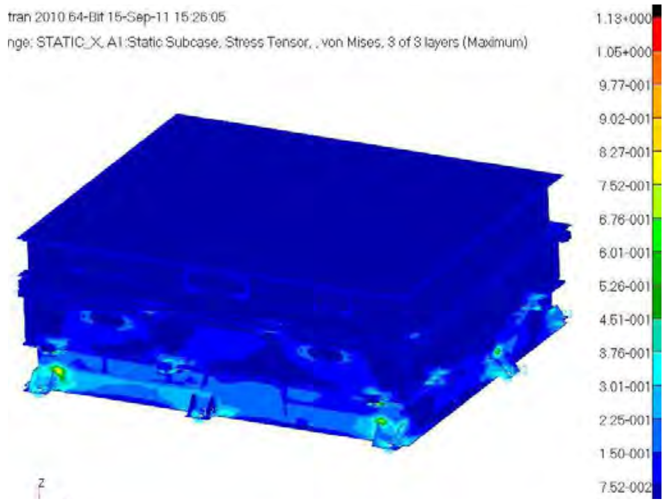
घटक	कि.ग्रा
1. कंपन जनित्र एवं अभिग्राही	1.509
2. इलेक्ट्रानिक ऊर्जा प्रतिबंधित्र	0.833
3. आँकडे अधिग्रहण एवं नियंत्रण तंत्र	0.741
कुल द्रव्यमान (3-ट्रे पूर्ण कोडांतरण)	3.08 कि.ग्रा

स्थैतिक विश्लेषण : (STATIC ANALYSIS):

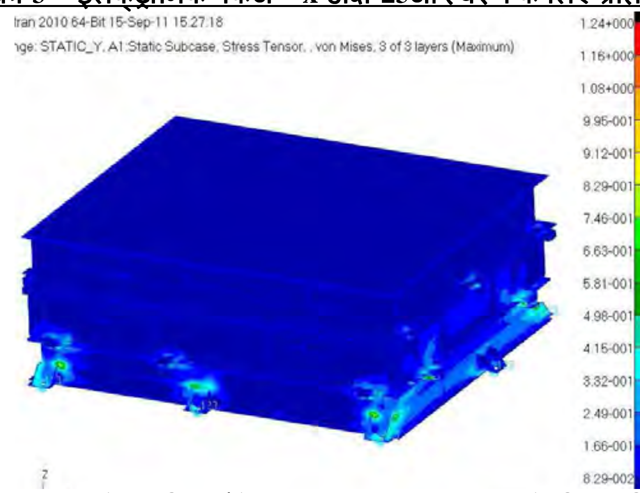
इस विश्लेषण मे चंद्रयान-II के बेक-एंड इलेक्ट्रानिक पैकेज (Backend Electronics Package) कोडांतरण को डी.ए.सी.एस-ट्रे के द्वारा भू-दर्शन पट्टिका के ऊपर 8 निर्धारित आधार स्थानों पर स्थिर किया गया है। प्रत्येक अक्ष मे `जी` त्वरण भार के लिए विश्लेषण किया गया है। नीचे तालिका-2 मे प्रतिबल का विविध परीणामों के आकडे निम्न सारणि (तालिका-2) मे दिखाए गए है।

तालिका-2 प्रतिबल

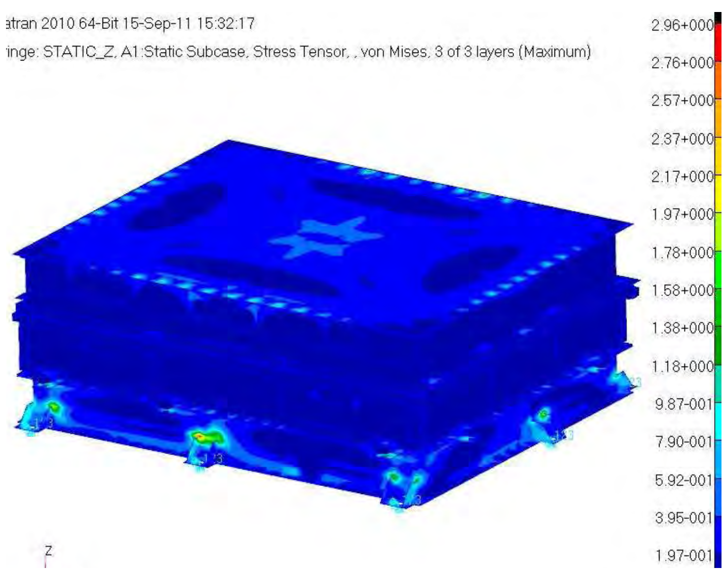
क्र.सं	त्वरण (जी) (X/Y/Z - अक्ष)	प्रतिबल (कि.ग्रा/मि.मि^2)
1.	25/0/0	1.13 (स्थिरीकरण क्षेत्र) (चित्र-3)
2.	0/25/0	1.24 (स्थिरीकरण क्षेत्र) (चित्र-4)
3.	0/0/25	2.96 (स्थिरीकरण क्षेत्र) (चित्र-5)



चित्र-3 - इलेक्ट्रानिक पैकेज - x-अक्ष-25जी त्वरण के लिए प्रतिबल



चित्र-4 : - इलेक्ट्रानिक पैकेज - Y-अक्ष-25जी त्वरण के लिए प्रतिबल



चित्र-5 : - इलेक्ट्रानिक पैकेज - Z-अक्ष-25जी त्वरण के लिए प्रतिबल

प्राकृतिक आवृत्ति आकलन :(NATURAL FREQUENCY ESTIMATES) :

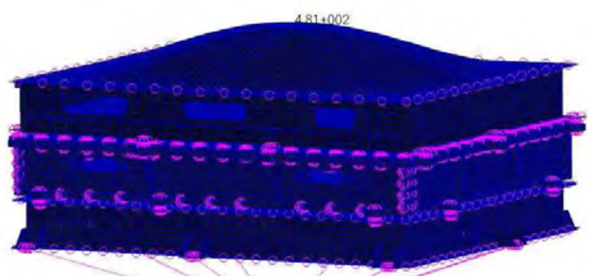
संरचनात्मक विश्लेषण मे आवृत्ति आकलन की मुख्य भूमिका है। अनु-कोडांतरण (sub-assemblies) की अभिकल्पना के लिए, और कोडांतरण का संरचनात्मक व्यवहार जानने के लिए भी आवृत्ति आकलन करना जरूरी है। पैकेज की 3-ट्रे के परिमिति अवयव निदर्शो का आधार ट्रे के साथ समाकलित (integrate) करके युग्मित भार विश्लेषण (Coupled Load Analysis) किया गया है। इस से इष्टतमीकृत अभिकल्पना की प्राकृतिक आवृत्ति और विविध उप कोडांतरणों के साथ अनुनाद को कम कर सकते है। (यह प्राकृतिक आवृत्तियाँ नीचे चित्र-6,7 मे दिखाई गई है।)

इस प्राकृतिक आवृत्ति आकलन के द्वारा कंपन जांच परीक्षण मे त्वरणमापीयों को स्थिर करने की सही जगह प्राप्त कर सकते है। तालिका-3 मे प्राकृतिक आवृत्तियों को दिखाया गया है।

तालिका-3 प्राकृतिक आवृत्ति

विधा आकृति क्र.सं (Mode Shape No.)	प्राकृतिक आवृत्ति (हेट्र्ज)	विधा आकृति (Mode Shape)
1	193	मुद्रित परिपथ बोर्ड आकृति (p c b mode) (चित्र-6)
2	205	शीर्ष-आच्छादन आकृति (चित्र-7)
3	384	शीर्ष-आच्छादन आकृति

चित्र-6 विधा आकृति = 193 हेट्र्ज



चित्र-7 विधा आकृति = 205 हेट्र्ज

याद्दच्छिक कंपन बल :(Random vibration load):

तालिका-4 : याद्दच्छिक कंपन बल

क्र.सं.	आवृत्ति (हर्टज) परास (range)	स्तर (जी^2 / हर्टज)
1.	20-100	+3 डीबी / अष्टक
2.	100-700	0.2 जी2/ हर्टज
3.	700-2000	-6 डीबी / अष्टक
4.	समग्र जी वर्ग माध्य मूल (overall grms)	14.8 अवधि - 2 मिनट

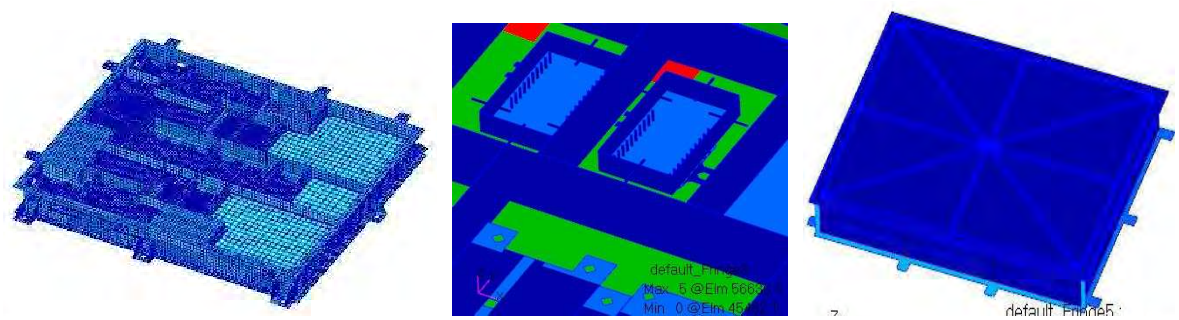
विश्लेषणों के अनुसार इस बल के लिए संरचना मे निर्धारित स्थानों पर प्रवर्धक नही होगा क्यों कि, इस संरचना के प्राकृतिक आवृत्ति 100 हर्टज से अधिक है। इस बल के लिए चंद्रयान-II इलेक्ट्रानिक पैकेज सुरक्षित रहेगा। लेकिन आधार पी.सी.बी से उपरितल पी.सी.बी तक लगे हुए मैक्रो इल्कट्रानिक घटकों की यादृच्छिक कंपन परीक्षण (तालिका-4) मे सुरक्षा के लिए इस विश्लेषण को 2000 हर्टज तक किया गया है।

इस विश्लेषण के लिए, एक संधारित्र (capacitor) को पी.सी.बी के मध्य मे लिया गया है। इस संधारित्र को 45 मि.मि के दूर पर 2 स्यानों पर स्थिर किया गया है। इन बिंदुओं का स्थान पी.सी.बी के उपरितल पर 14269 & 14158 और आधार pcb के ऊपर 888 & 772 लिया है। इस परिणाम को तालिका-5 मे दिखाया गया है।

यादृच्छिक कंपन बल परिणाम:(Random vibration results):

तालिका-5 : यादृच्छिक कंपन बल के परिणाम

बल - दिशा	LOCATION	X-RESP	Y-RESP	Z-RESP
(grms)	BASE	14.85	14.85	14.85
X-अक्ष	FG	17.55	21.33	72.37
Y-अक्ष	EPC	29.71	29.02	82.20
Z-अक्ष	DACS	45.88	46.83	126.0



चित्र-8 परिमिति अवयव निदर्श

तापीय विश्लेषण (THERMAL ANALYSIS) :

इस पैकेज के लिए दिया गया तापक्षय(Heat dissipation) और पदार्थ गुण धर्म निम्न सारणि तालिका-8,9,10 के प्रकार है।

तालिका 8 - ताप क्षय

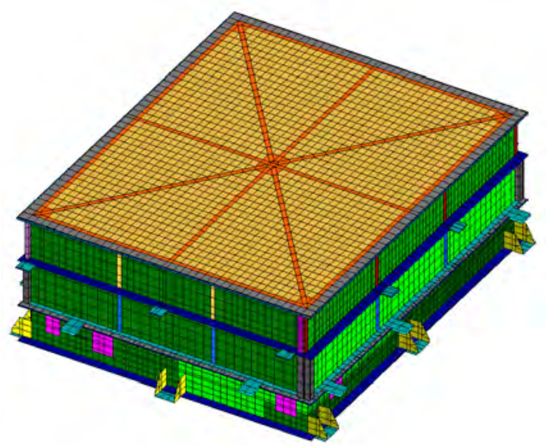
क्र.सं	**घटक (COMPONENT)**	**Heat Dissipation, (ताप क्षय) mW**
1.	कंपन जनित्र (Frequency Generator)	2350
2.	ऊर्ध्व अभिग्राही (V Receiver)	2154.8
3.	क्षितिज अभिग्राही (H Receiver)	2154.8
	Total FG and RX	**6659.6 ~ 6.7 W**
4.	ई.पी.सी (EPC)	8.45 W
5.	डी.ए.सी.एस (DACS)	7.88 W

तालिका 9 ताप-भौतिक गुणधर्म

क्र.संख्या	पदार्थ (MATERIAL)	घनत्व Density (Kg/m3)	विशिष्ट ऊष्मा Specific Heat (J/Kg-K)	ऊष्मीय चालकता Thermal Conductivity (W/m-K)
1	Alumina	3910	880	30
2	Aluminium 6061	2800	963	168
3	Copper	8960	385	401
4	Kovar	8360	440	17
5	Magnesium AZ31B-F, A	1800	1048	76.2
6	PCB Laminate FR-4	1900	595	0.3
7	Silicon Carbide	3100	750	120
8	Tinned Copper Clad	-	-	134

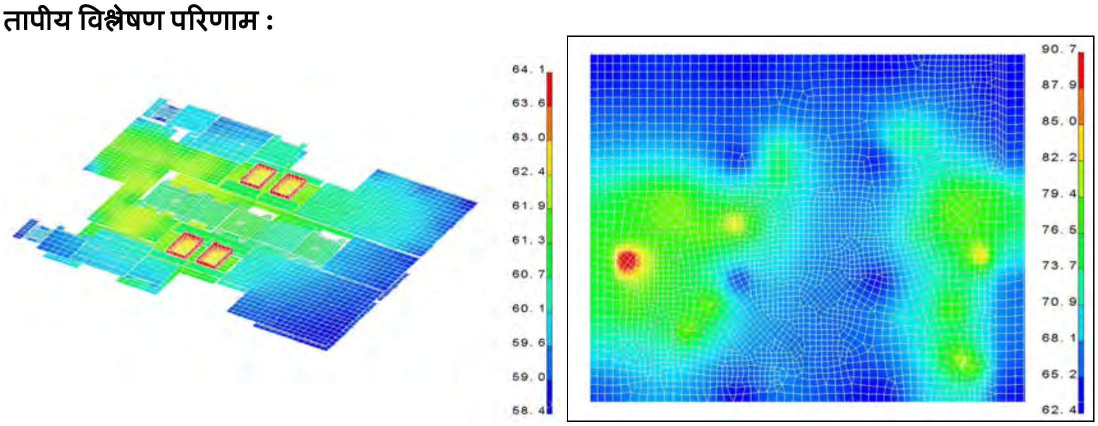
तालिका 10 ताप-प्रकाशिक गुणधर्म

क्र.सं.	सतह (surface)	अवशोषकता Absorptivity, α_{sol}		उत्सर्जकता Emmissivity, ε_{ir}
		BOL	EOL	
1	काला प्रलेप Black Paint	0.90	0.90	0.90
2	स्वर्ण प्रलेप Gold Plating	0.2	0.3	0.03-0.06
3	(पी.सी.बी.) PCB	0.25		0.73

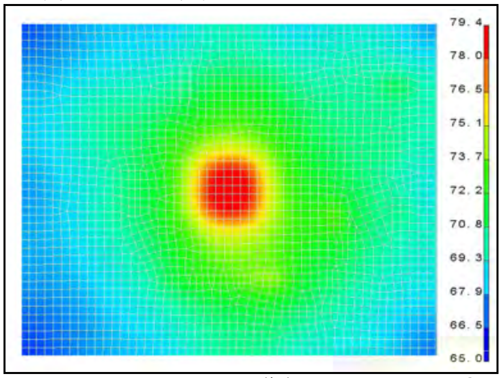


चित्र-9 तापीय विश्लेषण निदर्श

तापीय विश्लेषण परिणाम :



चित्र-10 FG & RX घटकों के ऊपर तापमान वितरण   चित्र-11 EPC PCB घटकों के ऊपर तापमान वितरण



चित्र-12 DACS PCB घटकों के ऊपर तापमान वितरण

निष्कर्ष :

चंद्रयान-2 मिशन के अंतर्गत सार नीतभार से संबंधित बेक-एंड इलेक्ट्रानिक पैकेज का संरचनात्मक और तापीय विश्लेषणों के परिणाम दिये गये है। इस विश्लेषणों के अनुसार निर्धारितबलों से पैकेज संरचनात्मक विश्लेषण की दृष्टि से सुरक्षित है और तापीय परिणामों को देखते हुए प्रारंभिक रूप से तापीय विश्लेषण की दृष्टि से सुरक्षित है।

आभार :

हम, ग्रुप प्रबन्धक एस. टी. ए. जी. एवं सहयोगियों के अत्यन्त आभारी है, जिन्होने हमे यह लेख लिखने के लिए प्रेरित किया। हम हिन्दी कक्ष के सभी सदस्यो के भी आभारी है जिनकी मदद से यह लेख पूरा हो सका है।

संदर्भ :

1. चंद्रयान-2 पेलोड - पी.डी.आर - दस्तावेज
2. सीमित अवयव प्रक्रियाएं, के.जे. बाथे, प्रेटिंस हाल इंडिया,नई दिल्ली 1997
3. स्पंदन की बुनियादी बातें, एल.मीरोविच, मैक. ग्रा हिल,सिंगापुर, 2001