

ISSN 0971-9911
LC No.: 99936677

Nu-Power



अंक (30), 2025
Vol. (30), 2025

न्यूक्लियर विद्युत की एक अंतरराष्ट्रीय पत्रिका
An International Journal of Nuclear Power

न्यूक्लियर के साथ एक समृद्ध भविष्य का निर्माण

स्वच्छ • विश्वसनीय • संधारणीय

Nurturing A PROSPEROUS FUTURE WITH NUCLEAR

Clean • Reliable • Sustainable



आरएपीपी -7 व 8 पर विशेष संस्करण | Special Edition on RAPP - 7 & 8



राजस्थान परमाणु विद्युत परियोजना (आरएपीपी) - 7 व 8, 2 x 700 मेगावाट
Rajasthan Atomic Power Project (RAPP) - 7 & 8, 2 x 700 MWe

भारत को ऊर्जा से समृद्ध करता,
भारत की ऊर्जा सुरक्षा को सशक्त करता

Powering India Forward,
Strengthening India's Energy Security



विषय Contents

टिप्पणी: पाठक उल्लेखित पृष्ठ संख्या के अनुसार हिंदी या अंग्रेजी संस्करण देखें।
Note: Readers shall look for Hindi or English version as per page no. mentioned.



संपादक की कलम से

भारत में परमाणु ऊर्जा के भविष्य को अपनाना

From the Desk of the Editor

Embracing the future of nuclear energy in India

09

11

15

नाभिकीय प्रचालन को समझना: राजस्थान परमाणु परियोजना (आरएपीपी) - 7 पर का प्रभावी निरीक्षण

लेख 1

Article 1

Decoding Nuclear Governance : Effective Oversight On Rajasthan Atomic Power Project (RAPP) - 7



77



लेख 2

राजस्थान परमाणु परियोजना (आरएपीपी) - 7 व 8 की विद्युत प्रणालियों की मुख्य तथा नवीनतम विशेषताएं

Article 2

Highlights And Novel Features Of Electrical Systems Of Rajasthan Atomic Power Project (RAPP) - 7 & 8

18

80

24

राजस्थान परमाणु परियोजना (आरएपीपी) - 7 व 8 में कूलेंट चैनलों की स्थापना

लेख 3

Article 3

Installation Of Coolant Channels At Rajasthan Atomic Power Project (RAPP) - 7 & 8

86



लेख 4

700 मेगावाट में विकिरण निगरानी हेतु नई प्रौद्योगिकियों का उपयोग

Article 4

New Technologies Used For Radiation Monitoring In 700 MWe

29

90

32

राजस्थान परमाणु परियोजना (आरएपीपी) - 7 व 8 के लिए द्रुत गति भूकंपीय उपकरण प्रणाली का स्वदेशी प्रौद्योगिकी विकास

लेख 5

Article 5

Indigenous Technology Development Of Strong Motion Seismic Instrumentation System For Rajasthan Atomic Power Project (RAPP) - 7 & 8

93



लेख 6

राजस्थान परमाणु परियोजना (आरएपीपी) - 7 फुल स्कोप ऑपरेटर प्रशिक्षण सिमुलेटर

Article 6

Rajasthan Atomic Power Project (RAPP) - 7 Full Scope Operator Training Simulator

38

98



लेख 7

राजस्थान परमाणु परियोजना (आरएपीपी) - 7 व 8 के सुधारात्मक कार्यों की ट्रैकिंग और निगरानी हेतु कैम्स सॉफ्टवेयर मॉड्यूल

47

Article 7

Cams Software Module For Tracking And Monitoring Of Corrective Actions Of Rajasthan Atomic Power Project (RAPP) - 7 & 8

107

50

109

लेख 8

कंडेंसर में कम बैक प्रेशर के गुण और दोष



Article 8

Merits And Demerits Of Low Back Pressure In Condensor

लेख 9

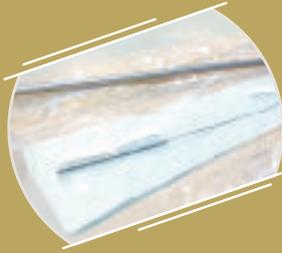
700 मेगावाट क्षमता वाले भारतीय दाबित भारी पानी रिएक्टर में स्वदेशी तीन पिच इंटीग्रल कोएक्सियल इनकोनेल एसपीएनडी का अनुभव

59

Article 9

Experience Of Indigenized Three Pitch Integral Coaxial Inconel SPNDs In 700 MWe Indian Pressurized Heavy Water Reactor

118



62

121

इन-हाउस 700 मेगावाट ईंधन प्रहस्तन नियंत्रण प्रणाली (एफएचसीएस) के अनुप्रयोग तर्क हेतु संशोधित संरचित पाठ का डिजाइन

लेख 10



Article 10

Design Of Modified Structured Text For Application logic of In-House 700 MWe Fuel Handling Control System (FHCS)

लेख 11

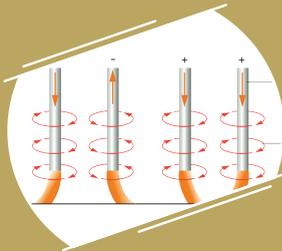
चुंबकीय कण परीक्षण (एमपीटी) की हुई वस्तुओं के विचुंबकन की आवश्यकता

68

Article 11

Necessity Of Demagnetisation Of Items Undergone Magnetic Particle Testing (MPT)

126

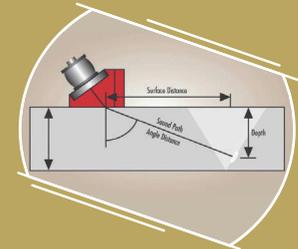


72

130

दो पारंपरिक गैर-विनाशकारी परीक्षण (एनडीटी) विधियों द्वारा दोष का पता लगाने और उसकी गंभीरता निर्धारित करने पर एक अध्ययन

लेख 12



Article 12

A Study On Detecting & Sizing Of A Flaw By Two Conventional Non-Destructive Testing (NDT) Methods

अध्यक्ष एवं प्रबंध निदेशक का संदेश

135

CMD's Message

137



141

वैश्विक परमाणु ऊर्जा आँकड़े World Nuclear Power Statistics



न्यू-पावर – नाभिकीय ऊर्जा की अंतरराष्ट्रीय पत्रिका न्यूक्लियर पावर कॉर्पोरेशन ऑफ इंडिया लिमिटेड द्वारा प्रकाशित।

अध्यक्ष एवं प्रबंध निदेशक,
एनपीसीआईएल
भुवन चंद्र पाठक

अधिशासी निदेशक
(निगम योजना एवं निगम संचार)
बी. वी. एस. शेखर

संपादक
सुमीत साळी

तकनीकी मूल्यांकन समिति

उमेश यादव
सौरभ शारदा
धनश्री व्यवहारे
संतोष कुमार यंदापल्ली
अनिर्बान रॉय
प्रभाकर कुमार पांडे

कार्यालय व पत्र-व्यवहार

सैयद इरशाद
सुचिता कोकाटे

सभी पत्राचार निम्नलिखित पते पर भेजे जाएं :
संपादक,

न्यू-पावर - न्यूक्लियर विद्युत की एक अंतरराष्ट्रीय पत्रिका
12-एन-46, विक्रम साराभाई भवन, अणुशक्ति नगर, मुंबई - 400 094, भारत
फैक्स: 91-22-25991218 - वेबसाइट: www.npcil.nic.in

न्यू-पावर पत्रिका सीमित संख्या में निःशुल्क वितरण हेतु उपलब्ध है।
अपनी सॉफ्ट प्रति के लिए कृपया संपादक से सम्पर्क करें।

न्यू-पावर में आने वाले किसी भी आलेख या विज्ञापन में अभिव्यक्त विचारों से आवश्यक रूप से संपादक, तकनीकी मूल्यांकन समिति, न्यूक्लियर पावर कॉर्पोरेशन ऑफ इंडिया लिमिटेड/परमाणु ऊर्जा विभाग का सहमत होना आवश्यक नहीं है तथा संपादक/निगम/विभाग इसके लिए उत्तरदायी नहीं है।

संपादक की पूर्व अनुमति से, आभार सह, पत्रिका के आलेखों/उद्धरणों को पुनः प्रस्तुत किया जा सकता है, बशर्ते वे कॉपीराइट अधिकार के कार्यक्षेत्र में न आते हों।



Nu-Power – An International Journal of Nuclear Power is published by Nuclear Power Corporation of India Limited

**Chairman &
Managing Director, NPCIL**

Bhuwan Chandra Pathak

**Executive Director
(CP & CC)**

B. V. S. Sekhar

Editor

Sumeet Sali

Technical Evaluation Committee

Umed Yadav

Saurabh Sharda

Dhanashree Vyawahare

Santosh Kumar Yandapally

Anirban Roy

Prabhakar Kumar Pandey

Office & Mailing

Sayed Irshad

Suchita Kokate

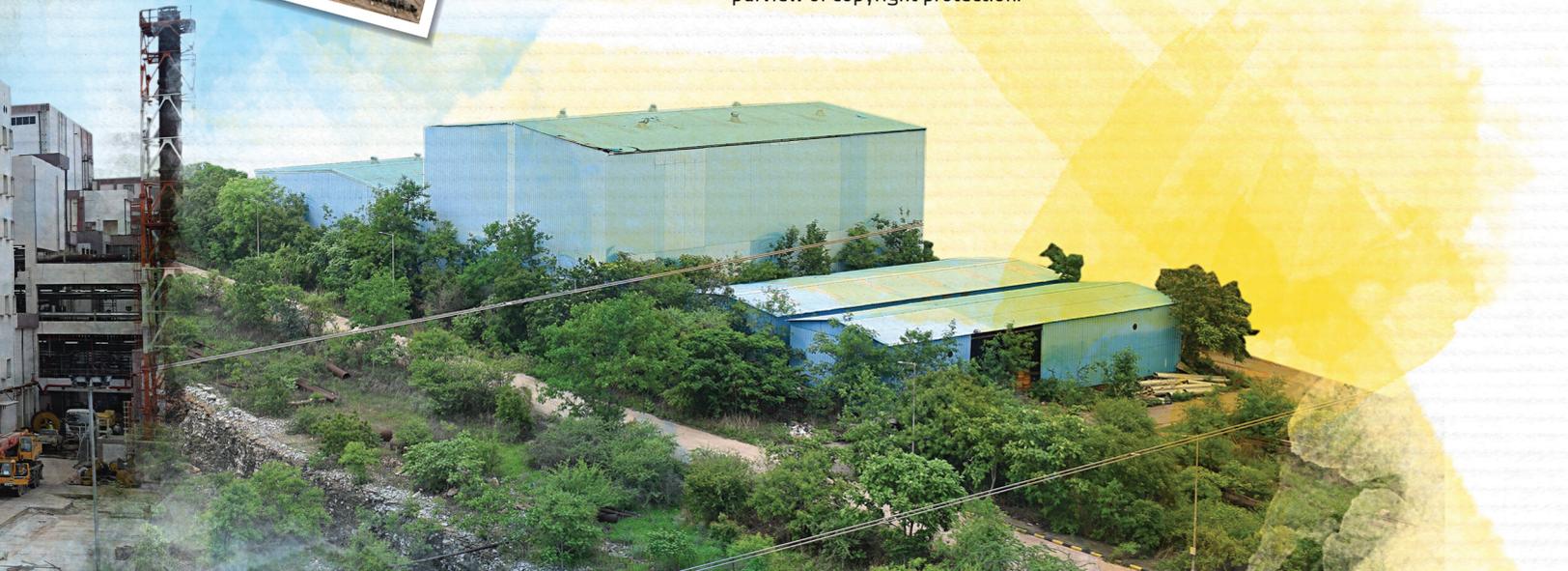
**All correspondence should be addressed to:
The Editor,**

Nu-Power - An International Journal of Nuclear Power
12-N-46, Vikram Sarabhai Bhavan, Anushakti Nagar, Mumbai - 400 094, India.
Fax: 91-22-25991218 · Website: www.npcil.nic.in

Nu-Power journal is available free of charge to a limited number of readers.
Requests for soft copies should be made to the Editor.

Views expressed in any article or advertisement appearing in Nu-Power do not necessarily represent those of the Editor, Technical Evaluation Committee, Nuclear Power Corporation of India Ltd./Department of Atomic Energy and the Editor/Corporation/Department accepts no responsibility for the same.

Articles/extracts from the journal can be reproduced with prior permission from the Editor, with acknowledgment, provided they do not fall under the purview of copyright protection.





आरएपीपी - 7 व 8 के लिए कंक्रीट के प्रथम भराव (एफपीसी) का उद्घाटन
Inauguration of Laying the First Pour of Concrete (FPC) for RAPP - 7 & 8



कंक्रीट का प्रथम बहाव
(फर्स्ट पोर ऑफ कंक्रीट)
दिनांक 18 जुलाई 2011 को
माननीय डॉ. श्रीकुमार बनर्जी,

अध्यक्ष, परमाणु ऊर्जा आयोग एवं
सचिव, परमाणु ऊर्जा विभाग
के कर कमलों से

डॉ. श्रेयांस कुमार जैन

अध्यक्ष एवं प्रबंध निदेशक
एन. पी. सी. आई. एल. एवं भा. वि. नि.

श्री चन्द्रप्रकाश झांग्व

स्थल अधिष्ठासी निदेशक
राजतभाटा राजस्थान साइट

एवं एन. पी. सी. आई. एल. के वरिष्ठ अधिकारियों, कर्मचारियों एवं
गणमान्य व्यक्तियों की गरिमामय उपस्थिति में सम्पन्न हुई।

श्री ओ. पी. अरोड़ा

परियोजना निदेशक
रा. प. वि. प. 7 व 8



आरएपीपी -7 व 8 में कंक्रीट का प्रथम भराव (एफपीसी)
First Pour of Concrete (FPC) at RAPP -7 & 8



आरएपीपी -7 व 8 के न्यूक्लियर बिल्डिंग (एनबी) का राफ्ट फाउंडेशन कार्य
RAPP -7 & 8 Nuclear Building (NB) raft foundation works



संपादक की कलम से भारत में परमाणु ऊर्जा के भविष्य को अपनाना



एनपीसीआईएल के लिए यह गर्व की बात है कि गुजरात के काकरापार स्थित काकरापार परमाणु बिजली घर (केएपीएस-3 व 4) की इकाई-3 व 4 (2 x 700 मेगावाट) को माननीय प्रधानमंत्री श्री नरेन्द्र मोदी द्वारा राष्ट्र को समर्पित किए जाने के लगभग एक वर्ष बाद, राजस्थान के

रावतभाटा स्थित राजस्थान परमाणु विद्युत परियोजना (आरएपीपी-7 व 8) की इकाई-7 (700 मेगावाट) ने 15 अप्रैल, 2025 को वाणिज्यिक प्रचालन प्राप्त कर लिया। इससे देश में नाभिकीय विद्युत की कुल स्थापित क्षमता बढ़कर 8,780 मेगावाट हो गई है (आरएपीएस-1, 100 मेगावाट को छोड़कर)। राजस्थान परमाणु विद्युत परियोजना (आरएपीपी-7 व 8) की युग्म इकाइयों में से यूनिट-8 वर्तमान वित्त वर्ष 2025-26 में प्रचालन शुरू करने के लिए पूरी तरह से तैयार है।

इस अवसर पर, सीपी & सीसी निदेशालय के कॉर्पोरेट संचार समूह को राजस्थान परमाणु विद्युत परियोजना (आरएपीपी-7 व 8) को समर्पित न्यू-पावर जर्नल का यह विशेष संस्करण प्रस्तुत करते हुए बहुत खुशी हो रही है। यह काकरापार परमाणु ऊर्जा स्टेशन (केएपीएस-3 व 4) पर हाल ही में प्रकाशित विशेष संस्करण के बाद आया है। एक के बाद एक ऐसे दो विशेष संस्करणों का प्रकाशन एनपीसीआईएल में हमारी प्रगति को दर्शाता है।

भारत में नाभिकीय विद्युत क्षेत्र उल्लेखनीय विस्तार के शिखर पर है, और एनपीसीआईएल इस दिशा में सबसे आगे है। अपनी तकनीकी क्षमता के साथ, एनपीसीआईएल ने 2031-32 तक 21,980 मेगावाट नाभिकीय विद्युत क्षमता हासिल करने का लक्ष्य रखा है, जो वर्तमान स्थापित क्षमता 8,780 मेगावाट से अधिक है। इसमें निमाणाधीन पाँच परियोजनाएँ शामिल हैं: राजस्थान परमाणु विद्युत परियोजना (आरएपीपी-8, 700 मेगावाट), कुडनकुलम परमाणु विद्युत परियोजना (केकेएनपीपी-3 व 4, 2 x 1000 मेगावाट), कुडनकुलम परमाणु विद्युत परियोजना (केकेएनपीपी-5 व 6, 2 x 1000 मेगावाट), और गोरखपुर हरियाणा अणुशक्ति विद्युत परियोजना

(जीएचएवीपी-1 व 2, 2 x 700 मेगावाट)। लक्षित क्षमता में वे परियोजनाएँ भी शामिल हैं जो वर्तमान में हरियाणा, मध्य प्रदेश, कैंगा और राजस्थान राज्यों में परियोजना-पूर्व गतिविधियों के अंतर्गत हैं।

इसके अलावा, 28 मार्च, 2025 को परमाणु ऊर्जा विभाग (डीएई) ने रिएक्टरों के दूसरी फ्लीट के लिए परमाणु ऊर्जा आयोग (ईएसी) की "सैद्धांतिक" स्वीकृति प्रदान की। इस फ्लीट में 700 मेगावाट क्षमता वाले दस दाबित भारी पानी रिएक्टर (पीएचडब्ल्यूआर) शामिल होंगे। इनकी योजना मध्य प्रदेश के भीमपुर (4) के ग्रीन फील्ड साइट एवं राजस्थान के रावतभाटा (2), गुजरात के काकरापार (2) और उत्तर प्रदेश के नरौरा (2) के ब्राउन फील्ड साइट पर बनाई गई है।

परमाणु ऊर्जा से जुड़ी चर्चा प्रायः आशावाद और आशंका के बीच झूलती रहती है। आशावादी होने के बावजूद, परमाणु परियोजनाओं को मुख्य रूप से भूमि एवं पानी की उपलब्धता और पुनर्वास एवं पुनर्स्थापन (आरएंडआर) से संबंधित महत्वपूर्ण चुनौतियों का सामना करना पड़ रहा है। इसके अतिरिक्त, कुछ पिछली परमाणु घटनाओं के प्रभाव को दूर करने के लिए, जनता का विश्वास प्राप्त करने के लिए स्पष्ट और पारदर्शी संचार महत्वपूर्ण है। इन चुनौतियों में, नाभिकीय ऊर्जा एवं नाभिकीय विद्युत संयंत्रों से संबंधित तकनीकी पहलू महत्वपूर्ण विषय हैं, जिन्हें सार्वजनिक पहुंच कार्यक्रमों के माध्यम से पारदर्शिता के साथ व्यक्तिगत रूप से संबोधित किया जाता है। इस प्रयास में, वित्तीय वर्ष 2024-25 में विभिन्न पहलों के माध्यम से एनपीसीआईएल की संचयी सार्वजनिक पहुंच लगभग 29,22,000 व्यक्तियों (सोशल मीडिया प्रयासों को छोड़कर) तक जा चुकी है।

परमाणु ऊर्जा से जुड़ा एक महत्वपूर्ण पहलू सुरक्षा और नवाचार के प्रति दृढ़ समर्पण है। 8,780 मेगावाट की स्थापित क्षमता और सुरक्षित प्रचालन के 639 रिएक्टर-वर्षों (मई 2025 तक) का अनुभव सुरक्षा के प्रति हमारी प्रतिबद्धता का प्रमाण है, जो एनपीसीआईएल के "सुरक्षा पहले, उत्पादन बाद में" के आदर्श वाक्य पर दृढ़ता से खड़ा है। अपने प्रशिक्षित और लाइसेंस प्राप्त कर्मियों, मानक संचालन प्रक्रियाओं और गुणवत्ता आश्वासन पर जोर देने के माध्यम से, एनपीसीआईएल सुरक्षा और उत्पादन के दोनों स्तंभों के बीच

संतुलन बनाने में सक्षम रहा है। अंतर्राष्ट्रीय सहयोग में हमारे सहयोगी प्रयास और वैश्विक सर्वोत्तम प्रथाओं के प्रति हमारी प्रतिबद्धता सुनिश्चित करती है कि हम परमाणु प्रौद्योगिकी के क्षेत्र में अग्रणी बने रहें।

हमारे रिएक्टर तकनीकी उत्कृष्टता के मामले में सबसे आगे हैं, जिन्हें संयंत्र परिसर में काम करने वाले लोगों, हमारे परमाणु विद्युत केंद्रों के आसपास रहने वाले समुदायों, आम जनता और पर्यावरण की अधिकतम सुरक्षा सुनिश्चित करने के लिए संरक्षा उपायों के स्तरों के साथ डिज़ाइन किया गया है। इसके अलावा, हमारे परमाणु ऊर्जा संयंत्र न केवल उच्च गुणवत्ता वाले रोजगार के अवसर प्रदान करने का वादा करते हैं, बल्कि वैज्ञानिक प्रगति को बढ़ावा देने के साथ-साथ उस क्षेत्र में आर्थिक विकास को भी बढ़ावा देते हैं।

वैश्विक स्तर पर, बिजली की मांग तेजी से बढ़ रही है, न केवल घरेलू और औद्योगिक उपयोग जैसे पारंपरिक उपयोगों के लिए, बल्कि इलेक्ट्रिक वाहनों, डेटा केंद्रों और कृत्रिम बुद्धिमत्ता जैसे नए क्षेत्रों में भी बढ़ रही है। दुनिया भर में नाभिकीय विद्युत का पुनरुत्थान हो रहा है, क्योंकि राष्ट्र ऊर्जा सुरक्षा और डीकार्बोनाइजेशन लक्ष्यों को संबोधित करने के लिए इसकी क्षमता को पहचानते हैं।

बिजली की खपत और आर्थिक विकास का एक जटिल, प्रायः सहजीवी संबंध होता है। हाल ही में, भारत चौथी सबसे बड़ी अर्थव्यवस्था बन गया, जो विकास और प्रगति का पर्याय है। इस प्रगति ने बिजली की मांग को बढ़ा दिया है और यह तेजी से बढ़ रहा है, जिसके लिए देश में अधिक विद्युत संयंत्रों की स्थापना की आवश्यकता है।

नाभिकीय विद्युत के विकासशील भारत के ऊर्जा मिश्रण का एक बहुत ही महत्वपूर्ण हिस्सा बनने की उम्मीद है। इस प्रयास में, एनपीसीआईएल ने कैप्टिव बिजली उत्पादन के लिए 220 मेगावाट क्षमता वाले भारत लघु रिएक्टर (बीएसआर) की स्थापना में भाग लेने के लिए भारतीय उद्योगों को आमंत्रित करते हुए एक प्रस्ताव के लिए अनुरोध (आरएफपी) जारी किया है। इन कॉम्पैक्ट पीएचडब्ल्यूआर को उद्योगों के लिए एक टिकाऊ, कम कार्बन ऊर्जा समाधान प्रदान करने के लिए डिज़ाइन किया गया है, जिससे उन्हें अपने संचालन को डीकार्बोनाइज करने में सक्षम बनाया जा सके। इन रिएक्टरों को निजी क्षेत्र के निवेश के साथ स्थापित करने की योजना है, जो मौजूदा कानूनी ढांचे और स्वीकृत व्यावसायिक मॉडल के भीतर काम करेंगे। एनपीसीआईएल भारत लघु मॉड्यूलर रिएक्टरों (बीएसएमआर) के शुरूआती विकास और तैनाती की दिशा में बीएसआरसी के साथ भी काम कर रहा है।

बंद हो रहे ताप विद्युत संयंत्रों की जगह नाभिकीय विद्युत संयंत्र लगाने की संभावनाओं पर भी विचार किया जा रहा है। 2025-26 के बजट भाषण में घोषित विकासशील भारत के लिए परमाणु ऊर्जा मिशन में 2047 तक कम से कम 100 गीगावाट परमाणु ऊर्जा विकसित करने

की परिकल्पना की गई है, जो भारत के ऊर्जा संक्रमण प्रयासों के लिए आवश्यक है। इस लक्ष्य की प्राप्ति के लिए निजी क्षेत्र के साथ सक्रिय भागीदारी को बढ़ावा देने के लिए परमाणु ऊर्जा अधिनियम और परमाणु क्षति के लिए नागरिक दायित्व अधिनियम में संशोधन की भी योजना बनाई जा रही है। ये कदम देश को 2070 तक नेट-जीरो के लक्ष्य को पूरा करने में मदद करेंगे।

बारह लेखों वाला यह प्रकाशन, व्यवस्थित इंजीनियरिंग और प्रौद्योगिकियों का आलोचनात्मक अन्वेषण करता है, जो हमारे अत्यधिक उन्नत और सुरक्षा-संचालित नाभिकीय विद्युत रिएक्टरों, उनकी संबंधित प्रणालियों और घटकों को आकार दे रहे हैं।

मैं सभी लेखकों, तकनीकी मूल्यांकन समिति (टीईसी) के सदस्यों और प्रकाशक को न्यू-पॉवर जर्नल के इस अंक को इंजीनियरिंग के विभिन्न क्षेत्रों से तकनीकी लेखों का एक समृद्ध संकलन बनाने के लिए उनके प्रयासों के लिए अपनी हार्दिक कृतज्ञता व्यक्त करता हूँ। मुझे उम्मीद है कि हमारे अनमोल पाठकों को यह सामग्री रोचक और समृद्ध लगेगी।

हम भविष्य के संस्करणों के लिए आपकी बहुमूल्य प्रतिक्रिया और सुझावों की प्रतीक्षा कर रहे हैं।

पढ़ने का सुखद अनुभव लें!

सादर,

सुमीत साळी

संपादक, न्यू-पॉवर

परमाणु ऊर्जा पर एक अंतर्राष्ट्रीय जर्नल

नाभिकीय ऊर्जा स्वच्छ ऊर्जा है, जबकि जीवाश्म ईंधन जलाकर उत्पन्न की गई ऊर्जा स्वच्छ नहीं होती। जीवाश्म ईंधन जलाकर बिजली बनाना पर्यावरण के दृष्टिकोण से उचित नहीं है, क्योंकि ऊर्जा उत्पादन के लिए हर एक लीटर जीवाश्म ईंधन जलाने पर लगभग दो किलोग्राम CO₂ उत्पन्न होती है। नाभिकीय ऊर्जा संयंत्र स्वच्छ ऊर्जा प्रदान करते हैं।

- डॉ. ए. पी. जे. अब्दुल कलाम





From the Desk of the Editor **EMBRACING THE FUTURE OF NUCLEAR ENERGY IN INDIA**



It is a proud moment for NPCIL that about a year after Units 3&4 (2 x 700 MWe) of Kakrapar Atomic Power Station (KAPS-3&4) at Kakrapar, Gujarat were dedicated to the nation by Hon'ble Prime Minister Shri Narendra Modi, Unit 7 (700 MWe) of the Rajasthan Atomic Power Project (RAPP-7&8) at Rawatbhata, Rajasthan, achieved commercial operation on April 15, 2025. This has increased the overall installed capacity of nuclear power in the country to 8,780 MWe (excluding RAPS-1, 100MWe). Unit-8 of the twin units of the Rajasthan Atomic Power Project (RAPP-7&8) is well poised for the commencement of operation in the current financial year 2025-26.

On this occasion, the Corporate Communication group of the Directorate of CP&CC takes immense pleasure in presenting this special edition of Nu-Power journal, dedicated to Rajasthan Atomic Power Project (RAPP-7&8). This follows the recently published special edition on Kakrapar Atomic Power Station (KAPS-3&4). The publication of two back-to-back special editions demonstrates the progress we are making at NPCIL.

The nuclear power sector is at the cusp of remarkable expansion in India, and NPCIL is at the forefront leading the way. With its technological prowess, NPCIL has set a target of achieving 21,980 MWe of nuclear power capacity by 2031-32, up from the current installed capacity of 8,780 MWe. This includes five projects under construction: Rajasthan Atomic Power Project (RAPP-8, 700 MWe), Kudankulam Atomic Power Project (KKNPP-3&4, 2 x 1000 MWe), Kudankulam Atomic Power Project (KKNPP-5&6, 2 x 1000 MWe), and Gorakhpur Haryana Anushakti Vidyut Pariyojna (GHAVP-1&2, 2 x 700 MWe). The targeted capacity also includes projects which are presently under pre-project activities in the states of Haryana, Madhya Pradesh, Kaiga and Rajasthan.

In addition, on March 28, 2025, the Department of Atomic Energy (DAE) conveyed "In-Principle" approval of the Atomic Energy Commission (AEC), for the second fleet of reactors. This fleet will comprise ten Pressurised Heavy Water Reactors (PHWRs) of 700 MWe capacity each. These are planned at the Greenfield site of Bhimpur (4 Nos.) in Madhya Pradesh and Brownfield site of Rawatbhata (2 Nos.) in Rajasthan, Kakrapar (2 Nos.) in Gujarat and Narora (2 Nos.) in Uttar Pradesh.

The discourse surrounding nuclear energy often oscillates between optimism and apprehension. Despite the optimism, the nuclear projects face significant challenges, mainly concerning the availability of land and water, and Rehabilitation & Resettlement (R&R). Additionally, to overcome the shadow cast by a few earlier nuclear incidents, clear and transparent communication is critical to gaining public trust. Among these challenges, the technical aspects related to nuclear energy and nuclear power plants are crucial subjects, which are addressed one-on-one with transparency through public outreach programs. In this endeavor, NPCIL's cumulative public outreach through various initiatives in financial year 2024-25 has reached approximately 29,22,000 individuals (excluding the social media efforts).

Another important aspect surrounding nuclear power is a steadfast dedication to safety and innovation. An installed capacity of 8,780 MWe and experience of 639 reactor-years (as of May 2025) of safe operation are a testament to our commitment towards safety, which stands firmly on NPCIL's motto of "Safety First, Production Next." Through its trained and licensed personnel, standard operating procedures, and emphasis on quality assurance, NPCIL has been able to harmonize a balance between both the pillars of safety and production. Our collaborative efforts in international cooperation and our commitment to global best practices ensure that we remain at the cutting edge of nuclear technology.

Our reactors are at the forefront of technological excellence, designed with layers of safety measures to ensure the utmost safety of the people working within the plant premises, communities residing in the surroundings of our nuclear power stations, and the public and environment at large. Moreover, our nuclear power plants not only hold the promise of providing high-quality employment opportunities, but also of driving economic growth in the region besides fostering scientific advancements.

Globally, demand for electricity is rising fast, not only for conventional uses such as domestic and industrial usage, but also in new areas such as electric vehicles, data centers, and artificial intelligence. Worldwide, nuclear energy is experiencing a resurgence, as nations recognize its potential to address energy security and decarbonization goals.



Electricity consumption and economic growth have a complex, often symbiotic relationship. Recently, India became the fourth largest economy, which is synonymous with development and progress. This progress has supercharged electricity demand, and it is unfolding faster, requiring the setting up of more power plants in the country.

Nuclear energy is expected to form a very significant part of the energy mix for Viksit Bharat. In this pursuit, NPCIL has issued a Request for Proposal (RFP) inviting Indian industries to participate in setting up 220 MWe Bharat Small Reactor (BSR) for captive power generation. These compact PHWRs are designed to provide a sustainable, low-carbon energy solution for hard-to-abate industries, enabling them to decarbonize their operations. These reactors are planned to be set up with private sector investment, operating within the existing legal framework and approved business models. NPCIL is also working with BARC towards the early development and deployment of Bharat Small Modular Reactors (BSMR).

Possibilities are also being explored to replace retiring thermal power plants with nuclear power plants. The Nuclear Energy Mission for Viksit Bharat, announced in the budget speech for 2025-26, envisages development of at least 100 GW of nuclear energy by 2047, which is essential for India's energy transition efforts. To foster an active partnership with the private sector towards this goal, amendments to the Atomic Energy Act and the Civil Liability for Nuclear Damage Act are also being planned. These steps will drive the nation in meeting the target of Net Zero by 2070.

This publication, comprising twelve articles, critically explores the systematic engineering and technologies which are shaping our highly advanced and safety-driven nuclear power reactors, their related systems and components.

I extend my sincere gratitude to all the authors, Technical Evaluation Committee (TEC) members, and the publisher for their efforts in making this issue of Nu-Power journal a rich compilation of technical articles from various fields of engineering. I hope our valuable readers will find the content interesting and enriching.

We look forward to your valuable feedback and suggestions for future editions.

Pleasant Reading Ahead!

Best Regards,

Sumeet Sali

Editor, Nu-Power

An International Journal of Nuclear Power

Nuclear energy is clean energy, unlike energy generated by burning fossil fuel. Generation of electricity by burning the fossil fuel was not environmentally sensible as every one liter fossil fuel used for generating energy produces two kilogram of CO₂. Nuclear plants generate clean energy.

-Dr. A. P. J. Abdul Kalam



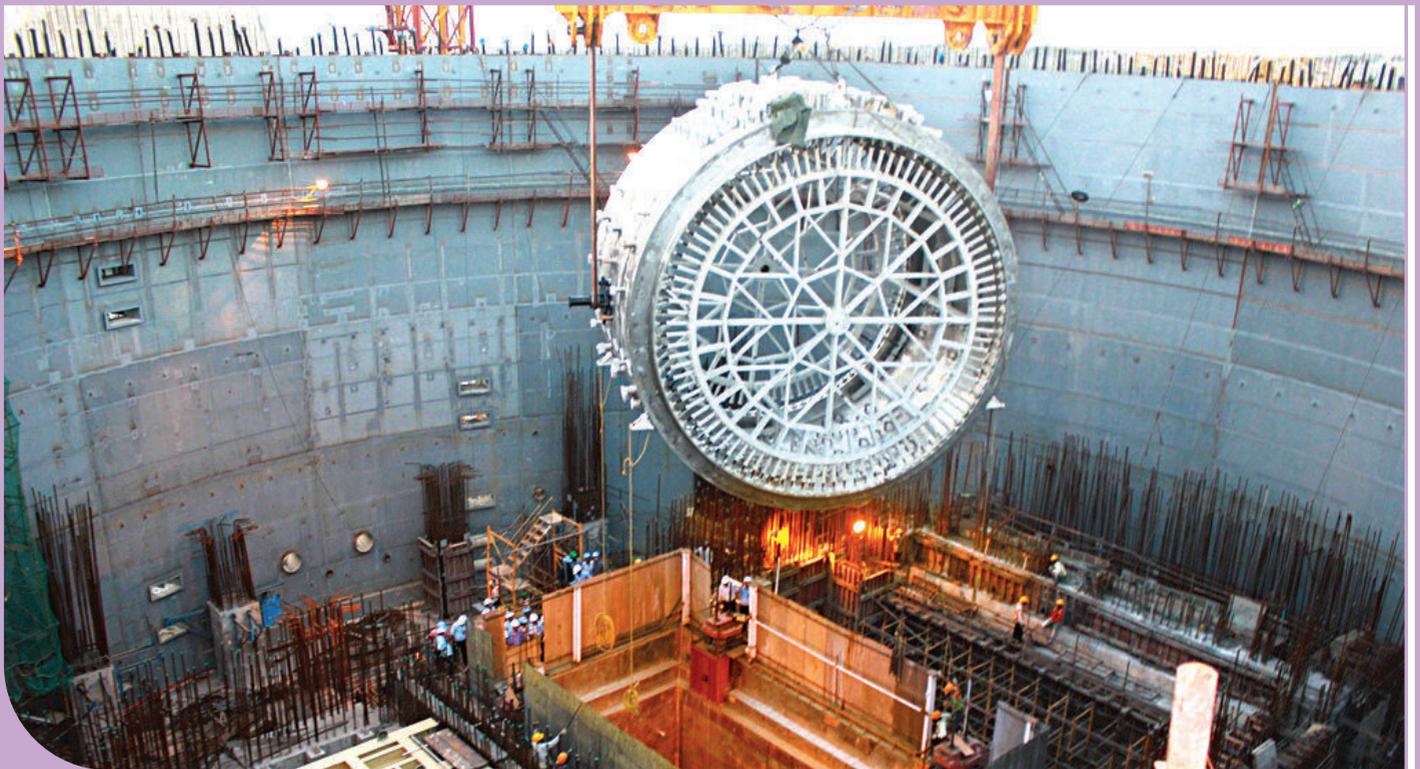


पूर्व-संविरचित एकल इकाई वाले आंतरिक संरोधन डोम (आईसी) लाइनर का स्थापन
Placement of Pre-fabricated single unit Inner Containment (IC) dome liner





एंड शील्ड का स्थापन
Erection of Endshield



कैलेंड्रिया वॉल्ट (सीवी) में कैलेंड्रिया का स्थापन
Erection of Calandria in Calandria Vault (CV)





नाभिकीय प्रचालन को समझना: राजस्थान परमाणु परियोजना (आरएपीपी) - 7 पर का प्रभावी निरीक्षण

अरिंदम पाल, अपर मुख्य अभियंता, (अनुभाग: पी एच डबल्यूडबल्यू आर, परियोजना)

प्रस्तावना

एक नए परमाणु ऊर्जा रिएक्टर का निर्माण और कमीशनिंग एक दूसरे से जुड़े हुए चरण हैं जो सुविधा के डिजाइन और परिचालन आवश्यकताओं के अनुपालन को प्रदर्शित करते हैं। कमीशनिंग फेज निर्माण से संचालन तक एक प्रगतिशील ट्रांजिशन का प्रतिनिधित्व करता है और इसमें विभिन्न स्टेकहोल्डर्स की भागीदारी शामिल होती है; जिसमें डिजाइनर, निर्माण दल, नियामक, निर्माता, कमीशनिंग और संचालन दल शामिल हैं। इसमें सिस्टम, संरचनाओं और घटकों (एसएससी) का सत्यापन, भविष्य के संदर्भ के लिए आधारभूत डेटा एकत्र करना, ट्रायल्स और परीक्षण करना शामिल है।

राजस्थान परमाणु विद्युत परियोजना इकाई- 7 एवं 8 (आरएपीपी 7 एवं 8) के निर्माण और कमीशनिंग फेज के दौरान, प्रोजेक्ट्स एवं संचालन निदेशालय द्वारा संयुक्त रूप से "ओवरसाइट मीटिंग" के बैनर तले एक प्रमुख गतिविधि की गई। कमीशनिंग के दौरान डायनामिक स्थितियों को पहचानना एवं प्रभावी मार्गदर्शन प्रदान करना इस कॉर्पोरेट ओवरसाइट कार्य का उद्देश्य था। आरएपीपी 7 और 8 के कमीशनिंग पर निरीक्षण विषयों की एक विस्तृत श्रृंखला पर केंद्रित था; जिसमें नियोजन, डिजाइन, खरीद, निर्माण, स्थापना, कमीशनिंग, वित्त, बजट, नीति और मानव संसाधन शामिल हैं।

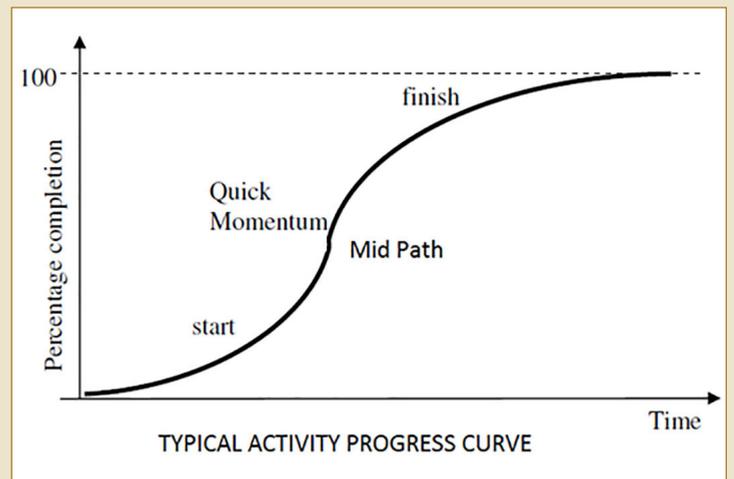
निरीक्षण दल में एनपीसीआईएल प्रबंधन, परियोजना (मुख्यालय और साइट), डिजाइन, फील्ड इंजीनियरिंग (एफई), खरीद, संचालन, क्वालिटी एश्योरेंस (क्यूए), अनुबंध व सामग्री प्रबंधन (सीएमएम) और विनियामक इंटरफेस (आरआई) के वरिष्ठ अधिकारी शामिल थे। उन्हें आरएपीपी 7 और 8 प्रोजेक्ट की समग्र प्रगति की देखरेख और मार्गदर्शन करने का काम सौंपा गया था।

यह लेख विभिन्न निरीक्षण समीक्षा प्रक्रियाओं के दौरान देखी गई गतिविधियों और ली गयी सीख को रेखांकित करने का प्रयास करता है तथा इसका उद्देश्य भविष्य की कमीशनिंग गतिविधियों के लिए सीख हस्तांतरण करना है।

माइलस्टोन मॉनिटरिंग एवं वर्क ब्रेकडाउन स्ट्रक्चर (डबल्यूबीएस)

निरीक्षण गतिविधि में माइलस्टोन-आधारित गतिविधि निगरानी

मॉडल का पालन किया गया, जो बेस लाइन नियोजित नेटवर्क और उसमें माइलस्टोन की तुलना में वास्तविक प्रगति की समीक्षा करता है। किसी भी प्रेशराइज्ड हैवी वाटर रिएक्टर (दाबित भारी जल रिएक्टर) (पीएचडबल्यूआर) प्रोजेक्ट के लिए, कॉमन माइलस्टोन साइटिंग कंसेंट, एक्सावेशन क्लीयरेंस (उत्खनन मंजूरी), फर्स्ट पौर ऑफ कंक्रीट (एफपीसी), इंटीग्रेटेड लीकेज रेट टेस्ट (आईएलआरटी), हाइड्रो टेस्ट, हॉट-कंडीशनिंग (एचसी), इनिशियल फ्यूल लोडिंग (आईएफएल), क्रिटिकलिटी, लो पावर फिजिक्स एक्सपेरिमेंट्स (एलपीपीई), सिक्वेशियल पावर राइज, सिंक्रोनाइजेशन एंड कमरिशियल ऑपरेशन (सीओ) हैं। किसी भी गतिविधि माइलस्टोन के तीन अलग-अलग चरण होते हैं - प्रारंभ, मध्य पथ और समापन। ओवरसाइट प्रक्रिया के दौरान, गतिविधि माइलस्टोन (जिन्हें होल्ड पॉइंट भी कहा जाता है) और कुछ उप-माइलस्टोन (जो विनियामक चेक पॉइंट नहीं हैं, लेकिन लक्षित पूर्णता तक पहुँचने में महत्वपूर्ण हैं) के लिए नियोजित गति के संबंध में विभिन्न चरणों की वास्तविक प्रगति की समीक्षा की गई। जब भी आवश्यकता हुई, इन माइलस्टोन को चर्चा के एजेंडा बिंदुओं में और विस्तृत रूप से बताया गया, जिन्हें परियोजना प्रबंधन प्रक्रिया के वर्क ब्रेकडाउन स्ट्रक्चर (डबल्यूबीएस) के आधार पर तैयार किया गया था। माइलस्टोन मॉनिटरिंग की आधारशिलाएँ निम्नलिखित माध्यम से बनाई गई थीं:



वर्तमान परियोजना में पिछले कमीशनिंग अनुभव का अनुप्रयोग

परमाणु ऊर्जा के सभी क्षेत्रों से टीम के सदस्यों का लाभ उठाते हुए, निरीक्षण गतिविधियों के दौरान अन्य रिक्टरों के कमीशनिंग अनुभव और विशेषज्ञता को साझा किया गया। एक प्रमुख सबक यह था कि कमीशनिंग अनुभव को समय पर साझा करने से भविष्य के रिक्टरों के डिजाइन को अंतिम रूप देने और कमीशनिंग में तेजी लाने में मदद मिलती है। इसके अलावा, परियोजना निदेशालय डेटाबेस के माध्यम से निमणि फीडबैक साझा करना भविष्य की परियोजनाओं के लिए फायदेमंद साबित होगा।

निमणि, स्थापना और खरीद संबंधी बाधाओं का अवलोकन और बाधाओं का निवारण

इस पहलू में, निरीक्षण टीम ने निमणि और खरीद में आने वाली बाधाओं को दूर करने के लिए चर्चा की, तथा जस्ट-इन-टाइम (जेआईटी) जैसी अवधारणाओं के माध्यम से परियोजना और खरीद की गति के एकीकरण की आवश्यकता पर बल दिया।

जात प्रमुख मुद्दे

- निमणि और अंतिम कमीशनिंग चरणों के दौरान कुशल कार्यबल की कमी।
- निमणि और कमीशनिंग चरणों के दौरान आवश्यक घटकों एवं सामग्रियों की कमी।
- फर्स्ट ऑफ ए कांड (एफओएके) 700 मेगावाट प्रणाली के लिए डिजाइन और विनियामक मंजूरी के लिए समय में वृद्धि।

इस गतिविधि के दौरान सीखे गए प्रमुख सबक थे

- परियोजना में देरी से बचने के लिए सामग्री के लिए जेआईटी लागू करना आवश्यक है। इसके लिए खरीद और निष्पादन टीमों द्वारा दिन-प्रतिदिन संयुक्त समन्वय की आवश्यकता होती है।
- किसी विशिष्ट गतिविधि या गतिविधियों के समूह के लिए निश्चित अवधि के लिए अन्य स्टेशनों और परियोजनाओं से कुशल जनशक्ति की तैनाती के लिए जेआईटी का उपयोग करना किसी परियोजना के लिए अत्यंत लाभकारी साबित हो सकता है। ऐसी टीमों का एक केंद्रीकृत डेटाबेस बनाया जा सकता है और आवश्यकतानुसार उनका उपयोग किया जा सकता है।

- एनपीसीआईएल प्रबंधन द्वारा विक्रेताओं के उच्च अधिकारियों के समक्ष मुद्दे को उठाया जाना तथा क प्रयास करना, कुछ बाधाओं को हल करने में बहुत प्रभावी रहा।
- जहां तक संभव हो, खाली समय की पहचान करना तथा गतिविधियों की समयसीमा को अनुकूलित करना, विलंब को रोकने में प्रभावी रहा।
- सभी हितधारकों द्वारा राउंडटेबल पर लिया गया निर्णय बहुत प्रभावी रहा। विभिन्न अड़चनों के मुद्दों पर संबंधित डिजाइनरों, निमणि इंजीनियरों और कमीशनिंग इंजीनियरों द्वारा मौके पर ही पुष्टि किए जाने से प्रक्रिया में तेजी आई। इसके परिणामस्वरूप व्यक्तिगत इंजीनियरों की सहकर्मि समूहों/स्वयं के प्रति जिम्मेदारियों के बारे में स्पष्टता भी बढ़ी।
- संबंधित मुख्यालय/साइट समूहों, सीएमएम और वित्त समूहों के साथ भुगतान संबंधी मुद्दों के समाधान से परियोजना की प्रगति में मदद मिली।
- साइट पर या अन्य निकटवर्ती साइटों के साथ सामग्री लोन्स/समायोजन पहलों ने निष्पादन की गति को बनाए रखने में मदद की।
- बाजार में उपलब्धता के अनुसार प्रतिस्थापन प्रणालियों और पुर्जों की योग्यता/समतुल्यता के कारक को ध्यान में रखना भविष्य की परियोजनाओं में सहायक होगा।
- अपस्ट्रीम/डाउनस्ट्रीम कमीशनिंग टीमों द्वारा पूर्ण की गई गतिविधियों की सत्यनिष्ठा जांच से समय रहते समस्याओं का पता लगाया जा सकता है, यदि कोई हो।

डिजाइन परिवर्तन के संबंध में कॉन्फ़िगरेशन प्रबंधन की समीक्षा

इस पहलू में, डिजाइन में परिवर्तन और परमाणु ऊर्जा परियोजनाओं के लिए विन्यास नियंत्रण जैसी अनुमोदित प्रक्रियाओं के अनुसार उनके कार्यान्वयन तथा प्रिलिमिनरी सेफ्टी एनालिसिस रिपोर्ट (पीएसएआर), फाइनल सेफ्टी एनालिसिस रिपोर्ट (एफएसएआर), कमीशनिंग प्रक्रियाएं, परीक्षण प्रक्रियाएं, लाइसेंसिंग दस्तावेज आदि जैसे दस्तावेजों में उनके उचित समावेश पर चर्चा की गई।

इस गतिविधि के दौरान मिली सीख यह थी कि डिजाइन संशोधन को नियंत्रित और समयबद्ध तरीके से किया जाना चाहिए ताकि सभी डिजाइन परिवर्तन कमीशनिंग परीक्षणों से पहले लागू किए जाएं और सभी प्रासंगिक दस्तावेजों में शामिल किए जाएं।



रेगुलेटरी इम्पेक्शन होल्ड पॉइंट (आरएचपी) के संबंध में प्रगति की समीक्षा

इस पहलू में, आरएचपी की स्वीकृति के लिए निर्धारित विनियामक आवश्यकताओं के अनुसार परीक्षणों और दस्तावेज़ीकरण की स्थिति पर चर्चा की गई। पीएचडब्ल्यूआर (प्रेशराइज्ड हैवी वाटर रिएक्टर) कमीशनिंग के सबसे आम होल्ड पॉइंट आईएफएल, एफएसी (फर्स्ट अप्रोच टू क्रिटिकलिटी) और पॉवर टेस्ट हैं, जिनके लिए विस्तृत निरीक्षण गतिविधियों की आवश्यकता होती है। इस गतिविधि के दौरान ली गयी सीख यह थी कि विनियामक इंटरफ़ेस (आरआई) टीम और कमीशनिंग टीम के बीच समय पर संचार आरएचपी की शीघ्र प्रदर्शन सुनिश्चित करता है।

अप्रत्याशित परिणामों से निपटान पर मार्गदर्शन

चर्चा के दौरान, स्थापित प्रक्रियाओं के प्रमुख अप्रत्याशित परिणामों पर भी ध्यान दिया गया और मूल कारण विश्लेषण की समीक्षा की गई। चर्चाएँ समस्या की पहचान और रिपोर्टिंग, संभावित समाधानों पर विचार-विमर्श, निरीक्षण और परीक्षण, क्यूए और अंतिम समाधान के कार्यान्वयन पर केंद्रित थीं।

इस समीक्षा के दौरान ली गयी सीख यह थी कि रुट कॉज एनालिसिस (आरसीए) और क्षेत्र के अधिकारियों, निरीक्षकों और डिजाइनरों के बीच मजबूत कार्य-स्तर संचार अप्रत्याशित मुद्दों को तुरंत संबोधित करने के लिए महत्वपूर्ण हैं।

परीक्षण परिणामों और IV व V (स्वतंत्र सत्यापन और मान्यता) का अवलोकन

इस पहलू में, परीक्षणों के समय पर संचालन और विनियामक अनुमोदन के लिए उनके अपेक्षित परिणामों को प्रस्तुत करने पर चर्चा केंद्रित थी। इस समीक्षा के दौरान ली गयी सीख IVV पर एक कार्य योजना तैयार करना व संबंधित डिज़ाइन और IVV टीमों के लिए होल्ड पॉइंट को विभाजित करना था, जिससे IVV प्रक्रिया को पूरा करने में तेज़ी आई।

प्रचलित सेफ्टी कल्चर की निगरानी

यह चर्चा सेफ्टी कल्चर, आवधिक मूल्यांकन, शिक्षा की आवश्यकता और घटना रिपोर्टिंग पर वर्गीकृत दृष्टिकोण पर केंद्रित थी।

उपकरणों और पुर्जों की स्थिति/संरक्षण पर निरीक्षण

यह चर्चा साइट पर आपूर्ति/स्थापित उपकरणों और उनके पुर्जों को बनाए रखने की आवश्यकता पर केंद्रित थी। निरीक्षण गतिविधियों में उपकरण संरक्षण आवास की स्थिति, पुर्जों की उपलब्धता और उपकरणों, उपभोग्य सामग्रियों और अन्य सामग्रियों की भविष्य की खरीद के लिए विभिन्न तकनीकी विशिष्टताओं की उपलब्धता की भी समीक्षा की गई।

इस समीक्षा के दौरान जो मुख्य सबक मिला वह यह था कि कमीशनिंग में देरी के कारण लंबे समय तक संरक्षण अवधि के कारण समस्याएँ हो सकती हैं। भविष्य की खरीद के लिए तकनीकी विनिर्देशों की उपलब्धता सुनिश्चित करना भी महत्वपूर्ण है।

निष्कर्ष

परमाणु ऊर्जा संयंत्र के निर्माण के लिए अद्वितीय इंजीनियरिंग, सुरक्षा और परियोजना प्रबंधन कौशल की आवश्यकता होती है। कॉर्पोरेट निरीक्षण प्रक्रिया ऐसी मुश्किल परियोजनाओं के प्रभावी परिचालन और अखंडता को सुनिश्चित करती है। पारदर्शिता, टीमवर्क और निरंतर सुधार की संस्कृति को बढ़ावा देकर; कॉर्पोरेट निरीक्षण तंत्र परियोजना की प्रगति में महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। चूंकि परमाणु ऊर्जा सतत ऊर्जा संक्रमण का एक महत्वपूर्ण घटक बनी हुई है, इसलिए भविष्य की पीढ़ियों को सुरक्षित, विश्वसनीय और टिकाऊ बिजली प्रदान करने के लिए मजबूत प्रशासन आवश्यक है।

संदर्भ

- परमाणु प्रतिष्ठानों के लिए निर्माण, IAEA - SSG - 38
- नए परमाणु रिएक्टरों के लिए कमीशनिंग चरण की विनियामक निगरानी, OECD - NEA/CNRA/R(2017)8
- निगरानी प्रक्रिया 20 - DOT संघीय पारगमन प्रशासन, यूएसए द्वारा परियोजना प्रबंधन योजना की समीक्षा



श्री अरिंदम पाल (वैज्ञानिक अधिकारी/जी), के पास इंप्रगस्ट्रक्चर डिज़ाइन और प्रोजेक्ट मैनेजमेंट की उपाधि है, जिसमें 29+ साल का कार्यक्षेत्र अनुभव है। उनके हालिया योगदानों में प्रोजेक्ट इंटरफ़ेस, निर्माणाधीन परियोजनाओं के लिए निरीक्षण गतिविधियों का समन्वय, परियोजनाओं की निगरानी के लिए एनपीसीआईएल बोर्ड उपसमिति का समर्थन और पीएचडब्ल्यूआर परियोजना स्थलों के लिए अर्जित मूल्य प्रबंधन प्रणाली को संभालना शामिल है। इसके अतिरिक्त, उन्होंने 700 मेगावाट पीएचडब्ल्यूआर परियोजनाओं के लिए परियोजनाओं के लिए प्रक्रियाएँ और परियोजना प्रबंधन पर एक मॉडल दस्तावेज़ लिखा है। वह एनपीसीआईएल और बीएआरसी प्रशिक्षण स्कूलों के लिए परियोजना प्रबंधन पाठ्यक्रम के समन्वयक और संकाय सदस्य भी हैं।





राजस्थान परमाणु परियोजना (आरएपीपी) - 7 व 8 की विद्युत प्रणालियों की मुख्य विशेषताएं और नवीनतम विशेषताएं

तरुण मोहन जोशी, अपर मुख्य अभियंता, एम. आनंथाचारी, अपर मुख्य अभियंता, डॉ. शक्ति प्रसाद पांडा, अपर मुख्य अभियंता, कुमुद मुर्डिया, अपर मुख्य अभियंता व प्रमुख (विद्युत अभिकल्पना), (अनुभाग: विद्युत अभिकल्पना)

राजस्थान परमाणु ऊर्जा परियोजना (आरएपीपी)-7 व 8 राजस्थान साइट की पहली 700 मेगावाट द्विन इकाइयाँ हैं। 700मेगावाट की विद्युत प्रणालियाँ उद्योग में तकनीकी प्रगति, राष्ट्रीय और अंतरराष्ट्रीय नाभिकीय विद्युत संयंत्र (एनपीपी) प्रचालन अनुभवों एवं संशोधित नियामक दिशानिर्देशों के आधार पर पहले के संयंत्रों (220 मेगावाट व 540 मेगावाट पीएचडबल्यूआर) से विकसित हुई हैं। इसी तरह के डिजाइन एवं सिस्टम का उपयोग गुजरात के काकरापार परमाणु ऊर्जा परियोजना (केएपीपी-3 व 4) में भी किया गया है। इस पेपर में विद्युत प्रणालियों की कुछ महत्वपूर्ण प्रमुखताएं और अनोखी विशेषताएँ प्रस्तुत की गई हैं।

400 केवी और 220 केवी अतिरिक्त उच्च वोल्टेज (ईएचवी) स्विचयार्ड

आरएपीपी-7 व 8 इकाइयों के लिए पारंपरिक एयर इंसुलेटेड स्विचयार्ड का उपयोग किया जा रहा है। 400 केवी (निकासी के लिए) और 220 केवी (स्टार्ट-अप पावर के लिए) स्विचयार्ड मौजूदा राजस्थान परमाणु बिजली घर (आरएपीएस) -5 व 6 इकाइयों के संगत स्विचयार्ड के विस्तार हैं।



चित्र 1: 220 केवी केबल के माध्यम से चार्ज की गई एसयूटी



चित्र 2: 220 ईवी ईएचवी केबल का विशिष्ट सी/एस

साइट लेआउट की बाधाओं के कारण व सामान्य बिजली आपूर्ति प्रणाली से दो ऑफ साइट कनेक्शनों के बीच भौतिक पृथक्करण और स्वतंत्रता सुनिश्चित करने के लिए, 220केवी अतिरिक्त उच्च विद्युत दाब (ईएचवी) केबल

का उपयोग ओवरहेड लाइनों (चित्र 1 व 2) के बजाय स्टार्ट अप ट्रांसफॉर्मर (एसयूटी) के फीडर के रूप में किया जाता है। इससे 220केवी ओवरहेड कंडक्टर कॉरिडोर के लिए आवश्यक स्थान में बेहद कमी आई है और प्लांट लेआउट आसान हो गया है।



चित्र 3: स्विचयार्ड में बस रिपक्टर

बेहतर प्रतिक्रियाशील ऊर्जा प्रबंधन व 400 केवी ईएचवी प्रणाली के बेहतर वोल्टेज प्रोफाइल के लिए एक 125 एमवीएआर (मेगा वोल्ट एम्पियर रिएक्टिव) बस रिएक्टर और दो 50 एमवीएआर एवं एक 63 एमवीएआर लाइन रिएक्टर स्थापित किए गए हैं। बस रिएक्टरों में इनरश करंट ट्रांजिएंट को कम करने के लिए (चित्र 3) भारतीय एनपीपी में पहली बार पॉइंट ऑफ वेव स्विचिंग तकनीक का उपयोग किया गया है।

विद्युत उत्पादन एवं निकासी

आरएपीपी-7 व 8 वाष्प टर्बाइन (चित्र 4) 3000 आरपीएम 700 मेगावाट टेंडेड कंपाउंडेड मशीन है जिसमें एक उच्च दबाव (एचपी) और तीन कम दबाव (एलपी) चरण के टर्बाइन शामिल हैं जिसमें दो नंबर बाहरी मॉड्यूलर सेपरेटर और टी-हीटर यूनिट (एमएसआर) शामिल हैं जिसमें द्वि चरणीय रीहीटिंग की व्यवस्था है। सिंगल डायरेक्ट ड्राइव जनरेटर हाइड्रोजन कूल्ड है और 21 केवी आउटपुट, 0.9 पीएफ पर 842.9 एमवीए निर्धारित है। अन्य संबंधित सिस्टम में एक पूरा टर्बाइन जनरेटर (टीजी) बेयरिंग ल्यूब ऑयल सिस्टम, एक डिजिटल इलेक्ट्रो-हाइड्रोलिक (डीईएच) टीजी कंट्रोल और निरीक्षणात्मक उपकरण के साथ सुरक्षा प्रणाली, टर्बाइन ग्लैंड सीलिंग प्रणाली, इलेक्ट्रिकल टर्निंग गियर, थ्रस्ट बेयरिंग, मेन ऑयल पंप, जनरेटर हाइड्रोजन कूलिंग प्रणाली, सील ऑयल प्रणाली, प्राइमरी वॉटर प्रणाली, एक एयर कूल्ड ब्रशलेस एक्सहाइडेशन और एक डिजिटल ऑटोमैटिक वोल्टेज रेगुलेटर शामिल हैं।

प्रत्येक इकाई की उत्पादित बिजली को 3 एकल फेज 285 एमवीए जनरेटर ट्रांसफार्मर (चित्र 5) द्वारा निकाला जाता है। द्विन इकाइयों के लिए, एक एकल फेज ट्रांसफार्मर को अतिरिक्त के रूप में रखा जाता है जो एक ट्रांसफार्मर में खराबी आने की स्थिति में तेजी से चालू होने में मदद करेगा।



चित्र 4: टर्बाइन के साथ मुख्य जनरेटर



चित्र 5: साइट पर जनरेटर ट्रांसफार्मर (एकल फेज)

स्टेशन सहायक विद्युत आपूर्ति प्रणाली

स्टेशन सहायक उपकरणों के लिए बिजली की आपूर्ति यूनिट ट्रांसफार्मर (यूटी) का उपयोग करके प्लांट जनरेशन से और स्टार्ट-अप ट्रांसफार्मर (एसयूटी) का उपयोग करके ग्रिड से प्राप्त की जाती है। प्राइमरी कूलेंट पंप (पीसीपी) मोटर को शुरू करने सहित यूनिट के लोड को पूरा करने के लिए 220 केवी/6.9 केवी/6.9 केवी की 2 संख्या, 70 एमवीए तीन वाइंडिंग एसयूटी प्रदान किया जाता है। समान रूप से 21 केवी/6.9 केवी/6.9 केवी की 2 संख्या, 70 एमवीए तीन वाइंडिंग यूटी का उपयोग किया जाता है। 540 मेगावाट इकाइयों में एक तीन वाइंडिंग एसयूटी और दो वाइंडिंग यूटी की प्रति यूनिट 2 संख्या थीं।



चित्र 6: 220 केवी उपकरण। स्टार्ट-अप ट्रांसफार्मर और बिल्डिंग हाउसिंग क्लास-IV प्रणाली



ट्रांसफार्मर इस तरह स्थित होते हैं कि स्विचगियर तक बस डक्ट कनेक्शन की लंबाई कम से कम हो, जबकि पास की इमारतों और अन्य ट्रांसफार्मरों के साथ पर्याप्त क्लीयरेंस बनाए रखा जाए ताकि एक ट्रांसफार्मर में घटना अन्य स्रोत ट्रांसफार्मर को प्रभावित न करे। प्रत्यावर्ती धारा (एसी) विद्युत आपूर्ति वितरण 6.6 केवी स्तर (बड़े भार के लिए) और 415 वी स्तर (छोटे भार के लिए) पर किया जाता है। गैर-सुरक्षा स्विचगियर और सुरक्षा स्विचगियर अलग-अलग इमारतों में रखे जाते हैं। यहां तक कि विभिन्न डिवीजनों के सुरक्षा स्विचगियर भी अलग-अलग इमारतों में रखे जाते हैं जिससे स्वतंत्रता और भौतिक पृथक्करण प्रदान होता है। 700 मेगावाट संयंत्रों में पहली बार श्रेणी-III (संरक्षा संबंधी) 6.6 केवी स्तर पर दो इकाइयों के बीच अंतर इकाई संबंधों का प्रावधान किया गया।

आंतरिक आर्क योग्य 6.6 केवी स्विचगियर्स

सुरक्षा और गैर-सुरक्षा से संबंधित 6.6 केवी स्विचगियर अलग-अलग इमारतों में स्थित हैं। सुरक्षा श्रेणी के स्विचगियर के विभिन्न प्रभाग अलग-अलग इमारतों में स्थित हैं। इसके अलावा एक प्रभाग के भीतर विभिन्न उप-विभाग स्विचगियर भी सुरक्षा योग्य इमारतों की विभिन्न मंजिलों में भौतिक रूप से स्थित हैं। ये स्विचगियर स्प्रिंग संचालित वैक्यूम ब्रेकर आधारित स्विचगियर हैं। एनपीसीआईएल में पहली बार, 700मेगावाट परियोजनाओं में आंतरिक आर्क योग्य 6.6 केवी स्विचगियर का उपयोग किया जाता है। इन्हें विशेष रूप से आंतरिक आर्क के प्रभावों का सामना करने और ऑपरेटर्स के लिए कोई खतरा पैदा किए बिना आर्क उत्पादों को सुरक्षित रूप से निर्देशित करने के लिए डिज़ाइन किया गया है। साथ ही इन स्विचगियर में सक्रिय आर्क सुरक्षा योजनाओं (चित्र 8) का उपयोग किया जाता है जो आर्क की अवधि को सीमित करता है और इस तरह उपकरणों को होने वाली भौतिक क्षति को कम करता है।



चित्र 7: 6.6 केवी स्विचगियर



चित्र 8: आर्क सुरक्षा रिले और सेंसर

4.2 मेगावाट, 4X100% आपातकालीन डीजल जेनरेटर (ईडीजी) सेट

आरएपीपी-7 व 8 की प्रत्येक इकाई में 4.2 एमवी रेटिंग वाले 6.6 केवी के 4 आपातकालीन डीजल जेनरेटर सेट हैं। प्रत्येक ईडीजी का आकार संयंत्र की किसी भी परिचालन/अनुमानित परिचालन घटना/डिजाइन आधारित दुर्घटना स्थिति के दौरान आवश्यक संपूर्ण संरक्षा भार का 100% उठाने के लिए है। ईडीजी (चित्र 9) को सुरक्षा योग्य इमारतों में रखा गया है। डिवीजन-1 के दो ईडीजी और उनके नियंत्रण पैनल एक सुरक्षा योग्य इमारत में और डिवीजन-2 के दो ईडीजी को अलग-अलग सुरक्षा योग्य इमारतों में रखा गया है, जिससे अनावश्यक डिवीजनों के बीच भौतिक स्वतंत्रता बनी रहती है। 220 मेगावाट इकाइयों में 3x 100% ईडीजी हैं और 540 मेगावाट इकाइयों में 4x50% ईडीजी हैं। 700 मेगावाट इकाइयों में उपयोग किए जाने वाले 4X100% ईडीजी सेटों ने पहले की परियोजनाओं की तुलना में वर्ग-III बिजली आपूर्ति की विश्वसनीयता बढ़ा दी है।



चित्र 9: एसएबी में 4.2 मेगावाट ईडीजी सेट

विद्युत प्रवेश असेंबली (ईपीए)

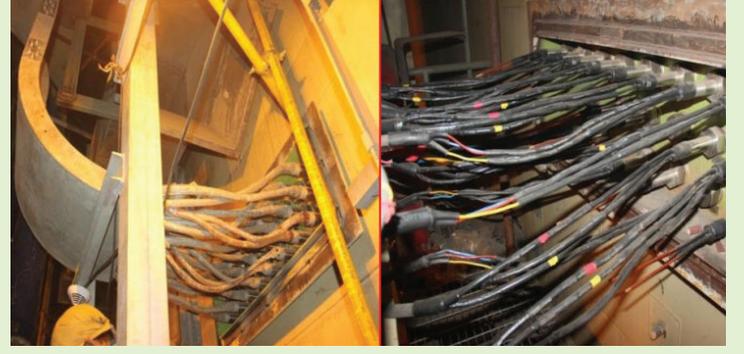
विद्युत प्रवेश असेंबली (ईपीए) रिएक्टर भवन प्रवेश के लिए केबल सीलिंग व्यवस्था है, जो अपनी तरह की पहली व्यवस्था है, जिसे न्यूक्लियर पावर कॉर्पोरेशन ऑफ इंडिया लिमिटेड (एनपीसीआईएल) द्वारा स्वदेशी रूप से विकसित किया गया है। कम दबाव (एलवी) सिस्टम के लिए रिएक्टर भवन का आंतरिक नियंत्रण (आईसी) वॉल पर अलग-अलग स्थानों पर ईपीए (चित्र 10) प्रदान किए जाते हैं और रिएक्टर भवन की बाहरी नियंत्रण (ओसी) वॉल पर कनस्तर प्रदान किए जाते हैं। ये ईपीए क्षणिक और दोष धाराओं जैसे विद्युत कार्यों के साथ-साथ भूकंपीय और गंभीर पर्यावरणीय परिस्थितियों के लिए भी योग्य हैं।

रिएक्टर भवन (चित्र 11) में एक इकाई के लिए कुल 51 ईपीए (आईसी वॉल पर) और 53 कनस्तर (ओसी वॉल पर) स्थापित किए गए हैं। स्थापना के बाद, प्रत्येक ईपीए को हीलियम रिसाव दर परीक्षण के अधीन किया गया और परीक्षण के परिणाम मानक स्वीकार्य सीमाओं से बेहतर पाए गए।

220 व 540 मेगावाट पीएचडबल्यूआर रिएक्टरों में, केबल के लिए इपॉक्सी मोल्ड की इन-सीटू कास्टिंग वाली पारंपरिक केबल सीलिंग व्यवस्था का उपयोग किया गया था। ईपीए व्यवस्था पारंपरिक केबल सीलिंग व्यवस्था से बेहतर है क्योंकि यह कॉम्पैक्ट है, निर्माण में आसान है, इसका हीलियम रिसाव परीक्षण किया गया है, इसके साइट पर निर्माण और परीक्षण के लिए न्यूनतम समय की आवश्यकता है।



चित्र 10: फैक्ट्री में फीडथू के साथ ईपीए



चित्र 11: साइट पर ईपीए असेंबली

डिज़ाइन प्रसारण स्थिति (डीईसी) पावर स्रोत

प्रत्येक एनपीसीआई इकाई के लिए 415 वी, 200 केवीए रेटिंग का एक एयर कूल्ड डीजल जेनरेटर (जिसे डीईसी डीजी भी कहा जाता है) सेट प्रदान किया जाता है। इन पावर स्रोतों को आम तौर पर विस्तारित विद्युत केंद्र ब्लैकआउट (एसबीओ) और अन्य डिज़ाइन प्रसारण स्थितियों के दौरान पहचाने गए लोड (महत्वपूर्ण मापदंडों, आपातकालीन प्रकाश व्यवस्था आदि की निगरानी के लिए) को बिजली की आपूर्ति के लिए स्टैंडबाय मोड में रखा जाता है। डीईसी डीजी (चित्र 12) उन घटनाओं के लिए अतिसंवेदनशील नहीं है जो ऑन-साइट और ऑफ-साइट पावर स्रोतों के नुकसान का कारण बने। वे स्टैंडबाय एसी पावर स्रोत (ईडीजी) की तुलना में डिज़ाइन में विविध हैं और उनके संचालन के लिए प्रक्रिया शीतलन जल की आवश्यकता नहीं है, क्योंकि जैकेट का पानी रेडिएटर द्वारा ठंडा किया जाता है।

डीईसी डीजी को भारत में पहली बार डिज़ाइन आधार से परे भूकंप (एसएसई का 1.5 गुना) के लिए कंपनी तालिका पर भूकंपीय रूप से योग्य घोषित किया गया है।



चित्र 12: एनएफएसबी 106 मीटर ईएल पर स्थित 200 केवीए डीईसी डीजी सेट का दृश्य

डीईसी डीजी सेट को संरक्षा योग्य भवनों में रखा जाता है और एसी वितरण बोर्ड, चेंज ओवर बॉक्स, डीजल तेल टैंक और चिमनी जैसे सभी सहायक उपकरणों के साथ स्थापित किया जाता है।



एफएम सप्लाइ पंप मोटर के लिए निर्बाध विद्युत आपूर्ति (यूपीएस) और परिवर्तनीय दबाव और परिवर्तनीय आवृत्ति (वीवीवीएफ) स्टार्टर

प्रत्येक यूनिट में 2 x 500 केवीए यूपीएस प्रणाली (प्रत्येक डिवीजन के लिए एक) हैं जो कनेक्टेड लोड को निर्बाध एसी सीएल-॥ पावर की आपूर्ति करते हैं। आरएपीपी-7 व 8 में, प्रत्येक डिवीजन यूपीएस में दो 100% रिडंडेंट मॉड्यूल हैं।

415 वी वर्ग-॥ प्रणाली में, शुरू की जाने वाली सबसे बड़ी मोटर 132 केडब्ल्यू की फ्यूलिंग मशीन (एफएम) आपूर्ति पंप मोटर है। निर्बाध विद्युत आपूर्ति (यूपीएस) प्रणाली पर शुरूआती कार्य को सीमित करने और इस प्रकार इसके आकार को सीमित करने के लिए, एफएम पंप मोटर को वीवीवीएफ ड्राइव (चित्र 13) प्रदान किया जाता है जो इसके टॉर्क को प्रभावित किए बिना शुरूआती धारा को पूर्ण लोड धारा के 125% से कम तक सीमित करता है। इन ड्राइवों का लागू मानकों के अनुसार व्यापक परीक्षण किया गया है और परमाणु ऊर्जा नियामक बोर्ड (ईआरबी) सुरक्षा मार्गदर्शिका एसजी/डी-25 के अनुसार स्वतंत्र सत्यापन और प्रमाणीकरण (IV व V) योग्यताएं दी गई हैं। पहले 540 मेगावाट और 220 मेगावाट इकाइयों में सॉफ्ट स्टार्टर का उपयोग किया जाता था जहां शुरूआती धारा पूर्ण लोड धारा के न्यूनतम 300% तक सीमित होती थी जिसके लिए बड़े आकार के यूपीएस की आवश्यकता होती थी वीवीवीएफ स्टार्टर की अनुपस्थिति में, यूपीएस की क्षमता 800 केवीए से अधिक हो जाती।



चित्र 13: वीवीवीएफ स्टार्टर आंतरिक पैनल

अतिरिक्त उच्च दबाव, मध्यम दबाव और निम्न वोल्टेज प्रणालियों में संख्यात्मक रिग्ले

डिजिटल सिग्नल प्रोसेसर (डीएसपी) आधारित संख्यात्मक रिग्ले का उपयोग 700मेगावाट संयंत्रों में सुरक्षा कार्यों के लिए बड़े पैमाने पर किया गया है। ये रिग्ले कई लाभ जैसे एकल रिग्ले में व्यापक सुरक्षा एल्गोरिदम, दोष विश्लेषण के लिए दोष और घटना रिकॉर्डिंग, स्व-निदान और प्रोग्रामेबल लॉजिक समर्थन प्रदान करते हैं। संख्यात्मक रिग्ले का लचीलापन एवं तकनीकी उत्तमता को उनके अप्रचलित विद्युत चुम्बकीय समकक्षों पर प्राथमिकता दी गई है। 700 मेगावाट परियोजनाओं में पहली बार एलवी प्रणाली में संख्यात्मक रिग्ले का उपयोग किया गया है। सुरक्षा प्रणालियों में संख्यात्मक रिग्ले ने एआरईबी एसजी/डी-25 आवश्यकताओं के अनुरूप कठोर IVVV योग्यताएं प्राप्त की हैं।

रियल टाइम डिजिटल सिमुलेटर (आरटीडीएस) परीक्षण

पहली बार, केंद्रीय विद्युत अनुसंधान संस्थान (सीपीआरआई), बेंगलूर में वास्तविक समय सिमुलेटर (चित्र 14) में संपूर्ण संयंत्र विद्युत प्रणाली का वास्तविक समय सिमुलेशन आयोजित किया गया। इसका उद्देश्य सिस्टम में विभिन्न दोषों का अनुकरण करके प्रमुख सुरक्षा व ऑटो-ट्रान्सफर रिग्ले के संचालन समय और गतिशील सटीकता को मापना था। इस हार्डवेयर इन लूप (एचआईएल) परीक्षण ने रिग्ले में लागू आंतरिक एल्गोरिदम एवं तर्क के सही संचालन को सत्यापित किया और साइट पर लागू करने से पहले विभिन्न क्षणिक स्थितियों के तहत संपूर्ण सुरक्षा योजना के सही संचालन को सुनिश्चित किया।



चित्र 14: आरटीडीएस सिमुलेटर रैक और टेस्ट बेंच का दृश्य

निष्कर्ष

700मेगावाट संयंत्रों की विद्युत प्रणालियाँ नवीनतम विनियामक आवश्यकताओं और उद्योग विकास को पूरा करने के लिए विकसित की गई हैं और उद्योग में इस्तेमाल की जा रही अत्याधुनिक तकनीक के साथ इनलाइन विकसित की गई हैं। बिजली आपूर्ति की विश्वसनीयता बढ़ाने और डाउनटाइम को कम करने के लिए नवीनतम अत्याधुनिक डिजिटल उपकरणों का उपयोग किया जा रहा है। संख्यात्मक रिले, ड्राइव, नियंत्रित स्विचिंग डिवाइस आदि जैसे डिजिटल उपकरणों ने हमारे संयंत्रों की विद्युत शक्ति प्रणाली को उद्योग में सर्वश्रेष्ठ के बराबर बना दिया है। ईएचवी केबलों के उपयोग ने संयंत्र सीमा के अंदर ईएचवी कॉरिडोर के लिए लेआउट आवश्यकताओं को कम कर दिया है। ईपीए ने निर्माण एवं कमीशनिंग समय को काफी कम कर दिया है और साथ ही दुर्घटना की स्थिति के दौरान रिपेक्चर भवन (आरबी) से रिसाव दरों में कुल मिलाकर कमी लाने में योगदान दिया है। स्विचगियर्स की आंतरिक आर्क योग्यता ने संयंत्र संचालन के दौरान ऑपरेटर की संरक्षा में वृद्धि की है और डीईसी डीजी ने डिज़ाइन प्रसारण स्थितियों से निपटने के लिए संयंत्र की मुकाबला करने की क्षमता को बढ़ाया है।



श्री तरुण मोहन जोशी (वैज्ञानिक अधिकारी/जी), ने बी.ई.-इलेक्ट्रिकल इंजीनियरिंग पूरा करने के बाद बीएआरसी प्रशिक्षण विद्यालय के 50वें बैच में प्रवेश लिया और आगे चलकर एच.बी.एन.आई, मुंबई से एम.टेक (इलेक्ट्रिकल इंजीनियरिंग) की डिग्री हासिल की। वे इलेक्ट्रिकल डिज़ाइन समूह में कार्यरत रहे हैं और उन्होंने बड़े पावर ट्रांसफॉर्मर, 6.6 केवी स्विचगियर्स, 415वी स्विचगियर्स व एमसीसी, एचटी एवं एलटी मोटर्स और स्टेशन सहायक आपूर्ति की सुरक्षा योजनाओं के क्षेत्र में काम किया है।

डॉ. शक्ति प्रसाद पांडा (वैज्ञानिक अधिकारी/जी), ने संबलपुर विश्वविद्यालय से बी.ई.-इलेक्ट्रिकल इंजीनियरिंग पूरा किया है। वे डीजीएफएस, बीएआरसी प्रशिक्षण विद्यालय के दूसरे बैच में शामिल हुए, इसके बाद उन्होंने आईआईटी कानपुर से एमटेक और आईआईटी बॉम्बे से पीएचडी की। वे



एनपीपी आपातकालीन विद्युत आपूर्ति प्रणालियों जैसे डीसी वितरण, बैटरी, चार्जर, यूपीएस, ईएमटीआर, सिंक्रोनस सिस्टम और ऑटो ट्रांसफर सिस्टम आदि के क्षेत्रों में कार्यरत रहे हैं। उनकी रुचि इंटेलेजेंट सिस्टम, पावर सिस्टम नियंत्रण और विश्लेषण क्षेत्रों में है।

संदर्भ

- अंतर्राष्ट्रीय परमाणु ऊर्जा एजेंसी, 'परमाणु ऊर्जा संयंत्रों में विद्युत केंद्र ब्लैकआउट को झेलने के लिए डिज़ाइन प्रावधान', आईएईए तकनीकी दस्तावेज़- 1770 (2015)
- परमाणु ऊर्जा नियामक बोर्ड, 'नाभिकीय विद्युत संयंत्रों के लिए विद्युत ऊर्जा प्रणालियों का डिज़ाइन, एईआरबी/एनपीपी/एसजी/डी-11 (संशोधन-1) एईआरबी, मुंबई, (2020)
- रियल टाइम डिजिटल सिमुलेटर (आरटीडीएस) सुविधा, 'https://www.cpri.res.in'
- आरएपीपी-7व8 और केएपीपी-3&4 परियोजना स्थलों की प्रगति रिपोर्ट
- ईपीए, वीवीवीएफ स्टार्टर, सुरक्षा पैनल, स्विचगियर, ईडीजी पर डिज़ाइन मैनुअल
- भारतीय नाभिकीय सोसाइटी (आईएनएस) न्यूज़ लेटर, नवंबर, 2020

श्री एम. आनंथाचारी (वैज्ञानिक अधिकारी/जी), वे जेएनटीयू, हैदराबाद से इलेक्ट्रिकल इंजीनियर हैं। बीएआरसी प्रशिक्षण स्कूल (48वां बैच) पूरा करने के बाद, वे 2005 में इलेक्ट्रिकल डिज़ाइन समूह में शामिल हुए। उन्हें परमाणु ऊर्जा संयंत्रों के लिए विद्युत प्रणालियों के डिज़ाइन में 20 से



अधिक वर्षों का अनुभव है। वे वर्तमान में भारतीय परमाणु ऊर्जा निगम लिमिटेड (एनपीसीआईएल) में इलेक्ट्रिकल डिज़ाइन अनुभाग में अतिरिक्त मुख्य अभियंता के रूप में कार्यरत हैं।



श्री कुमुद मुर्दिया (वैज्ञानिक अधिकारी/एच), ने एम.बी.एम. इंजीनियरिंग कॉलेज, जोधपुर से इलेक्ट्रिकल इंजीनियरिंग पूरा किया और वर्ष 1990 में बीएआरसी प्रशिक्षण विद्यालय के 34वें बैच में शामिल हुए। वे वर्ष 1991 से एनपीसीआईएल के इलेक्ट्रिकल डिज़ाइन समूह में कार्यरत हैं। वे पीएचडबल्यूआर

परियोजनाओं के डिज़ाइन में शामिल हैं। 2015-2022 से वे गुणवत्ता आश्वासन निदेशालय में नियुक्त हैं, जहाँ वे मुख्य रूप से एलडबल्यूआर परियोजनाओं के लिए विद्युत उपकरणों की गुणवत्ता आश्वासन गतिविधियों में शामिल हैं। वर्तमान में वे इलेक्ट्रिकल डिज़ाइन समूह का नेतृत्व कर रहे हैं।



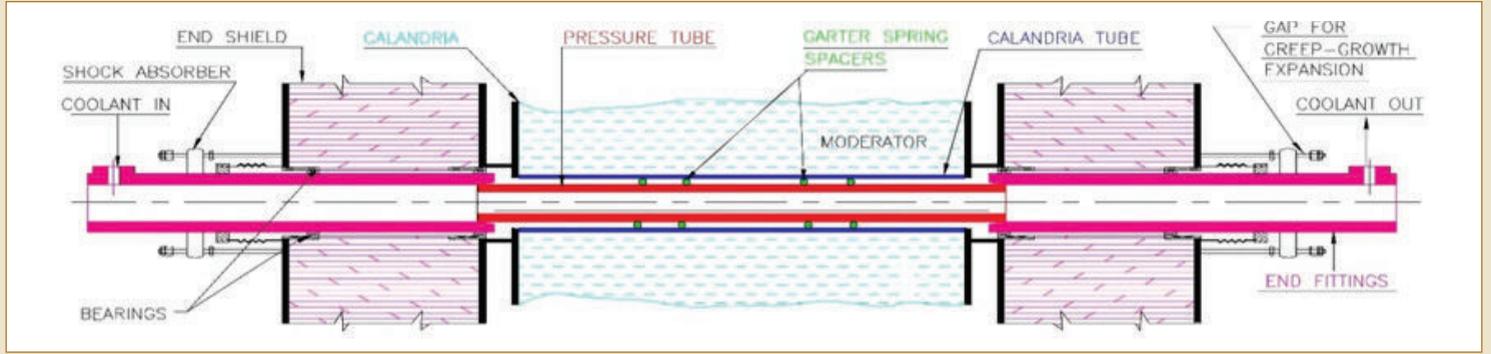
राजस्थान परमाणु परियोजना (आरएपीपी) - 7 व 8 में शीतलक चैनलों की स्थापना

आशीष कुमार गुप्ता, वैज्ञानिक अधिकारी / एफ. के. श्रीकांत, परियोजना अभियंता (आर ई),
(अनुभाग: क्षेत्र अभियांत्रिकी)

प्रस्तावना

इस लेख में आरएपीपी-7व8 में कूलेंट चैनलों की स्थापना और परीक्षण की प्रक्रिया शामिल है। लेख में तकनीकी विनिर्देश की कठोर आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए पिछली परियोजनाओं में मिली प्रतिक्रियाओं एवं चुनौतियों के आधार पर आरएपीपी-7व8 में सीसीए में किए गए सुधार पर ध्यान दिया गया है। 700 मेगावाट पीएचडब्ल्यूआर में 392 छोटे दबाव वाले जलयान होते हैं, जिन्हें कूलेंट चैनल असेंबली (सीसीए) के रूप में जाना जाता है, जो

प्राथमिक ताप परिवहन प्रणाली का एक हिस्सा बनते हैं। इन असेंबलियों को रिएक्टर कोर के भीतर ईंधन बंडलों को रखने के लिए डिज़ाइन किया गया है और उनमें गर्म दबाव वाला भारी पानी होता है जो उनके माध्यम से बहता है। प्रक्रिया में शामिल चरणों एवं विभिन्न विधियों को वास्तविक कार्य प्रक्रिया चित्रों की मदद से दर्शाया गया है।



नीचे दिए गए अनुभाग कूलेंट चैनल असेंबली की स्थापना के चरण हैं:



एंड फिटिंग की सफाई और डीग्रीजिंग

कूलेंट चैनल पुरजों की सफाई और डीग्रीजिंग का कार्य केरोसीन, लिसापोल घोल, गर्म प्रक्रिया (टैंक में डीएम पानी का तापमान 500 डिग्री सेल्सियस बनाए रखते हुए) का उपयोग करके किया गया।

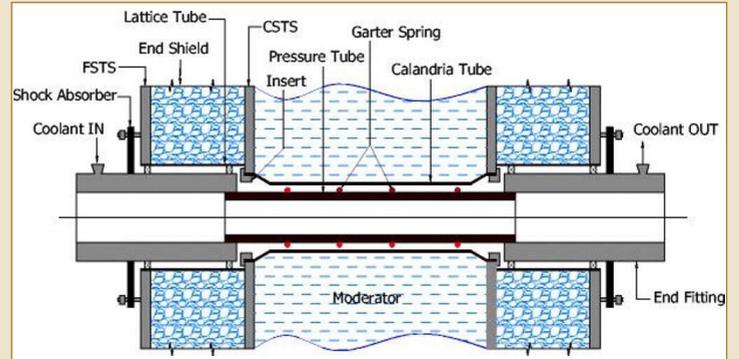
एंड फिटिंग के महत्वपूर्ण क्षेत्रों का निरीक्षण

- क्लोजर सील फेस, ई-फेस, ग्रेलॉक हब सीलिंग फेस और पीटी एवं एलटी रोलिंग क्षेत्र जैसी विभिन्न महत्वपूर्ण सीलिंग सतहों का प्रत्यक्ष निरीक्षण किया गया, ताकि क्षति, जंग, खरोंच आदि की जांच की जा सके।
- प्री-असेंबल एंड फिटिंग्स को सिलिका जेल के साथ वैक्यूम-सील पॉलीथीन बैग में पैक किया गया।
- यह सुनिश्चित किया गया कि हैंडलिंग और सफाई संचालन से कोई घर्षण, खरोंच आदि न हो।

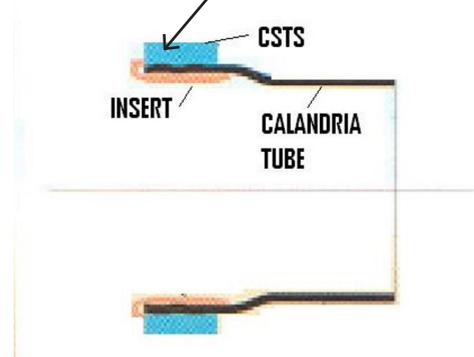


कैलेंड्रिया ट्यूब की स्थापना

- बो, इनर डायमीटर (आंतरिक व्यास) (आईडी), आउटर डायमीटर (बाहरी व्यास) (ओडी), और वॉल थिकनेस (दीवार की मोटाई) (डब्ल्यूटी) के माप दर्ज किए गए।
- कैलेंड्रिया ट्यूब (सीटी) और लैडेड इंसर्ट के बीच इंटरफेरन्स फिट 0.06 मिमी से 0.13 मिमी तक बनाए रखा गया था।
- ट्रिमिंग लंबाई का माप किया गया।
- कैलेंड्रिया ट्यूब के कटे हुए टुकड़ों को उनके स्थापित जालीदार स्थानों के साथ सहसंबंधित पहचान संख्याओं के साथ संरक्षित किया गया था।
- स्थापना उपकरण, कैलेंड्रिया ट्यूब, लैडेड स्लीव इंसर्ट और सीएसटीएस ट्यूब बोर/रोलिंग क्षेत्रों को साफ किया गया और उनका निरीक्षण किया गया।
- सभी ट्यूबों के क्रमांकित सिरों को कैलेंड्रिया के एक ओर (उत्तर या दक्षिण की ओर) स्थापित किया गया।
- अधिकतम बो वाली ट्यूबों को 12 बजने की स्थिति में रखा गया।
- सन्निकट जाली स्थितियों पर सीटी को वैकल्पिक दिशाओं में विस्तारित किया गया।
- हीलियम रिसाव दर, स्पिंग-बैक और परसेंटेज वॉल थिकनेस रिडक्शन (पीडब्ल्यूटीआर) ने डिजाइन आवश्यकताओं को पूरा किया।



The Calandria Tube is sandwiched between the insert and CSTS during the rolling operation.



CALANDRIA TUBE ROLLED JOINT



एंड फिटिंग बेलोण स्थापना

- रिटैनिंग रिंग के साथ कैलेंड्रिया और एफएम-साइड बियरिंग स्लीव्स (एल-120 मिमी) की स्थापना।
- लैटिस ट्यूब (एलटी) में 44 मिमी के मूल कम्प्रेशन पर एनुलस गैस मॉनिटरिंग सिस्टम (एजीएमएस) बेलो स्थापित किए गए।
- एएसएमई सेक्शन IX (डब्ल्यूपीएस और पीक्यूआर) के अनुसार वेल्डर योग्यताएँ पूरी की गईं।
- जीटीएडब्ल्यू प्रक्रिया का उपयोग करके एजीएमएस बेलो के स्टेनलेस स्टील (एसएस) एंड पीस की फिलेट वेल्डिंग की गई और साफ एवं तरल प्रवेश परीक्षा के लिए निरीक्षण किया गया।



कूलेंट ट्यूब की स्थापना

- जांच का उपयोग करके तापमान का सत्यापन करते हुए एंड फिटिंग के पीटी रोलिंग क्षेत्र को 375-390 डिग्री सेल्सियस तक गर्म किया गया।
- पर्जिंग-कम-एलाइनमेंट (शुद्धिकरण-सह-संरेखण) उपकरण डाला गया, और कूलेंट ट्यूब के साथ ठीक तरह से फिट करने के लिए एंड फिटिंग को धकेला गया।
- कूलेंट ट्यूब और लाइनर ट्यूब (6-9 मिमी) के बीच के अंतर की जांच करने के लिए पर्जिंग टूल को कुछ समय के लिए हटा दिया गया, जिसके बाद आर्गन पर्जिंग को दुबारा से शुरू किया गया।
- आर्गन पर्जिंग के साथ जोड़ को 100 डिग्री सेल्सियस तक ठंडा होने दिया गया, उसके बाद प्राकृतिक रूप से /हवा से ठंडा किया गया।
- सुरक्षात्मक स्लीव्स डाले गए।
- रोलर्स का निरीक्षण किया गया, पहुंच की पुष्टि की गई, विस्तारक सेट किया गया और पीटी एवं एंड फिटिंग के बीच रोलिंग ऑपरेशन किए गए।
- एफएम वॉल्ट में चार गार्टर स्प्रिंग्स डालने के साथ समान रूप से फिट करने और पीटी रोलिंग प्रक्रिया का पालन किया गया।



महत्वपूर्ण पैरामीटर की जाँच की गई

- आयाम "डी" (जालीदार ट्यूब के सिरों के बीच की दूरी)
- जालीदार स्थान
- ट्रिमिंग लंबाई
- एंड फिटिंग हीटिंग तापमान
- ग्रेलोक अभिविन्यास
- विस्तारक पहुंच
- एलटी-पीटी गैप

- स्प्रिंग बैक
- पीडब्ल्यूटीआर (परसेंटेज वॉल थिकनेस रिडक्शन)
- हीलियम रिसाव दर
- रोल्ड जॉइंट की वीडियोस्कोपी



प्रतिक्रिया और सुधार

● एंड फिटिंग के लिए एलाइनमेंट रिंग

टूट-फूट को कम करने, रखरखाव को कम करने और पीटी एवं एंड फिटिंग के बीच महत्वपूर्ण रूप से संरेखन समय को कम करने के लिए एक आई-बीम-टाइप लीनियर रोलर गाइडवे प्रस्तुत किया गया था। यह सुधार ड्यूल्- रॉड गाइड-टाइप एलाइनमेंट रिंग का उपयोग करते समय सामग्री की सतह पर स्कोरिंग के कारण होने वाले गलत संरेखन की समस्या को संबोधित कर सकता है।



उपकरण की विफलता का पता लगाना और उसका प्रबंधन करना

प्रक्रिया व चेकलिस्ट को संशोधित किया गया, ताकि गुणवत्ता आश्वासन निगरानी के तहत विस्तारक माप होल्ड प्वाइंट को शामिल किया जा सके, जिससे कैलेंड्रिया ट्यूब रोलिंग का सफलतापूर्वक समापन सुनिश्चित हो सके।



धागा खराब होने के कारण फिसल गया



सीएस बेलो अटैचमेंट रिंग इन्स्टॉलेशन

हाइड्रोलिक जैक व्यवस्था के साथ एक ऊर्ध्वाधर निर्देशित सम्मिलन विधि शुरू की गई, जिससे ऑपरेटर की निर्भरता और मिसअलाइनमेंट जोखिम कम हो गया। एयर होल्ड परिक्षण के दौरान एक भी श्रिक फिट विफल नहीं हुआ।



● रोलिंग टूल स्थायित्व

सीटीआर, लुधियाना में स्वदेशी रोलर्स विकसित किए गए, जो डिजाइन विनिर्देशों को पूरा करते हैं। इसके अतिरिक्त, आरएपीपी-7 और 8 में, प्रक्रियात्मक सुधारों में निम्नलिखित शामिल हैं:



- प्रत्येक रोलिंग ऑपरेशन से पहले रोलर्स का प्रत्यक्ष निरीक्षण (क्यूए होल्ड पॉइंट)।
- प्रत्येक पीटी रोल्ल जॉइंट की वीडियोकॉपी।
- प्रत्येक 20 रोल्ल जॉइंट के बाद रोलर्स का डार्ड पेनेट्रेंट टेस्ट (डीपीटी)।

चुनौतियाँ और समाधान

● रोलर्स पर कट के निशान व विकृति

सीटीआर, लुधियाना में स्वदेशी रोलर्स का विकास एवं परीक्षण किया गया। सभी 392 चैनलों के रोलिंग संचालन के दौरान एक भी रोलर विकृत या टूटा हुआ नहीं पाया गया।

● कुछ एजीएमएस बेलो पर अर्ध-चंद्राकार निशान

कन्वोल्यूशन पर रोलर्स को घुमाकर ठीक किया गया, इसके बाद डिजाइनर (मुख्यालय) के साथ सहमति से हीलियम रिसाव परीक्षण किया गया।

● ग्रेलॉक ओरिएंटेशन में विचलन

संभावित फीडर निर्माण कठिनाइयों का आकलन करने के लिए डिजाइनर (मुख्यालय) के साथ सहमति से एक मॉक-अप किया गया था। सफल मॉक-अप के बाद फीडर एलाइनमेंट को ग्रेलॉक हब ओरिएंटेशन के अनुसार समायोजित किया गया।

4. ग्रेलॉक हब कोनों के साथ एचपीएफसी कपलिंग फाउलिंग

डिजाइनर (मुख्यालय) की सहमति से दोनों इकाइयों पर कॉर्नर डेबेरिंग का प्रदर्शन किया गया। फीडबैक को शामिल करने के लिए प्रक्रिया एवं चेकलिस्ट को संशोधित किया गया और एंड-फिटिंग हब व एचपीएफसी कपलिंग के एलाइनमेंट के दौरान क्यूए होल्ड पॉइंट बनाया गया।

5. औद्योगिक-ग्रेड केरोसिन की अनुपलब्धता

सामान्य-ग्रेड केरोसिन को एंड फिटिंग की सफाई और डीग्रीजिंग के लिए उपयोग करने से पहले हैलोजन और सल्फर सामग्री के लिए परीक्षण किया गया था।

निष्कर्ष

कूलेंट चैनलों की स्थापना के लिए सटीक आयामी सहनशीलता और इसमें शामिल उपकरणों, यंत्रों व कर्मियों की योग्यता की आवश्यकता होती है। डिजाइन विनिर्देशों के अनुसार महत्वपूर्ण मापदंडों की निगरानी करना एक चुनौतीपूर्ण कार्य है। पिछली परियोजनाओं के फीडबैक और डिजाइन समूह, मुख्यालय के सुझावों के कार्यान्वयन के माध्यम से आरएपीपी-7व8 (5 चैनल/दिन से 8 चैनल/दिन) में सीसीए स्थापना के संपूर्ण समय में सुधार संभव हुआ, जिसके परिणामस्वरूप प्रक्रिया व प्रथाओं में सुधार के कारण विफलताओं और पुनः कार्य से बचा जा सका। इसके आगे फ्लिट मोड परियोजनाओं में कार्यान्वयन के लिए निम्नलिखित सीख प्राप्त हुई:

- प्लांट लेआउट को अंतिम रूप देने के दौरान, परिवहन समय को कम करने व सीसीए को संभालने में आसानी के लिए आरसीए (रिएक्टर कूलेंट चैनल असेंबली) शॉप और आरएबी (रिएक्टर सहायक भवन) के बीच की दूरी को कम किया जाना चाहिए।
- सीटी रोल्ल जॉइंट की बेहतर लीक टाइटनेस प्राप्त करने के लिए सीएसटीएस बोर में सतह के निशान से बचने के लिए समयानुसार कठोर प्लास्टिक कैप को रबर कोटेड सामग्री से बदला जाना चाहिए।
- स्वदेशी रूप से विकसित रोलर्स के साथ अनुकूलता बढ़ाने के लिए विस्तारक और केज का स्वदेशी विकास किया जाना चाहिए।
- गार्टर स्ट्रिंग की स्थापना के लिए आवश्यक पीवीसी पाइप को प्रेशर च्यूब ओडी सतह पर अंडाकारता, मुड़ाव और सतह के निशान से बचने के लिए कडा एवं अधिक टिकाऊ सामग्री से बदला जाना चाहिए।
- एंड फिटिंग इंसर्शन कैरिज एवं प्रेशर च्यूब के बीच सटीक और सही एलाइनमेंट के लिए लेजर, ऑप्टिकल या अल्ट्रासाउंड तकनीक को लागू किया जा सकता है।





श्री आशीष कुमार गुप्ता (वैज्ञानिक अधिकारी/एफ), मैकेनिकल इंजीनियर हैं। 2010 में एनपीसीआईएल प्रशिक्षण विद्यालय के 19वें बैच में शामिल हुए। एमएपीएस से एक वर्ष का प्रशिक्षण सफलतापूर्वक पूरा करने के बाद, उन्हें आरएपीपी-7 और 8 में फील्ड इंजीनियर के रूप में नियुक्त किया गया। तब से, वे परमाणु पाइपिंग व

घटकों के निर्माण, स्थापना और परीक्षण के दौरान परियोजना स्थल पर आने वाली तकनीकी समस्याओं के लिए इंजीनियरिंग सहायता प्रदान करने के लिए जिम्मेदार रहे हैं। उन्होंने आरएपीपी-7 व 8 में शीतलक चैनलों की स्थापना के दौरान प्रक्रियाओं, क्यूएपी, डब्ल्यूपीएस / पीक्यूआर, रेखाचित्रों व तकनीकी विशिष्टताओं की समीक्षा और कार्यान्वयन के माध्यम से प्रत्येक गतिविधि में डिजाइन की उम्मीद को पूरा करना सुनिश्चित किया। उन्होंने केएपीपी-3 व 4 परियोजना और डिजाइन समूह, मुख्यालय के फीडबैक के कार्यान्वयन के लिए समन्वय किया है, जिसके परिणामस्वरूप परियोजना के समय और लागत में बचत हुई है।



श्री के. श्रीकांत (तकनीकी अधिकारी/एफ), मैकेनिकल इंजीनियर हैं। 2010 में एनपीसीआईएल में शामिल हुए। एनटीसी-आरआर साइट पर एक महीने के इंटरन प्रशिक्षण के बाद, वे रिपेक्टर इरेक्शन ग्रुप, आरएपीपी-7 व 8 में शामिल हुए। रोलिंग ऑपरेशन के दौरान जीरो क्लियरेंस रोल्ड जॉइंट

प्राप्त करने के लिए एंड-फिटिंग और कूलेंट चैनलों के आयामों का डेटाबेस तैयार करने के लिए वे जिम्मेदार थे। 700 मेगावाट के लिए कूलेंट चैनल इंस्टॉलेशन टूल्स के अध्ययन और अवधारणा में उनकी भागीदारी ने आरएपीपी-7 व 8 की दोनों इकाइयों के लिए कूलेंट चैनल इंस्टॉलेशन के सफल समापन का मार्ग प्रशस्त किया।

विकसित भारत के लिए परमाणु ऊर्जा मिशन

- हमारे ऊर्जा परिवर्तन संबंधी प्रयासों के लिए वर्ष 2047 तक कम से कम 100 गीगावाट परमाणु ऊर्जा का विकास अत्यावश्यक है। इस लक्ष्य को हासिल करने के लिए निजी क्षेत्र के साथ सक्रिय भागीदारी हेतु परमाणु ऊर्जा अधिनियम और परमाणुवीय नुकसान के लिए सिविल दायित्व अधिनियम में संशोधन किए जाएंगे।
- लघु मॉड्यूलर रिपेक्टरों (एसएमआर) के अनुसंधान और विकास के लिए ₹20,000 करोड़ के परिव्यय के साथ एक परमाणु ऊर्जा मिशन स्थापित किया जाएगा। वर्ष 2033 तक स्वदेशी रूप से विकसित कम से कम 5 एसएमआर क्रियाशील हो जाएंगे।

- बजट भाषण 2025-26 के अंश



भारत को परमाणु ऊर्जा की पूर्ण आवश्यकता है। अमीर देशों के विपरीत, भारत के पास सौर या पवन जैसी अस्थिर ऊर्जा स्रोतों पर खर्चों खर्च करने की विलासिता नहीं है। हमारे पास केवल सौर और पवन ऊर्जा पर पूरी तरह निर्भर रहने के लिए न तो पर्याप्त भूमि है और न ही संसाधन।

-डॉ. एम. आर. श्रीनिवासन



700 मेगावाट में विकिरण निगरानी हेतु नई प्रौद्योगिकियों का उपयोग

कुनाल सिंह, अधिशासी अभियंता शरद पिसे अपर मुख्य अभियंता, अनुपम हलदर, अपर मुख्य अभियंता, (अनुभाग: सी अँड आइ)

परिचय

विकिरण निगरानी की आवश्यकता निरंतर निगरानी और आसपास के क्षेत्र में रेडियोधर्मी पदार्थ के किसी भी संभावित उत्सर्जन का पता लगाने के लिए होती है। यह संयंत्र कर्मियों और आबादी के लिए विकिरण जोखिम को नियंत्रित करने और कम करने में मदद करता है।

पोर्टेबल भारी जल वाष्प विश्लेषक- स्निफर उपयोगी मामला

नाभिकीय विद्युत में भारी पानी का रिसाव प्राथमिक ताप परिवहन प्रणाली, विमंदक प्रणाली और पीएचडब्ल्यूआर के ईंधन भरने वाली मशीन सर्किट से रिसाव और छलकन के कारण होता है। रिसाव तरल और वाष्प दोनों अवस्थाओं में हो सकता है। D_2O के महत्वपूर्ण नुकसान से बचने के लिए इन रिसावों का पता लगाना आवश्यक है क्योंकि एक तो यह महंगा है और दूसरा संयंत्र के अंदर गतिविधि के निर्माण को रोकने के लिए भी जरूरी है।

वाष्प अवस्था में भारी जल के रिसाव का पता लगाने के लिए ऑनलाइन सिस्टम पहले ही उपलब्ध कराए जा चुके हैं। हालांकि, तेजी से फैलाव, त्वरित प्रतिक्रिया और शटडाउन के दौरान उपयोग के लिए, पोर्टेबल भारी जल वाष्प विश्लेषक (स्निफर) विकसित करने की आवश्यकता महसूस की गई।

हाल ही में शुरू किए गए स्निफर (चित्र 1 में दिखाया गया है) का उपयोग हवा में भारी पानी (D_2O) वाष्प की उपस्थिति को सूंघने के लिए किया जाता है। वाष्प चरण में D_2O रिसाव की पहचान के लिए सिस्टम की आवश्यकता होती है और यह रिसाव हॉटस्पॉट का पता लगाने के लिए उपयोगी है। इसके अतिरिक्त, यह वायु निगरानी प्रणाली और ट्रिशियम बबलर में ऑनलाइन ट्रिशियम की अनुपलब्धता के मामले में रिसाव की पहचान के लिए एक विकल्प के रूप में कार्य करता है।

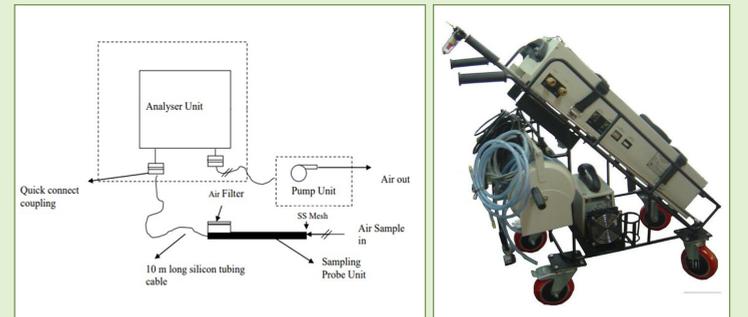
परिचालन नियम

D_2O का पता लगाना इन्फ्रारेड अवशोषण सिद्धांत पर आधारित है। आईआर स्रोत से इन्फ्रारेड (आईआर) बीम को फोकसिंग मैकेनिज्म द्वारा प्रक्रिया मापने वाले कोशिका के माध्यम से

केंद्रित किया जाता है। इस कोशिका के माध्यम से नमूना हवा खींची जाती है। हवा में D_2O सांद्रता के आधार पर IR बीम को अवशोषित किया जाता है। आईआर डिटेक्टर से सिग्नल आउटपुट को संसाधित किया जाता है और नियंत्रण कक्ष में स्थानीय रूप से प्रदर्शित किया जाता है।

भारी पानी और हल्के पानी में अवरक्त क्षेत्र में विशिष्ट अवशोषण बैंड होते हैं। भारी पानी के कारण अवरक्त (आईआर) किरणों का अवशोषण एक विशिष्ट तरंगदैर्घ्य पर अधिकतम होता है, जबकि हल्के पानी के कारण यह नगण्य होता है। एक विशिष्ट तरंगदैर्घ्य पर, भारी पानी और हल्के पानी के कारण आईआर किरणों का अवशोषण समान और नगण्य होता है। उपरोक्त विशेषताओं का उपयोग नमूना वायु में भारी पानी की सांद्रता को मापने के लिए किया जाता है। पूर्व का उपयोग तरंगदैर्घ्य को मापने के रूप में किया जाता है और बाद वाले का उपयोग संदर्भ तरंगदैर्घ्य के रूप में किया जाता है। संदर्भ तरंगदैर्घ्य पर अवशोषण संकेत का उपयोग प्रकाशिकी में परिवर्तनों की भरपाई के लिए किया जाता है।

यह सिस्टम पहली बार 700 मेगावाट के पीएचडब्ल्यूआर में पेश किया गया है। यह सिस्टम, डिजाइन के हिसाब से, बहुत ही सुविधाजनक, पोर्टेबल और हल्का है, साइट पर इसका व्यापक रूप से उपयोग किया जाता है और यह संतोषजनक ढंग से काम कर रहा है।



चित्र 1: स्निफर का ब्लॉक डायग्राम एवं चित्र

पर्सनल कंटेमिनेशन इनफार्मेशन सिस्टम (व्यक्तिगत संदूषण सूचना प्रणाली) (पीसीआईएस) उपयोग

जोनिंग दर्शन को परमाणु ऊर्जा संयंत्र में रेडियोधर्मी संदूषण के प्रसार को सीमित करने और कम करने के लिए अपनाया जाता है। रिएक्टर बिल्डिंग और रिएक्टर औक्सिलिअरी बिल्डिंग के अंदर के क्षेत्रों को संदूषण होने/मौजूद होने की संभावना के अनुसार 3 क्षेत्रों (जोन-1/2/3) में विभाजित किया गया है। उपकरणों, कपड़ों, हाथ, पैर और शरीर पर विकिरण संदूषण की जाँच करने के लिए उपकरणों और कर्मियों की जांच करने के उद्देश्य से विभिन्न अंतर-क्षेत्रीय सीमा बिंदुओं पर विभिन्न कार्मिक संदूषण मॉनिटर लगाए गए हैं।

कार्मिक संदूषण मॉनिटरों को इस प्रकार वर्गीकृत किया गया है

- संदूषण मॉनिटर (फ्रिस्कर)
- हाथ और पैर (एच एंड एफ) संदूषण मॉनिटर
- पोर्टल मॉनिटर

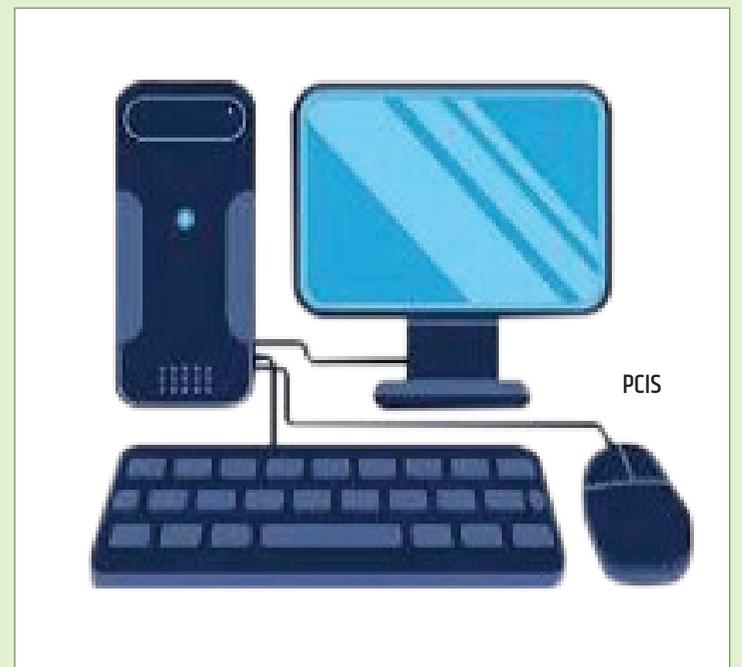
नाभिकीय भवन के अंतिम निकास द्वार पर कार्मिकों के पूरे शरीर की जांच के लिए पोर्टल मॉनिटर लगाए गए हैं। फ्रिस्कर और एच एंड एफ संदूषण मॉनिटर अपशिष्ट प्रबंधन संयंत्र, रिएक्टर सहायक भवन आदि में अंतर-क्षेत्रीय सीमा बिंदुओं पर स्थित हैं।

मौजूदा 220 मेगावाट और 540 मेगावाट पीएचडब्ल्यूआर में, सभी कार्मिक संदूषण मॉनिटरों की निगरानी स्वास्थ्य भौतिक इकाई द्वारा स्थापित स्थान पर भौतिक रूप से की जा रही है। 700 मेगावाट पीएचडब्ल्यूआर में, मॉनिटरों का डिज़ाइन बदल दिया गया था। कार्मिक संदूषण मॉनिटरों की दूरस्थ केंद्रीकृत जांच की सुविधा के लिए, इन मॉनिटरों को एचपीयू शिफ्ट रूम में स्थित कार्मिक संदूषण सूचना प्रणाली (पीसीआईएस) सर्वर के साथ ईथरनेट संचार प्रदान किया जाता है। यह प्रणाली पहली बार 700 मेगावाट पीएचडब्ल्यूआर में शुरू की गई है।

पीसीआईएस की संरचना

पीसीआईएस की संरचना चित्र 2 में दर्शाई गई है। पीसीआईएस एक कंप्यूटर आधारित सूचना प्रणाली है जो MODBUS TCP/IP ईथरनेट लिंक के माध्यम से विभिन्न स्थानों पर स्थापित कार्मिक संदूषण मॉनिटर (जैसे हाथ और पैर संदूषण मॉनिटर,

फ्रिस्कर और पोर्टल मॉनिटर) से डेटा प्राप्त करती है और उनकी स्वास्थ्य स्थिति, अलार्म संदेश, उच्च वोल्टेज मूल्य, वर्तमान रीडिंग, अलार्म सेट पॉइंट मूल्य आदि के बारे में जानकारी प्रदान करती है। केंद्रीकृत डेटा अधिग्रहण प्रणाली के रूप में पीसीआईएस की शुरुआत के कारण, एकल स्थान पर संदूषण मॉनिटर डेटा की नैदानिक जानकारी, गतिविधि और विश्लेषण उपलब्ध है। पीसीआईएस सॉफ्टवेयर इन-हाउस विकसित किया गया है। यह प्रणाली 700 मेगावाट पीएचडब्ल्यूआर में जारी है और संतोषजनक ढंग से काम कर रही है।





Portal Monitors



Friskers

चित्र 2: विभिन्न कार्मिक संदूषण मॉनिटरों के साथ पीसीआईएस का अंतर्संबंध



श्री शरद पिसे (वैज्ञानिक अधिकारी/जी), इंस्ट्रुमेंटेशन इंजीनियर हैं, उन्होंने 2002 में एनपीसीआईएल ज्वाइन किया। वे 700 मेगावाट के कंप्यूटर आधारित सिस्टम सॉफ्टवेयर, नेटवर्क और सीरियल डेटा कम्युनिकेशन के डिजाइन और विकास में शामिल थे। उन्होंने रेडिएशन मॉनिटरिंग सिस्टम और रियल-टाइम ऑनलाइन डिऑक्सीजन सपोर्ट सिस्टम से संबंधित प्रोजेक्ट्स और ऑपरेटिंग प्लान्स के डिजाइन, इंजीनियरिंग और सपोर्ट में योगदान दिया है।

श्री अनुपम हलदर (वैज्ञानिक अधिकारी/जी), एनपीसीआईएल ट्रेनिंग स्कूल के 13वें बैच से हैं। उन्होंने रेडिएशन मॉनिटरिंग, हेवी वॉटर लीक डिटेक्शन और रिएक्टर से दूर / अतिरिक्त दूर रिएक्टर-खर्चीला ईंधन भंडारण सुविधा से संबंधित सिस्टम के डिजाइन, इंजीनियरिंग और प्रोजेक्ट्स तथा ऑपरेटिंग प्लान्स (220 मेगावाट, 540 मेगावाट और 700 मेगावाट) के सपोर्ट में योगदान दिया है।



श्री कुनाल सिंह (वैज्ञानिक अधिकारी/डी), एनपीसीआईएल ट्रेनिंग स्कूल के 26वें बैच से हैं और वे अपने ब्रांच के टॉपर भी रहे हैं। उनका कार्य ट्रिटियम इन एयर और वाटर मॉनिटरिंग, प्रोसेस एक्टिविटी मॉनिटरिंग, हेवी वॉटर लीक मॉनिटरिंग और रिएक्टर से दूर/अतिरिक्त दूर रिएक्टर-खर्चीला ईंधन भंडारण सुविधा से संबंधित सिस्टम के डिजाइन और इंजीनियरिंग में शामिल है।



जब परमाणु ऊर्जा का सफलतापूर्वक उपयोग विद्युत उत्पादन के लिए किया जाएगा, तब मान लीजिए अब से दो दशकों में, भारत को अपने विशेषज्ञों के लिए विदेश कि तरफ नहीं देखना पड़ेगा, बल्कि वे यहीं उपलब्ध होंगे।

— डॉ. होमी जहाँगीर भाभा





राजस्थान परमाणु परियोजना (आरएपीपी) - 7 व 8 के लिए द्रुत गति भूकंपीय उपकरण प्रणाली का स्वदेशी प्रौद्योगिकी विकास

सोहिनी अग्रवाल, अपर मुख्य अभियंता, मनोज कुमार सोनावनी, अपर मुख्य अभियंता,
शिजू वर्गीस, अपर मुख्य अभियंता, अचल सरन माथुर, सह निदेशक,
(अनुभाग: प्रापण, सी अंड आइ पी)

परिचय

भूकंपीय घटनाओं के दौरान सुरक्षा सुनिश्चित करने के लिए परमाणु ऊर्जा संयंत्रों में तेज गति भूकंपीय उपकरण प्रणाली (एसएमएसआईएस) का उपयोग किया जाता है। यह प्रणाली लगातार भू-त्वरण की निगरानी करता है और परिणामी फ्लोर स्पेक्ट्रा को रिकॉर्ड करता है। यदि भू-त्वरण निर्दिष्ट सीमा से अधिक हो जाता है, तो यह प्रणाली मुख्य नियंत्रण कक्ष (एमसीआर) में कर्मियों को सचेत करते हुए "उच्च" या "अधिक उच्च" के रूप में वर्गीकृत अलार्म ट्रिगर करता है। ये अलार्म भूकंपीय घटना की गंभीरता का तुरंत आकलन करने और सुविधा की सुरक्षा के लिए आवश्यक परिचालन उपायों पर निर्णय लेने में मदद करते हैं।

इस प्रणाली का उपयोग निम्नलिखित विश्लेषण करने के लिए किया जाता है

- भू-गति डेटा का मूल्यांकन एवं महत्वपूर्ण घटकों के निरीक्षण की आवश्यकता।
- डिजाइन विश्लेषण के सत्यापन के लिए भूकंप के दौरान फ्लोर रिस्पांस स्पेक्ट्रा के लिए संरचनाओं, प्रणालियों और घटकों (एसएससी) पर डेटा एकत्र करें।
- भूकंपीय घटना की गंभीरता का आकलन करने तथा यह निर्णय लेने के लिए कि संयंत्र को बंद किया जाए या नहीं, नियंत्रण कक्ष में अलार्म बजाना।
- "अधिक उच्च" के लिए अलार्म सेट बिंदु को ऑपरेशन बेसिस अर्थक्वैक-ओबीई भूकंप के स्तर पर रखा जाता है और "उच्च" अलार्म को ओबीई स्तर के आधे स्तर पर रखा जाता है।

परिप्रेक्ष्य

विभिन्न ऑपरेटिंग स्टेशनों पर मौजूदा भूकंपीय उपकरण प्रणालियाँ आयातित की गयी हैं। आत्मनिर्भरता प्राप्त करने, निरंतर उपलब्धता सुनिश्चित करने और आर्थिक लाभ पाने हेतु स्वदेशीकरण की बढ़ती आवश्यकता थी। स्थानीय स्तर पर उत्पादित प्रणालियों को विकसित एवं कार्यान्वित करके, हमारा लक्ष्य था, समर्थन व रखरखाव के लिए विदेशी विक्रेताओं पर निर्भरता को कम करना, जिससे इन महत्वपूर्ण सुरक्षा प्रणालियों की स्वायत्तता और विश्वसनीयता बढ़े।

कुछ भारतीय विक्रेताओं के माध्यम से बीएआरसी के सहयोग से इस प्रणाली को स्वदेशी बनाने के प्रयास किए गए। बीएआरसी इनक्यूबेशन प्रणाली के माध्यम से तीन भारतीय विक्रेताओं की पहचान की गई। भूकंपीय उपकरण प्रणाली हेतु एक प्रोटोटाइप इकाई बीएआरसी द्वारा विकसित की गई थी और इन विक्रेताओं को प्रणाली की कार्यपद्धति का प्रदर्शन किया गया था। तकनीकी आवश्यकताओं को पूरा करने के लिए तकनीकी अनुपालन इन भारतीय विक्रेताओं से लिया गया और उन्हें प्रोटोटाइप इकाई के विकास के लिए आगे बढ़ने की अनुमति दी गई।

इन तीन विक्रेताओं में से एक विक्रेता ने अवधारणा का प्रमाण (पीओसी) पूरा कर लिया था और एनपीसीआईएल तकनीकी विनिर्देश आवश्यकताओं के अनुसार प्रणाली की मुख्य कार्यपद्धति का प्रदर्शन किया था। इसके बाद आरएपीपी-7 व 8 को इस प्रणाली के विकास एवं आपूर्ति के लिए उन्हें एक खरीद का आदेश दिया गया।

प्रणाली का विवरण

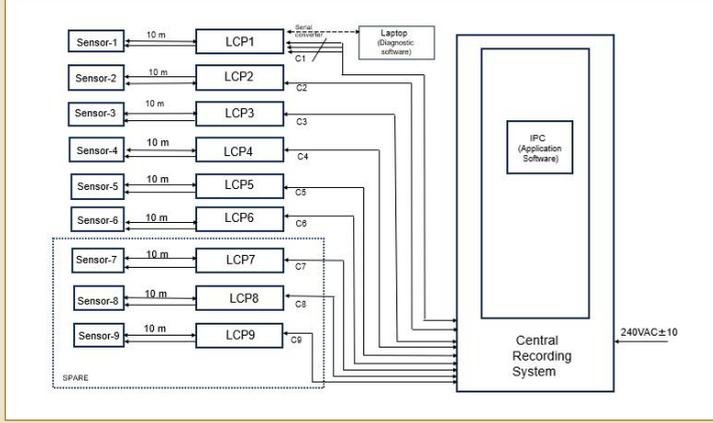
एसएमएसआईएस (भूकंपीय उपकरण प्रणाली) में निम्नलिखित उप प्रणालियाँ शामिल हैं:

- भूकंपीय सेंसर इकाई (एसएसयू) – डिजिटल भूकंपीय सेंसर
- स्थानीय रिकॉर्डर (एलआर) के लिए स्थानीय नियंत्रण पैनल
- नियंत्रण कैबिनेट में स्थित केंद्रीय रिकॉर्डिंग सिस्टम (सीआरएस)
- नियंत्रण कैबिनेट

भूकंपीय सेंसर एवं स्थानीय रिकॉर्डर रणनीतिक रूप से छह अलग-अलग स्थानों पर रखे गए हैं, जिसमें मुक्त क्षेत्र और सुविधा के भीतर विभिन्न मंजिल स्तर शामिल हैं। केंद्रीय रिकॉर्डिंग सिस्टम (सीआरएस) मुख्य नियंत्रण कक्ष में स्थित है, जहाँ यह सभी छह स्थानीय रिकॉर्डर से भूकंपीय घटना के डेटा को रिकॉर्ड करता है। यह केंद्रीकृत प्रणाली व्यापक डेटा संग्रह और विश्लेषण की अनुमति देती है, जिससे भूकंपीय गतिविधि और सुविधा पर इसके प्रभाव का विस्तृत आकलन संभव हो पाता है। समग्र प्रणाली आर्किटेक्चर चित्र 1 में दिया गया है। केंद्रीय रिकॉर्डिंग सिस्टम चित्र में दिखाए अनुसार नौ सेंसर आउटपुट



लेने में सक्षम है, जिसमें से केवल 6 सेंसर फ़ील्ड पर जुड़े हुए हैं और तीन अतिरिक्त रूप में दिखाए गए हैं।



चित्र 1: एसएमएसआईएस की समग्र प्रणाली की वास्तुकला

मुख्य विशेषताओं सहित प्रणाली विवरण

● भूकंपीय सेंसर इकाइयाँ (एसएमयू)

ये एसएमयू क्षेत्र के छह स्थानों पर स्थित हैं और इनमें एमईएमएस (माइक्रो इलेक्ट्रोमैकेनिकल सिस्टम) ड्राई-एक्सियल त्वरणमापी (एक्सेलेरोमीटर) सेंसर, पावर कंडीशनिंग और सिग्नल कंडीशनिंग तथा संचार सर्किट हैं, जो स्थानीय रिकॉर्डर को डेटा संचारित करते हैं। ये इकाइयाँ उच्च गति वाले सीरियल पेरिफेरल इंटरफेस बस के माध्यम से संबंधित स्थानीय रिकॉर्डर के साथ संचार करती हैं। सेंसर को बिजली की आपूर्ति संबंधित स्थानीय रिकॉर्डर इकाई से की जाती है।

तीन अक्ष संकेतों को 20-बिट एनालॉग से डिजिटल कनवर्टर का उपयोग करके डिजिटल मान में परिवर्तित किया जाता है। इन तीन अक्ष संकेतों को सैंपलिंग और रूपांतरण के दौरान



चित्र 2: संलग्नक और माउंटिंग के साथ भूकंपीय सेंसर इकाई

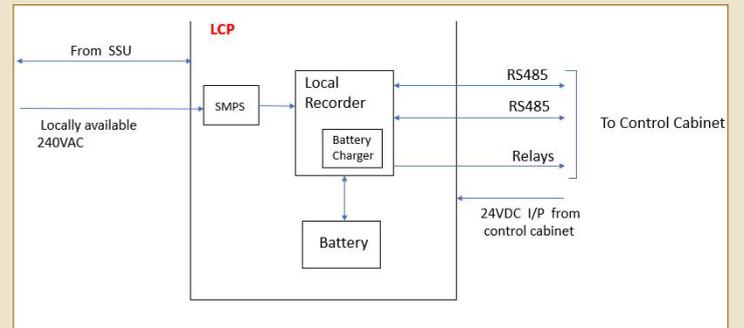
सिंक्रोनाइज़ किया जाता है।

सेंसर यूनिट के लिए डिजिटल संचार इंटरफेस में एसपीआई सिग्नल के लिए हाई स्पीड आइसोलेटेड RS485 ट्रांसीवर शामिल हैं। ट्रांसीवर ईएमआई हस्तक्षेप से सुरक्षित हैं। डेटा अधिग्रहण और सिग्नल संसाधन के विभिन्न पैरामीटर भी इस हाई-स्पीड बस के माध्यम से सेट किए जाते हैं।

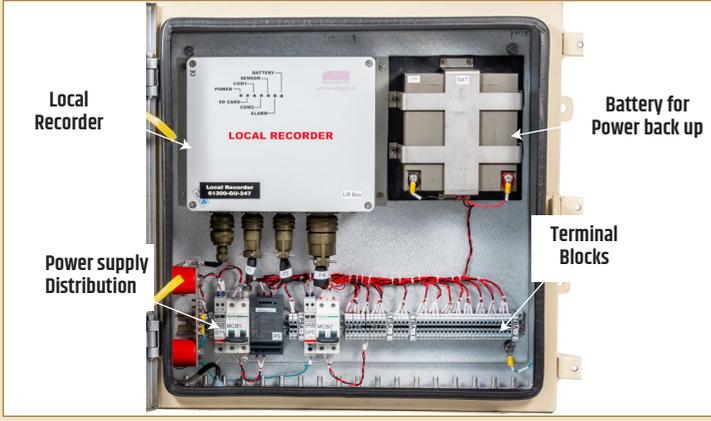
● स्थानीय रिकॉर्डर (एलआर)

सेंसर इकाइयों की ~ 10 मीटर की दूरी के भीतर छह एलआर स्थित हैं, ये एलआर स्थानीय नियंत्रण कक्ष (एलसीपी) में रखे गए हैं और निम्नलिखित विशेषताएं हैं:

- बिजली की विफलता की स्थिति में, एसएमएफ वीआरएलए रिचार्जेबल बैटरी के साथ 72 घंटे के पावर बैकअप सहित भूकंपीय सेंसर इकाइयों को परिचालन शक्ति प्रदान करते हैं।
- 3-ऑर्थोगोनल अक्षों और सिग्नल कंडीशनिंग मापदंडों में वास्तविक समय भूकंपीय डेटा प्राप्त करने के लिए सेंसर इकाइयों के साथ संसूचित करें।
- एमईएमएस सेंसर का स्वचालित आवधिक स्व-परीक्षण लागू करना।
- अलार्म सेट पॉइंट को लागू करना और एप्लीकेशन सॉफ्टवेयर के माध्यम से अलार्म आउटपुट संचालित करना।
- एमईएमएस सेंसर इकाइयों की नैदानिक कार्यक्षमता प्रदान करना।
- सिस्टम डायग्नोस्टिक्स के लिए घोषणा प्रदान करना।
- सीआरएस के साथ संवाद करना, स्थिति और अन्य संकेत डेटा भेजना, सेट पॉइंट, नैदानिक आदि प्राप्त करना एवं लागू करना।
- निर्दिष्ट अनुसार घटना से पहले और बाद की समय अवधि के लिए भूकंपीय घटना डेटा का गैर-वाष्पशील भंडारण प्रदान करना।
- सामान्य संचालन में 24 वीडीसी आपूर्ति नियंत्रण कक्ष से फ़ील्ड तक जुड़ी होती है, बैटरी द्वारा 72 घंटे का बैटरी बैकअप भी प्रदान किया जाता है। आपातकालीन स्थिति के दौरान फ़ील्ड व नियंत्रण कक्ष के बीच किसी भी कनेक्शन के टूटने और बैटरी बैकअप समय पूरा होने की स्थिति में 240 वीएसी की स्थानीय आपूर्ति का प्रावधान भी किया जाता है।



चित्र 3: स्थानीय नियंत्रण पैनल का आरेख



चित्र 4: स्थानीय नियंत्रण पैनल का फोटो

● केंद्रीय रिकॉर्डिंग प्रणाली (सीआरएस)

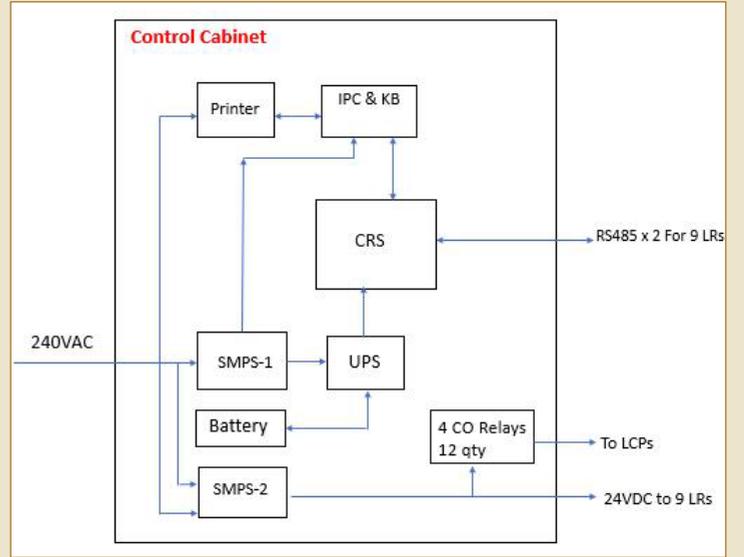
सीआरएस इकाई को विभिन्न स्थानीय रिकॉर्डरों के साथ लगभग 500 मीटर की दूरी पर एक नियंत्रण कैबिनेट (नियंत्रण उपकरण कक्ष में स्थित) में रखा गया है और इसकी निम्नलिखित विशेषताएं हैं:

- सीआरएस दो RS485 सीरियल लिंक के माध्यम से 9 एलआर इकाइयों के साथ संचार करने में सक्षम है।
- सीआरएस भूकंपीय डेटा का संग्रह, घटना की रिकॉर्डिंग और प्रत्येक एलआर से अलार्म स्थिति उत्पन्न करने का कार्य करता है। यह किसी एक (या कई) एलआर में भूकंपीय ट्रिगर की स्थिति में अन्य एलआर को भी ट्रिगर करता है।
- सामान्य स्थिति के दौरान (जब भी कोई भूकंपीय डेटा नहीं होता है) सिग्नल डेटा मेमोरी में ओवरफ्लो हो रहा होता है, किसी भी घटना के ट्रिगर होने की स्थिति में डेटा को घटना के पूर्व-घटना और घटना के बाद के समय के लिए रिकॉर्ड करना शुरू कर दिया जाता है।
- सीआरएस सभी एलआर में और स्वयं के साथ स्वचालित और मैनुअल रूप से आदेशित तरीके से समय सिंक्रनाइज़ेशन बनाए रखता है।
- सीआरएस व्यक्तिगत एलआर पर घटनाओं के लिए सेट पॉइंट की सेटिंग और प्रबंधन प्रदान करता है।
- सभी एलआर से घटना डेटा का गैर-वाष्पशील भंडारण।
- अलार्म और अन्य घटना ट्रिगर स्थितियां सीआरएस पर संबंधित आउटपुट को ट्रिगर करती हैं।
- सीआरएस एक मॉनिटरिंग कंप्यूटर (औद्योगिक पीसी) से जुड़ा हुआ है, जिसमें इवेंट डेटा संग्रह, भंडारण और प्रदर्शन के लिए उपयुक्त सॉफ्टवेयर है।
- सीआरएस नेटवर्क रखरखाव की अनुमति देने के लिए मॉनिटरिंग कंप्यूटर को नैदानिक डेटा प्रदान करता है।
- सीआरएस नियंत्रण कक्ष से भूकंपीय सेंसर इकाई और एलआर को जांच, कॉन्फिगर एवं परीक्षण करने की सुविधा प्रदान करता है।

● नियंत्रण कैबिनेट

नियंत्रण कैबिनेट ईएमसी योग्य मानक इलेक्ट्रॉनिक कैबिनेट है, जिसमें सीआरएस और अन्य उप प्रणालियां हैं जो निम्नलिखित विशेषताएं प्रदान करती हैं:

- नियंत्रण कैबिनेट में यूपीएस, आईपीसी (औद्योगिक पीसी), प्रिंटर, सीआरएस और एलआर के लिए बिजली की आपूर्ति शामिल है।
- 72 घंटे की अवधि के संचालन के लिए बिजली बैकअप प्रदान करने के लिए नियंत्रण कैबिनेट में बैकअप बैटरी भी प्रदान की जाती है।
- नियंत्रण कैबिनेट में एलआर से ट्रिगर किए गए अलार्म आउटपुट के संपर्कों के गुणन के लिए रिप्ले होते हैं।
- इसमें संबंधित कनेक्टर और टर्मिनल ब्लॉक के साथ प्रदान किए गए सभी कनेक्शन भी होते हैं।



चित्र 5: नियंत्रण कैबिनेट का आरेख

विकास के दौरान आई हुई चुनौतियाँ

● उच्च वृद्धि प्रतिरक्षा के ईएमसी परीक्षण की योग्यता के लिए

इस सिस्टम पर ईएमसी परीक्षण किया जाना था। IEC-61000-4-5 के अनुसार हाई सर्ज इम्युनिटी परीक्षण किया जाना था। परीक्षण सिंगल फेज एसी इनपुट (240वीएसी) पोर्ट पर डिफरेंशियल मोड और कॉमन मोड दोनों पर किया गया था। सिस्टम ने सभी मापदंडों में डिफरेंशियल मोड में सफलतापूर्वक पास किया, लेकिन कॉमन मोड रेंज के दौरान, निम्नलिखित प्रतिक्रिया देखी गई:

- -2000 वोल्ट के सर्ज वोल्टेज को लागू करते समय, लाइन से पृथ्वी के बीच 270° कपलिंग फेज, सिस्टम ने मानदंड-C (मैनुअल हस्तक्षेप के बाद रिकवर) में पास किया, जबकि ईएमसी परीक्षण के लिए मानदंड-B (बिना किसी मैनुअल हस्तक्षेप के रिकवर) की आवश्यकता थी।

परीक्षण के दौरान सिस्टम प्रतिक्रिया: सीआरएस पर चैनल 1: P1 (पोर्ट 1) और सीआरएस पर चैनल 2: P2 (पोर्ट 2) सीआरएस के संचार



मॉड्यूल में एलईडी ने ब्लिंक करना बंद कर दिया और इसके दौरान सीआरएस के एसडी कार्ड में डेटा सेव नहीं हुआ। सीआरएस को सामान्य ऑपरेटिंग स्थिति में वापस लाने के लिए मैनुअल पावर रीस्टार्ट की आवश्यकता थी।

- -2000 वोल्ट का सर्ज वोल्टेज लागू करते समय, न्यूट्रल से पृथ्वी के बीच 270° युग्मन चरण, मैनुअल हस्तक्षेप के बाद भी सिस्टम ठीक नहीं हुआ, और इसलिए सिस्टम मानदंड-बी या उससे बेहतर की आवश्यकता को पारित नहीं कर सका।

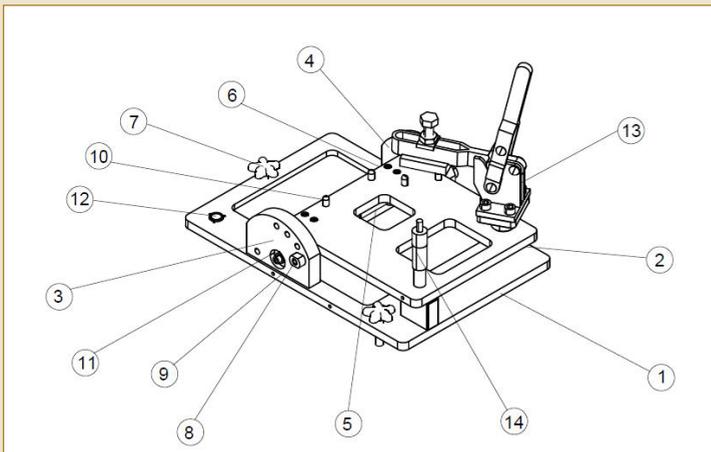
परीक्षण के दौरान सिस्टम प्रतिक्रिया: सीआरएस के संचार मॉड्यूल के चैनल 1:P1 और चैनल 2:P2 एलईडी ने ब्लिंक करना बंद कर दिया। इस अवधि के दौरान सीआरएस के मेमोरी कार्ड में डेटा सेव नहीं हुआ। मैनुअल पावर रीस्टार्ट के बाद सीआरएस सामान्य स्थिति में नहीं आया।

संशोधन किया गया: उपरोक्त दो ईएमसी परीक्षणों के दौरान सिस्टम ईएमसी परीक्षण के लिए वर्ग-B मानदंड की आवश्यकता को पूरा नहीं कर रहा था। इस समस्या को हल करने के लिए सेंद्रल रिकॉर्डिंग सिस्टम की सर्ज सुरक्षा के लिए पावर सप्लाय सर्किट में निरंतर सुधार और संशोधन किए गए।

सीआरएस सर्किट डिजाइन में संशोधन के बाद, ऊपर बताए गए कॉमन मोड परीक्षण में लाइन टू अर्थ और न्यूट्रल टू अर्थ के बीच हाई सर्ज इम्युनिटी परीक्षण दोहराया गया था और सिस्टम ने मानदंड-ए (परीक्षण के दौरान कोई हस्तक्षेप नहीं) में उन परीक्षणों को सफलतापूर्वक पारित कर दिया था हालांकि आवश्यकता केवल मानदंड-बी (किसी भी मैनुअल हस्तक्षेप के बिना पुनर्प्राप्त) की थी।

● टिल्ट टेबल डिजाइन में संशोधन

भूकंपीय सेंसर पर स्थैतिक अंशांकन करना आवश्यक था। विभिन्न कोणों पर स्थैतिक अंशांकन करने के लिए टिल्ट टेबल की आवश्यकता थी और इन विभिन्न कोणों पर त्वरण की सटीकता मापी गई थी। इवेंट ट्रिगर जनरेशन भी भूकंपीय सेंसर की एक विशेषता है। सेंसर की सटीकता के लिए डॉवेल पिन को शामिल करके टिल्ट टेबल एलिवेशन विधि में सुधार किया गया और इन



चित्र 6: सेंसर के अंशांकन के लिए उपयोग किया जाने वाला टिल्ट टेबल

कोणों को निर्देशांक मापने वाली मशीन में जांचा (5 पॉइंट कैलिब्रेशन) गया। इवेंट ट्रिगर जनरेशन के लिए माइक्रो मीटर का उपयोग किया जाता है और इसे निर्देशांक मापने वाली मशीन में जांचा गया।

भूकंपीय परीक्षण के लिए एलसीपी माउंटिंग संरचना में संशोधन

भूकंपीय कंपन टेबल परीक्षण के लिए स्थानीय नियंत्रण पैनल (एलसीपी) की माउंटिंग संरचना में संशोधन किया गया, ताकि संरचना को अधिक मजबूत बनाया जा सके और एलसीपी के लिए वास्तविक दीवार माउंटिंग स्थिति का अनुकरण किया जा सके।

योग्यता परीक्षण

इस प्रणाली पर निम्नलिखित योग्यता परीक्षण आयोजित किए गए हैं:

- ईएलसीए लैब, मुंबई में जलवायु परीक्षण
- ईसीआईएल, हैदराबाद, ईआरटीएल, मुंबई और आईडीईएमआई, मुंबई में ईएमसी परीक्षण
- एसईआरसी, चेन्नई में भूकंपीय योग्यता परीक्षण
- एनपीसीआईएल IV व V टीम द्वारा नव विकसित प्रणाली की श्रेणी के तहत स्वतंत्र सत्यापन (IV व V) और मान्यता।



चित्र 7: भूकंपीय उपकरण प्रणाली के एकीकरण परीक्षण के लिए परीक्षण सेट अप

उपरोक्त सभी परीक्षण भूकंपीय उपकरण प्रणाली की प्रोटोटाइप इकाई पर सफलतापूर्वक पूरे कर लिए गए हैं।

उत्पादन

भूकंपीय उपकरण प्रणाली को डेढ़ वर्ष की समयावधि में आरएपीपी-7 व 8 साइट पर सफलतापूर्वक विकसित, निर्मित, परीक्षण, आपूर्ति और कमीशन किया गया है।

मुख्य बिन्दु

तकनीकी और लागत की दृष्टि से, भूकंपीय उपकरण प्रणाली के लिए विदेशी एवं भारतीय निर्माण की तुलना की गई है जो कि इस प्रकार है:

भारतीय निर्मित बनाम विदेशी निर्मित प्रणाली के बीच तुलना:

● तकनीकी लाभ

पैरामीटर	भारतीय निर्माण	विदेशी निर्माण	टिप्पणी
भूकंपीय सेंसर			
सेंसर का प्रकार	माइक्रो इलेक्ट्रो मैकेनिकल सेंसिंग एलिमेंट (एमईएमएस)	एनालॉग बल फीडबैक एकसेलेरोमीटर	उन्नत प्रौद्योगिकी
तापमान सीमा	-40 डिग्री C to +125 डिग्री C	-40 डिग्री C to + 85 डिग्री C	उच्च तापमान सीमा
संचार	डिजिटल संचार	+/- 4V सिग्नल समाप्ति	शोर मुक्त संचार
विद्युत खपत	5वी डीसी पर 25 एमए	6.5वी से 12वी पर 45एमए	कम बिजली की खपत
माउंटिंग आधार संरचना	रखरखाव के अनुकूल घेरा, इन सीटू सर्विसिंग के लिए ऊपर से पहुंच योग्य	सेंसर पीसीबी के रखरखाव के लिए सेंसर के आधार को हटाने की आवश्यकता है	रखरखाव में आसानी
स्थानीय रिकॉर्डर			
एसडी कार्ड मेमोरी	32 जीबी	1 जीबी	उच्च भंडारण
सैम्पलिंग	250 प्रति मिनट	200 प्रति मिनट	उच्च सैम्पलिंग
घटना से पूर्व समय	180 सेकंड तक	100 सेकंड तक	घटना से पहले और बाद का उच्च समय निर्धारित किया जा सकता है
घटना के बाद का समय	180 सेकंड तक	100 सेकंड तक	
सीआरएस को संचार	2 x RS485 गैल्वेनिक रूप से अलग लिंक	करंट लूप, 4-20एमए	अतिरिक्त प्रदान किया गया
आरटीसी बहाव	3.5 पीपीएम 85 डिग्री सेल्सियस तक	20 पीपीएम	अच्छा
केंद्रीय रिकॉर्डिंग प्रणाली			
प्रोटोकॉल	उच्च गति पोलिंग (57.6 के बाँड)	9600 बाँड	उच्च गति
एलआर से संचार	2 x RS485 गैल्वेनिक रूप से पृथक लिंक	करंट लूप, 4-20एमए	अतिरिक्त प्रदान किया गया
आरटीसी बहाव	3.5 पीपीएम 85 डिग्री सेल्सियस तक	20 पीपीएम	अच्छा
डिस्प्ले एलईडी	39	32	बेहतर जानकारी के लिए

● लागत लाभ

विवरण	विदेशी विक्रेता-2018 के बजटीय प्रस्ताव पर आधारित दरें	भारतीय विक्रेता पर पीओ आधारित दरें-2022	लागत लाभ बचत
एक परियोजना अर्थात् आरएपीपी -7 व 8 की लागत	~ 18% की दर से कस्टम ड्यूटी और जीएसटी सहित रु. 8.24 करोड़	~ रु. 3.1 करोड़ जीएसटी सहित @ 18%	~ रु. 5.14 करोड़



उपर्युक्त तकनीकी एवं लागत लाभों को देखते हुए, भविष्य में परमाणु ऊर्जा परियोजनाओं व स्टेशनों में भारत में निर्मित भूकंपीय उपकरण प्रणालियों का उपयोग करना लाभदायक है।

आगे बढ़ना

भूकंपीय उपकरण प्रणाली स्वदेशी रूप से विकसित की गई है और मेक इन इंडिया पहल पर आधारित है। विक्रेता द्वारा निर्मित प्रणाली की राजस्थान परमाणु ऊर्जा संयंत्र इकाई 7 व 8 (आरएपीपी-7 व 8) में दीर्घकालिक परिचालन अनुभवों के लिए निगरानी की जाएगी। प्रदर्शन के आधार पर, भविष्य की परियोजनाओं में प्रणाली को लागू करने से पहले आगे के संशोधनों या अपडेट पर विचार किया जाएगा।

दो अन्य भारतीय विक्रेता भी भूकंपीय उपकरण प्रणाली विकसित कर रहे हैं। ये प्रयास एक व्यापक पहल का हिस्सा हैं, जिसके तहत कई निर्माता ऐसे हैं जो परमाणु ऊर्जा संयंत्रों में भूकंपीय निगरानी प्रणालियों की विश्वसनीयता और उपलब्धता बढ़ाने के लिए उन्नत सुविधाओं के साथ एसएमएसआईएस की स्वदेशी आपूर्ति कर सकते हैं।

निष्कर्ष

समन्वित प्रयासों एवं निरंतर तकनीकी सहायता के माध्यम से, आरएपीपी - 7 व 8 में भूकंपीय उपकरण प्रणाली के निर्माण, परीक्षण, स्वतंत्र सत्यापन एवं मान्यता (IV व V), वितरण, स्थापना और कमीशनिंग के पूर्ण दायरे को संभालने के लिए एक भारतीय विक्रेता को सफलतापूर्वक विकसित किया गया है। इस प्रक्रिया ने सुनिश्चित किया कि न्यूक्लियर पावर कॉरपोरेशन ऑफ इंडिया लिमिटेड (एनपीसीआईएल) द्वारा निर्धारित सभी आवश्यकताओं को परियोजना के शेड्यूल और विनिर्देशों के साथ संरेखित किया गया। यह उपलब्धि भारत में परमाणु ऊर्जा संयंत्रों के लिए महत्वपूर्ण सुरक्षा प्रणालियों में आत्मनिर्भरता की दिशा में एक महत्वपूर्ण कदम है।



श्री अचल सरन माथुर (वैज्ञानिक अधिकारी/एच), सहायक निदेशक (सी एंड आई-प्रोक.) ने अपनी बीई (इलेक्ट्रिकल एंड इलेक्ट्रॉनिक्स) की डिग्री पूरी की और 1989 में कार्यभार संभाला और 1997 तक राजस्थान साइट पर कार्यरत रहे. आरएपीपी-3 व 4 साइट पर वे 220 मेगावाट

क्षमता के लिए सी एंड आई वस्तुओं और प्रणालियों के निर्माण के लिए उत्तरदायी थे। टीएपीएस-3 व 4 में वे 540 मेगावाट के लिए इंस्ट्रुमेंटेशन इरेक्शन के प्रभारी इंजीनियर रहे। उनका मुख्य योगदान डीएनएम प्रणाली, सीटीएम प्रणाली और सेकेंडरी साइकिल के लिए ट्यूबिंग, केबलिंग तथा ऑटो ट्यूब वेल्डिंग में रहा। उन्हें एनपीसीआईएल यूनिट मान्यता और समूह उपलब्धि पुरस्कार से सम्मानित किया गया। मुख्यालय, में स्थानांतरण के बाद, वह 700 मेगावाट इकाइयों एवं परिचालन स्टेशनों के लिए सी एंड आई वस्तुओं और प्रणालियों की खरीद का काम संभाल रहे हैं। वर्तमान में नियंत्रण व इंस्ट्रुमेंटेशन-खरीद समूह का नेतृत्व कर रहे हैं।

संदर्भ

- पीसी-ई-403, रेव-0, 700 मेगावाट पीएचडब्ल्यूआर के लिए तेज गति भूकंपीय उपकरण प्रणाली पर तकनीकी विनिर्देश
- पीपी-पी-1819, रेव-0, वाल्वों, पैनलों, उपकरणों, घूर्णन और पारस्परिक उपकरणों, टैंकों, जहाजों और समर्थनों की भूकंपीय योग्यता के लिए विधियों और प्रक्रियाओं पर तकनीकी विनिर्देश
- आईईईई मानक 344™-2004 परमाणु ऊर्जा उत्पादन स्टेशनों के लिए कक्षा 1ई उपकरणों की भूकंपीय योग्यता के लिए आईईईई सुझाया गया अभ्यास
- आईईसी-61000-4-5, 2005-11 विद्युत चुम्बकीय संगतता (ईएमसी) –भाग 4-5: परीक्षण एवं माप तकनीक – सर्ज प्रतिरक्षा परीक्षण
- एईआरबी/एनपीपी-पीएचडब्ल्यूआर/एसजी/डी-25: पीएचडब्ल्यूआर की कंप्यूटर आधारित प्रणालियों पर एईआरबी सुरक्षा मार्गदर्शिका, जनवरी-2010 और एनपीपी के लिए कंप्यूटर आधारित प्रणालियों में एफपीजीए और सीपीएलडी के उपयोग पर मार्गदर्शन पर इसका अनुशेष, अक्टूबर-2019।
- एईआरबी/एसजी/एस-11 मार्गदर्शिक "परमाणु ऊर्जा संयंत्र स्थलों के लिए भूकंपीय अध्ययन और डिजाइन आधार भू-गति"
- यूएसएनआरसी- नियामक मार्गदर्शिका।2, "भूकंप के लिए परमाणु ऊर्जा संयंत्र उपकरण"



श्रीमती सोहिनी अग्रवाल (वैज्ञानिक अधिकारी/जी), अतिरिक्त मुख्य अभियंता ने इलेक्ट्रॉनिक्स और दूरसंचार विषय में बी.टेक की पढ़ाई पूरी की और 2005 में एनपीसीआईएल में शामिल हुईं। आरएपीएस-3 व 4 में नियंत्रण व रखरखाव समूह में कार्य शामिल थी। मुख्यालय में स्थानांतरण के बाद, वे सी एंड आई डायरेक्टोरेट में कार्यरत हैं। 700 मेगावाट पीएचडब्ल्यूआर परियोजनाओं के

लिए परमाणु उपकरण प्रणालियों, सी एंड आई केबलों और भूकंपीय उपकरण प्रणालियों के लिए उत्तरदायी रहीं।

श्री मनोज कुमार सोनावनी (वैज्ञानिक अधिकारी/जी), ने बी.ई. (इलेक्ट्रॉनिक्स) की पढ़ाई पूरी की और 2007 में एनपीसीआईएल में शामिल हुए. उन्होंने 700 मेगावाट आईपीएचडब्ल्यूआर में विभिन्न प्रणालियों जैसे रिपेक्टर ट्रिप के लिए भूकंपीय स्विच, स्ट्रॉन्ग मोशन



भूकंपीय इंस्ट्रुमेंटेशन, फ्लक्स मैपिंग सिस्टम (एफएमएस), स्टार-अप इंस्ट्रुमेंटेशन प्रणाली, ट्रेवलिंग इन-कोर प्रोब (टीआईपी) ड्राइव प्रणाली, लो पावर फ्लक्स लॉगर (एलपीएफएल) प्रणाली, ऑनलाइन सीएचएफ कंप्यूटेशन प्रणाली के डिजाइन एवं विकास में महत्वपूर्ण योगदान दिया है. उन्हें वर्ष 2020 के लिए एनपीसीआईएल समूह उपलब्धि पुरस्कार से सम्मानित किया गया है.



राजस्थान परमाणु परियोजना (आरएपीपी) - 7 फुल स्कोप ऑपरेटर प्रशिक्षण सिमुलेटर

हर्ष वर्धन झा, वरिष्ठ अधिशासी अभियंता, सौरभ शारदा, अपर मुख्य अभियंता,
चारुशीला हरेर, अपर मुख्य अभियंता, (अनुभाग: अनुकारी)

परिचय

आरएपीपी-7 मॉड्यूल आरएपीपी -7 और 8 के दो 700 मेगावाट यूनिटों के ऑपरेटरों को प्रशिक्षित करने के लिए एक प्रतिरूप फुल स्कोप ट्रेनिंग (एफएसटीएस) है। इस सिमुलेटर के लिए संदर्भ संयंत्र आरएपीपी-7 है। यह केएपीएस-3 मॉड्यूल के बाद दूसरा ऐसा 700 मेगावाट मॉड्यूल आया है जिसे 2019 की पहली तिमाही में एनटीसी केएपीएस में ऑपरेटर प्रशिक्षण के लिए जारी किया गया था। आरएपीपी-7 सिमुलेटर का पहला संस्करण 2021 में एनटीसी में परीक्षण के लिए जारी किया गया था। इसके बाद, सिमुलेटर वैधिकरण टीम (एसवीटी) और एक स्वतंत्र साइट सिमुलेटर वैधिकरण टीम (एसएसवीटी) द्वारा दो और संस्करण बनाए गए हैं तथा मई 2022 व सितंबर 2023 में संयंत्र तकनीशियनों के प्रशिक्षण एवं लाइसेंसिंग के लिए जारी किए गए हैं।



आरएपीपी-7 सिमुलेटर कंट्रोल रूम

सिमुलेटर प्रशिक्षण संयंत्र प्रचालन की विभिन्न स्थितियों जैसे स्टार्ट-अप, ईंधन भरण/पुनः ईंधन भरण (रीफ्यूलिंग), बिजली संचालन, शटडाउन, प्रत्याशित परिचालन घटनाएँ (एओओ) और डिजाइन बेसिस इवेंट्स (डीबीई) के लिए ऑपरेटर कौशल और सजगता के विकास को सक्षम बनाता है। संयंत्र प्रचालकों के लाइसेंस, योग्यता और पुनः योग्यता के लिए सिमुलेटर प्रशिक्षण

एक अनिवार्य आवश्यकता है। आरएपीपी-7 सिमुलेटर का उपयोग संयंत्र की घटनाओं को दुबारा तैयार करने और संभावित कारणों की पहचान करने तथा आरएपीपी-7, 8 में उनके कार्यान्वयन से पहले नए सिस्टम डिजाइन का परीक्षण करने के लिए भी किया जा सकता है। सिमुलेटर की आवश्यकता को वानो पियर समीक्षा सुझावों द्वारा अधिक रेखांकित किया गया है जो प्रत्येक ट्विन यूनिट स्टेशन के लिए एक सिमुलेटर को अनिवार्य बनाती हैं और एईआरबी एससी-ओ (खंड 5.1.7 और 5.1.11) और एसजी-ओ-1 (धारा 4.2 और 4.3) के अनुसार नियामक आवश्यकता है।

सिमुलेटर डिजाइन, विकास, स्थापना, कमीशनिंग और सत्यापन:

आरएपीपी-7 सिमुलेटर की डिजाइन, विकास, स्थापना, कमीशनिंग और सत्यापन गतिविधियां निम्नलिखित चरणों में पूरी की गईं-

चरण 1 ए: आरएपीपी-7, 8 में सिमुलेटर भवन का डिजाइन और निर्माण

सिमुलेटर भवन का निर्माण आरएपीपी-7 और 8 में एनपीसीआईएल मुख्यालय के विभिन्न कार्य समूहों द्वारा 2018-19 में प्रदान की गई इंजीनियरिंग जानकारी के आधार पर साइट प्रोजेक्ट समूह द्वारा किया गया था।

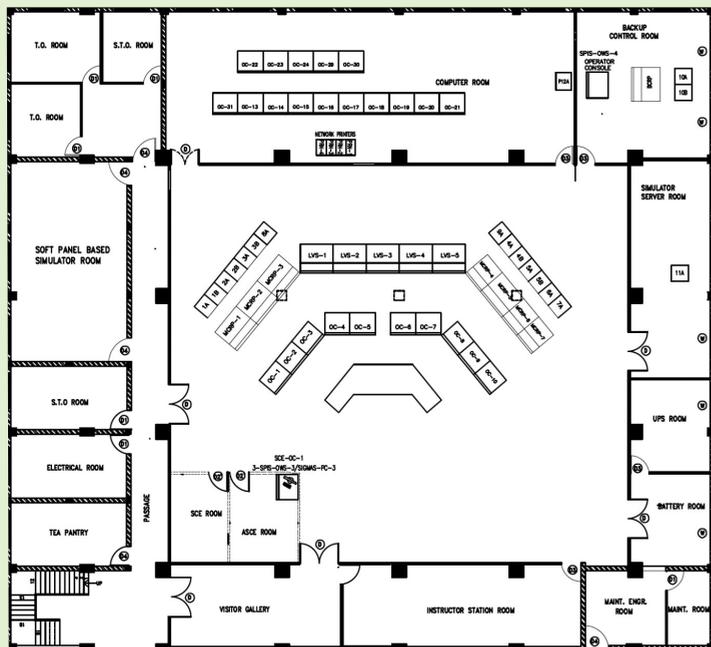


आरएपीपी-7 सिमुलेटर भवन

सिम्युलेटर भवन में सिम्युलेटर सुविधा उपलब्ध है, जिसमें सिम्युलेटर कंट्रोल रूम शामिल है, जो आरएपीपी-7 मेन कंट्रोल रूम (एमसीआर) का प्रतिरूप है, पारी प्रभारी अभियंता (एससीडी) और अतिरिक्त पारी प्रभारी अभियंता (एएससीडी) कक्ष, बैक-अप कंट्रोल रूम (बीसीआर), कंप्यूटर रूम, (निर्बाध विद्युत आपूर्ति) (यूपीएस) कक्ष, यूपीएस बैटरियों के लिए बैटरी कक्ष, सिम्युलेटर सर्वर कक्ष जिसमें सिम्युलेशन सर्वर हैं, सिम्युलेटर इंडस्ट्रक्टर रूम जहां से सिम्युलेशन शुरू और नियंत्रित किए जाते हैं, दस्तावेज कक्ष, कक्षा और ब्रीफिंग कक्ष जैसा कि चित्र-1: सिम्युलेटर फैसिलिटी लेआउट में दर्शाया गया है।

आरएपीपी-7 के लिए सिम्युलेटर सिविल डिजाइन लेआउट, अन्य सभी सिविल एवं हार्डवेयर अवसंरचना रेखाचित्रों और दस्तावेजों के लिए आधार दस्तावेज है, जैसे कि सिम्युलेटर भवन के स्थान, नींव, एलिवेशन और बीम, स्तंभों और विभाजकों हेतु प्लान्स, हार्ड वोल्टेज एसी (एचवीएसी) इकाइयों का स्थान एवं वेंटिलेशन नलिकाओं की रूटिंग, एम्बेडेड पाटर्स (ईपी) का स्थान और आकार का लेआउट, विद्युत तथा लोकल एरिया नेटवर्क (लैन) केबलों के लिए केबल ट्रेच का आकार और लेआउट, सिम्युलेटर मेन कंट्रोल रूम लेआउट आदि।

विद्युत स्थानीय वितरण बोर्ड (डीबी) इस तरह से प्रदान किए जाते हैं कि उपकरणों को निकटतम डीबी और केबलिंग ट्रेच से दूरी के अनुसार विभिन्न क्षेत्रों में विभाजित किया जा सके। विभिन्न कमरों में उपकरणों के स्थान और संख्या के आधार पर सभी कमरों में विद्युत रिसेप्टेकल्स प्रदान किए जाते हैं।



चित्र-1: सिम्युलेटर कंट्रोल रूम लेआउट

चरण 1 बी: सिम्युलेटर कंट्रोल रूम हार्डवेयर निर्माण, स्थापना और कमीशनिंग

सिम्युलेटर कंट्रोल रूम चित्र-1 में दिखाया गया केंद्रीय 23.6 मीटर x 20.07 मीटर क्षेत्र है। इसमें बारह (12) मेन कंट्रोल रूम पैनल (एमसीआरपी), दस (10) ऑपरेटर कंसोल (ओसी), एक स्टार्ट-अप डॉली और एक ऑपरेटर डेस्क हैं, जो आरएपीपी-7 एमसीआर का प्रतिरूप हैं। एमसीआरपी और ओसी आयाम, लेआउट, सामग्री व पैनल डिवाइस संरचना, व्यवस्था और कार्यक्षमता में आरएपीपी-7 एमसीआर के समान हैं। ओसी में संदर्भ संयंत्र एमसीआर की तरह ही ऑपरेटर कार्य स्टेशन (ओडब्ल्यूएस) हैं। पांच एमसीआरपी में आरएपीपी-7 एमसीआर की तरह उनके सीधे भाग पर बड़ी वीडियो स्क्रीन लगी हुई हैं। इसके अतिरिक्त सिम्युलेटर कंट्रोल रूम विभिन्न पहलुओं में जैसे कि प्रवेश, प्रकाश योजना, आवाज का स्तर, सतह और छत के संदर्भ संयंत्र एमसीआर के प्रतिरूप है। आरएपीपी-7 एमसीआर, के संदर्भ में सिम्युलेटर कंट्रोल रूम की यह समानता आरएपीपी-7 सिम्युलेटर को एक रेप्लिका ऑपरेटर ट्रेनिंग सिम्युलेटर बनाता है।

सिम्युलेटर बैक-अप कंट्रोल रूम (बीसीआर) एक 6.89 मीटर x 6.89 मीटर का कमरा है जो सिम्युलेटर कंट्रोल रूम के पीछे तिरछी ओर स्थित है जैसा कि चित्र-1 में दिखाया गया है। इसमें एक सिम्युलेटर बैक-अप कंट्रोल रूम पैनल (बीसीआरपी) और एक ओसी है जो आरएपीपी-7 बीसीआर में मौजूद ओसी का प्रतिरूप है। बीसीआरपी व ओसी आयाम, लेआउट, सामग्री और पैनल डिवाइस संरचना, व्यवस्था और कार्यक्षमता में आरएपीपी-7 बीसीआर के समान हैं। ओसी में वही ऑपरेटर वर्क स्टेशन (ओडब्ल्यूएस) हैं जो संदर्भित संयंत्र बीसीआर में हैं। हालाँकि सिम्युलेटर संदर्भित संयंत्र बीसीआर के आयामी रूप से समान नहीं है।

सिम्युलेटर I/O सिस्टम में सिम्युलेटर I/O पैनल, सिम्युलेटर कंट्रोल पैनल और ओसी को उनके संबंधित I/O पैनल से जोड़ने वाले संबंधित केबल और नेटवर्क स्विच के माध्यम से I/O पैनल को सिम्युलेटर सर्वर/रों से जोड़ने वाला सिम्युलेटर लैन शामिल होता है। सिम्युलेटर I/O घटक मानक इलेक्ट्रॉनिक कैबिनेट के अंदर लगे होते हैं जो I/O पैनल पर लगे होते हैं। सिम्युलेटर कंट्रोल पैनल और ओसी पर हार्ड वायर्ड डिवाइस की संख्या के आधार पर I/O पैनल की संख्या तय की जाती है। ये I/O पैनल (1ए, 1बी, 2ए, 2बी, 3ए, 3बी, 4ए, 4बी, 5ए, 5बी, 6ए, 7ए, 8ए, 9ए, 10ए, 10बी, 11ए, 12ए, 13ए, 13बी, 13सी, 13डी, 14ए, 14बी, 15ए) सिम्युलेटर कंट्रोल रूम पैनल के पीछे स्थित होते हैं जैसा कि चित्र-1 में दिखाया गया है। विभिन्न प्रकार के सिग्नलों के लिए कुल I/O लोड, एनालॉग इनपुट (एआई)-57, एनालॉग आउटपुट (एओ)-326, डिजिटल इनपुट (डीआई)-2156 और डिजिटल आउटपुट (डीओ)-3046 हैं।

I/O सिस्टम सिम्युलेटर सर्वर में स्थित एप्लीकेशन प्रोग्राम इंटरफ़ेस (एपीआई) के माध्यम से सिम्युलेटर सर्वर से जुड़ता है।

यह एपीआई सिमुलेटर I/O लैन के माध्यम से सिमुलेटर पैनल और ओसी जैसे हैंड-स्विच, पुश बटन, कंट्रोलर और हैंड-कंट्रोलर पर इनपुट डिवाइस से ऑपरेटर इनपुट प्राप्त करता है, उन्हें प्रोसेस करता है और सिमुलेटर सर्वर में शेयर्ड मेमोरी में लिखता है। इसी तरह, सभी प्लॉट सिस्टम मॉडल से कंप्यूटेड रिस्पॉन्स को इस शेयर्ड मेमोरी से पढ़ा जाता है और इस एपीआई द्वारा I/O लैन के माध्यम से I/O सिस्टम को भेजा जाता है, ताकि सिमुलेटर पैनल और ओसी जैसे इंडिकेटिंग मीटर, लैंप, विंडो अलार्म, रिकॉर्डर आदि पर आउटपुट डिवाइस को चलाया जा सके।

आरएपीपी-7 सिमुलेटर हार्डवेयर की खरीद से लेकर कमीशनिंग तक की सभी गतिविधियाँ आरएपीपी-7, 8 के लिए कंट्रोल सेंटर इंस्ट्रुमेंटेशन पैकेज (सीसीआईपी) के भाग के रूप में की गईं। सिमुलेटर कंट्रोल पैनल, ओसी व I/O पैनल का निर्माण और स्थापना आरएपीपी-7, 8 के लिए सीसीआईपी के भाग के रूप में की गई थी। आरएपीपी-7 सिमुलेटर कंट्रोल रूम हार्डवेयर के लिए जीए, टीएल, डब्ल्यूडी और बीओक्यू को मुख्यालय के सिमुलेटर समूह द्वारा तैयार किया गया था, जिसके आधार पर हार्डवेयर की स्थापना, कमीशनिंग और परीक्षण 2019 के अंत तक पूरा हो गया था।

चरण 2 ए: प्लॉट सिस्टम मॉडल सॉफ्टवेयर का विकास, परीक्षण और कमीशनिंग

आरएपीपी-7 के विभिन्न संयंत्र प्रणालियों के लिए सिमुलेटर मॉडल सॉफ्टवेयर में निम्नलिखित शामिल हैं-

- संयंत्र उपकरण, इंस्ट्रुमेंटेशन और प्रणालियों के सिमुलेशन के लिए गणितीय मॉडल
- संयंत्र प्रणाली इंटरलॉक और नियंत्रण के सिमुलेशन के लिए तर्क और नियंत्रण मॉडल
- रिएक्टर रेगुलेटिंग सिस्टम (आरआरएस), फ्लक्स मैपिंग सिस्टम (एफएमएस), दोनों शटडाउन सिस्टम के लिए जांच और मॉनिटरिंग प्रणाली आदि जैसे कंप्यूटर आधारित सिस्टम (सीबीएस) के सिमुलेशन के लिए मॉडल।
- एमसीआरपी, बीसीआरपी, ओसी और टीजी-एचएमआई के लिए सॉफ्ट इम्यूलेशन
- विभिन्न प्लॉट सिस्टम के लिए फील्ड ऑपरेशन और नियंत्रण के सिमुलेशन के लिए सॉफ्ट पैनल का विकास
- विभिन्न सीबीएस के लिए संचार एपीआई का विकास
- सेकेंडरी साइकिल सिस्टम और टर्बाइन जेनरेटर और इसके सहायक उपकरणों के लिए एचएमआई का विकास

निम्नलिखित संयंत्र प्रणालियों का अनुकरण किया गया (व्यापक सूची)

- रिएक्टर काइनेटिक्स (रिएक्टर फिजिक्स ग्रुप द्वारा विकसित और सिमुलेटर ग्रुप द्वारा अनुकूलित)

- रिएक्टर रेगुलेटिंग सिस्टम (विनियमन प्रणाली)
- फ्लक्स मैपिंग प्रणाली
- लिक्विड ज़ोन कंट्रोल सिस्टम (एलजेडसीएस)
- रिएक्टर शटडाउन सिस्टम (एसडीएस) 1 और 2
- चैनल टेम्परेचर मोनिटरिंग सिस्टम (सीटीएमएस)
- थर्मल पॉवर मोनिटरिंग सिस्टम (टीपीएमएस)
- शट-ऑफ रॉड ड्राइव कंट्रोल सिस्टम (एसआरडीसीएस)
- मॉडरेटर मेन व औक्सिलिअरी सिस्टम्स
- मॉडरेटर लिक्विड पॉइज़न एडिशन सिस्टम (एमएलपीएस)
- पीएचटी मेन सर्कुलेशन सिस्टम व औक्सिलिअरी सिस्टम्स
- शटडाउन कूलिंग सिस्टम
- इमरजेंसी कोर कूलिंग सिस्टम (ईसीसीएस)
- रिएक्टर औक्सिलिअरी सिस्टम्स- एंड-शील्ड कूलिंग सिस्टम (ईएससीएस), कैलेंड्रिया वॉल्ट कूलिंग सिस्टम (सीवीसीएस), एनुलस गैस मॉनिटरिंग सिस्टम (एजीएमएस), ईसीसीएस सम्प रीसर्कुलेशन सिस्टम, स्पेंट फ्यूल स्टोरेज एंड प्यूरिफिकेशन सिस्टम्स, D₂O एडिशन एंड ट्रांसफर सिस्टम, D₂O वैक्यूम मॉपिंग सिस्टम।
- सेकेंडरी साइड वाटर सिस्टम- मेन फीड वाटर सिस्टम, मेन कंडेनसेट सिस्टम आदि।
- सेकेंडरी साइड स्टीम सिस्टम- मेन स्टीम सिस्टम, टर्बाइन और इसकी औक्सिलिअरी सिस्टम्स
- इलेक्ट्रिकल सिस्टम व इलेक्ट्रिकल सुपरवाइजरी कंट्रोल और डेटा एक्वीजीशन सिस्टम (ईएससीएडीए)
- प्रोसेस वाटर सिस्टम
- वेंटिलेशन सिस्टम
- कंप्रेस्ड एयर सिस्टम
- प्रोसेस अलार्म सिस्टम (पीएसएस)-1 व 2
- रीजनल ओवरपॉवर प्रोटेक्शन अलार्म सिस्टम (आरओपीएस)-1 व 2
- टेस्ट & मॉनिटरिंग सिस्टम (टीएमएस)- 1 व 2
- ईसीसीएस टेस्ट फैसिलिटी (ईटीएफ)
- ईसीसीएस अलार्म सिस्टम (ईएसएस)
- कंटेनमेंट मॉनिटरिंग सिस्टम (सीएमएस), कंटेनमेंट स्प्रे सिस्टम (सीएसएस) और कंटेनमेंट स्प्रे अलार्म सिस्टम (सीएसएस)



सभी सिस्टम मॉडल मुख्यालय में सिमुलेटर डेवलपमेंट एंड सपोर्ट सिस्टम (एसडीएसएस) में स्टैंड-अलोन और एकीकृत मोड में विकसित और परीक्षण किए गए थे। शुरुआत में केएपीएस-3 सिमुलेटर - पहला 700 मेगावाट पीएचडबल्यूआर सिमुलेटर - मॉडल का बेस मॉडल के रूप में उपयोग किया गया और बाद में आरएपीपी-7 में विशिष्ट डिजाइन संशोधन किए गए। ईएससीएडीए और प्लांट वाटर सिस्टम जैसी कुछ प्रणालियों को नए सिरे से तैयार किया गया, जबकि सर्विस वाटर सिस्टम, सेकेंडरी साइकिल सिस्टम आदि जैसी अन्य प्रणालियों में विशिष्ट परिवर्तन लागू किए गए। सभी प्लांट मॉडल का पहला संस्करण अक्टूबर 2021 तक पूरा हो गया और विस्तृत परीक्षण के लिए ओडबल्यूएस के नवीनतम उपलब्ध संस्करणों के साथ एनटीसी में जारी किया गया। इसके बाद ऑपरेटरों के प्रशिक्षण के लिए सिमुलेटर वैलिडेशन टीम द्वारा सत्यापन के बाद 2022 और 2023 में इमरजेंसी ऑपरेटिंग प्रोसीजर्स (ईओपी) के कार्यान्वयन के साथ दो और संस्करण जारी किए गए हैं।

चरण 2बी: ऑपरेटर वर्क स्टेशन (ओडब्लूएस) और ह्यूमन मशीन इंटरफेस (एचएमआई) की कमीशनिंग

आरएपीपी-7 एमसीआर के लिए आर&डी-ईएस ग्रुप द्वारा विकसित 64-बिट ओडबल्यूएस का उपयोग आरएपीपी-7 सिमुलेटर कंट्रोल रूम में भी किया गया है ताकि आरएपीपी-7 सिमुलेटर का प्रतिरूप प्रकृति को तैयार किया जा सके। इन ओडबल्यूएस को विभिन्न ओसी के अंदर रखा गया है और इनका उपयोग विभिन्न संयंत्र प्रणालियों के परीक्षण, निगरानी और संचालन के लिए किया जाता है। इस प्रकार निम्नलिखित ओडबल्यूएस को प्रेरित किया गया है-

ओडबल्यूएस#1 में सेफ्टी टेस्ट व मोनिटरिंग सिस्टम (एसटीएमएस)-1ए व 1बी शामिल है

ओडबल्यूएस#2 में रिपक्टर कंट्रोल व मोनिटरिंग सिस्टम (आरसीएमएस) शामिल है

ओडबल्यूएस#3 में रिपक्टर प्रोसेस कंट्रोल व मोनिटरिंग सिस्टम (आरपीसीएमएस) शामिल है

ओडबल्यूएस#4 जिसमें कंटेनमेंट वेंटिलेशन व कॉमन सर्विसेज कंट्रोल एंड मॉनिटरिंग सिस्टम (सीवीसीएसएमएस) शामिल है

ओडबल्यूएस#5 जिसमें आरएडीएसएस (रेडिएशन डेटा एक्विजिशन सिस्टम) व बीटल मॉनिटरिंग सिस्टम (बीएमएस) शामिल है

ओडबल्यूएस#6 जिसमें ईएससीएडीए शामिल है

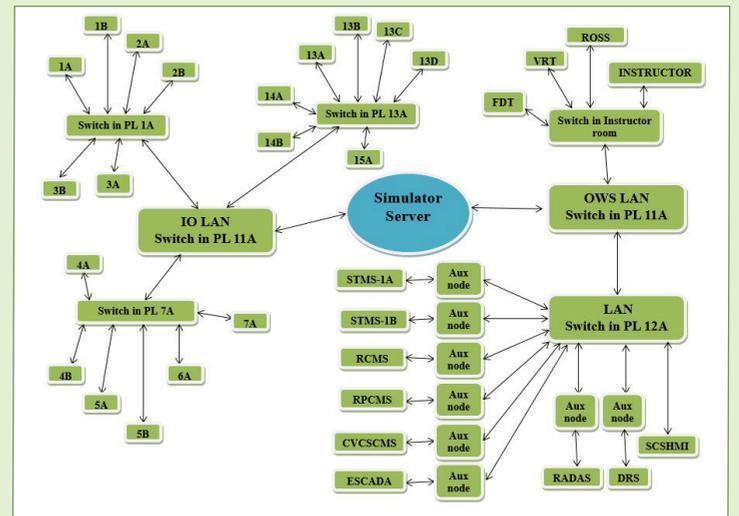
ओडबल्यूएस#8 जिसमें डिस्टर्बेंस रिकॉर्डिंग सिस्टम (डीआरएस) शामिल है

इन ओडबल्यूएस को सबसे पहले मुख्यालय में एसडीएसएस में

स्थापित किया गया था, उनके संबंधित प्लांट सिस्टम मॉडल के साथ एकीकृत किया गया था, डिजाइन के अनुसार विभिन्न सिस्टम संचालन के लिए सत्यापित और परीक्षण किया गया था। प्रत्येक ओडबल्यूएस एक समर्पित इंटरफेस पीसी के माध्यम से सिमुलेटर सर्वर से जुड़ा है जिसे ऑक्सिलिअरी नोड या ऑक्सनोड कहा जाता है। प्रत्येक ऑक्सनोड में मुख्य रूप से दो एप्लीकेशन प्रोग्राम इंटरफेस (एपीआई) होते हैं जो ओडबल्यूएस को सिमुलेटर सर्वर से जोड़ते हैं। ऑक्सनोड सिमुलेटर सर्वर से प्राप्त डेटा पैकेट्स को ओडबल्यूएस पर भेजने से पहले प्रोसेस करता है और इस तरह सिमुलेटर सर्वर पर डेटा प्रोसेसिंग लोड को प्रभावी ढंग से कम करता है।

सेकेंडरी साइकिल सिस्टम को सेकेंडरी साइकिल सिस्टम एचएमआई (एससीएसएचएमआई) नामक एक अलग सॉफ्ट एचएमआई के माध्यम से संचालित किया जाता है। यह मूल रूप से आरएपीपी-7, 8 में सेकेंडरी साइकिल सिस्टम के लिए मेसो डिस्ट्रिब्यूटेड कंट्रोल सिस्टम (डीसीएस) के लिए एक ऑपरेटर इंटरफेस है। चूंकि इन डीसीएस कार्यात्मकताओं को आरएपीपी-7 सिमुलेटर में सिमुलेट किया गया है, इसलिए इसके एचएमआई को मेसर्स ईसीआईएल को दिए गए एक भिन्न अनुबंध के माध्यम से अनुकरण किया गया और सिमुलेटर के साथ एकीकृत किया गया।

चित्र-2: सिमुलेटर कंट्रोल रूम में प्रतिनिधि लैन नेटवर्क, I/O सिस्टम, ओडबल्यूएस, एससीएसएचएमआई और एनटीसी पर सिमुलेटर सर्वर की लैन संरचना को दर्शाता है। आरएपीपी-7 सिमुलेटर के लिए यह लैन संरचना एक वितरित स्टार नेटवर्क टोपोलॉजी का अनुसरण करता है। यह स्पष्ट है कि I/O लैन और ओडबल्यूएस लैन दो स्वतंत्र नेटवर्क हैं। जहाँ I/O लैन सिमुलेटर सर्वर और सभी सिमुलेटर हार्ड पैनल (एमसीआरपी और बीसीआरपी) के बीच उनके संबंधित I/O पैनल के माध्यम से संचार स्थापित करता है, वहीं ओडबल्यूएस लैन का उपयोग ऑक्सिलरी नोड्स के माध्यम से सिमुलेटर सर्वर और ओडबल्यूएस के बीच



चित्र-2: सिमुलेटर कंट्रोल रूम में प्रतिनिधि लैन नेटवर्क

संचार के लिए किया जाता है। प्रमुख सिमुलेटर सत्र नियंत्रण उपयोगिताएँ जैसे इंस्ट्रक्टर स्टेशन और फील्ड डिवाइस टर्मिनल (एफडीटी) भी ओडब्ल्यूएस लैन से जुड़ी हुई हैं। प्रत्येक सिमुलेटर संस्करण में प्लॉट सिस्टम मॉडल सॉफ्टवेयर के साथ-साथ ओडब्ल्यूएस के साथ आरएपीपी-7 एमसीआर संस्करण की स्थापना भी शामिल है।

चरण 3: मुख्यालय में एकीकृत सिमुलेटर सॉफ्टवेयर का इन-हाउस सत्यापन

प्रत्येक सिमुलेटर संस्करण की स्थापना और रिलीज़ से पहले सभी ओडब्ल्यूएस और एससीएसएचएमआई के साथ एकीकृत सिमुलेटर सॉफ्टवेयर का इन-हाउस सत्यापन किया जाता है। ये सत्यापन सिमुलेटर समूह के भीतर गठित सिमुलेटर वर्जन रिलीज़ टेस्टिंग-टास्क बल (एसवीआरटी-टीएफ) द्वारा किए जाते हैं। एसवीआरटी-टीएफ प्रमाणित करता है कि सिमुलेटर संस्करण एनटीसी में रिलीज़ के लिए उपयुक्त है या नहीं।

सिमुलेटर को दो प्रारंभिक स्थितियाँ, अर्थात् संतुलन कोर से संबंधित विभिन्न क्षणिकों और अभ्यासों के लिए 100% एफपी प्रारंभिक स्थिति (आईसी) और स्टार्ट-अप इंस्ट्रूमेंटेशन के साथ स्पेस-काइनेटिक मॉडल के नए कोर संस्करण का उपयोग करके फर्स्ट एप्रोच टू क्रिटिकली (एफएसी) पर अभ्यास के लिए एक कोल्ड ज़ेनॉन मुक्त आईसी में चलाया जाता है। निम्नलिखित बेंचमार्क क्षणिकों (बीएमटी) का परीक्षण एसवीआरटी-टीएफ द्वारा किया जाता है-

- पॉवर मैनुवैरिंग और पुनरुद्धार: सेटबैक शुरू करके 100% एफपी से 70% एफपी तक बिजली कम करना और आरआरएस पॉवर कटौती के माध्यम से 70% से 2% तक कम करना।
- रिएक्टर को दुबारा शुरू करना, टर्बाइन रोलिंग, सिक्रोनाइजेशन और रिएक्टर पॉवर को 100% एफपी पर बहाल करना।
- ग्रॉस लोड रिजेक्शन
- नेट लोड रिजेक्शन
- श्रेणी-IV बिजली विफलता
- स्टेशन ब्लैकआउट
- प्रोसेस वाटर सिस्टम सर्कुलेशन की आंशिक विफलता [एक्टिव प्रोसेस वाटर सिस्टम (एपीडब्ल्यूएस) का एक लूप]
- छोटा ब्रेक एलओसीए
- बड़ा ब्रेक एलओसीए
- स्टेशन ब्लैकआउट (एसबीओ)

ये इन-हाउस सत्यापन आरएपीपी-7 सिमुलेटर के अंतिम दो संस्करणों के लिए किए गए हैं क्योंकि एसवीआरटी-टीएफ का गठन 2022 में किया गया था।

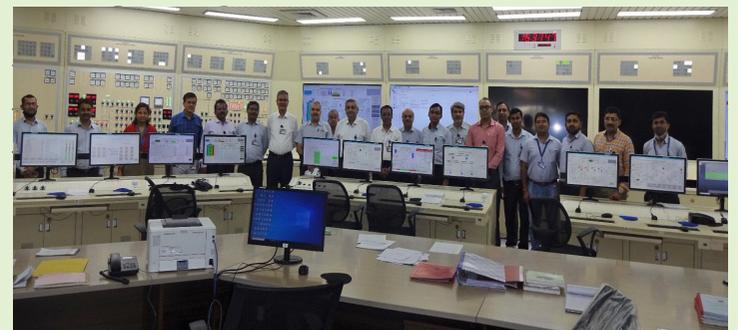
चरण 4: एनटीसी पर स्वतंत्र सिमुलेटर सत्यापन और ऑपरेटर प्रशिक्षण प्रदान करना

सिमुलेटर वैलिडेशन टीम (एसवीटी) सभी 700मेगावाट परियोजनाओं के लिए एफएसटीएस को सत्यापित और मान्य करने के लिए गठित नोडल एजेंसी है। यह सिमुलेटर वैलिडेशन प्रक्रिया (एसवीपी) के अनुसार सिमुलेटर प्रमाणित और सत्यापित करता है। एसवीपी का उपयोग प्लॉट सिस्टम मॉडल कॉन्फ़िगरेशन, उपकरण विशेषताओं, तर्क व इंटरलॉक और ओडब्ल्यूएस मिमिक्स को सत्यापित करने तथा विभिन्न ईओपी एवं सिमुलेटर लेसन प्लान्स के लिए सिमुलेटर व्यवहार को मान्य करने के लिए मार्गदर्शक दस्तावेज़ के रूप में किया जाता है। एसवीटी अपनी रिपोर्ट एईआरबी को प्रस्तुत करता है।

कोविड महामारी से संबंधित यात्रा प्रतिबंधों के कारण, एसवीटी ने प्लॉट सिस्टम मॉडल को सत्यापित करने व मान्य करने के लिए एक साइट सिमुलेटर वैलिडेशन टीम (एसएसवीटी) का गठन किया। अक्टूबर 2021 से एनटीसी में आर0 संस्करण के लिए एसएसवीटी द्वारा निम्नलिखित गतिविधियाँ की गईं और अलग-अलग सिस्टम के अनुसार रिपोर्ट तैयार की गईं-

● निम्नलिखित के संबंध में प्लॉट सिस्टम मॉडल कॉन्फ़िगरेशन और ऑपरेटर इंटरफेस की औचित्य का सत्यापन, प्रभावी

- प्रत्येक सिस्टम के लिए सिमुलेशन दस्तावेज़ (एसएसडी) का दायरा
- एफएस और एलडी जैसे मॉडल विकास के लिए उपयोग किए जाने



एसवीटी द्वारा आरएपीपी-7 सिमुलेटर आर0.1 संस्करण का साइट पर विमोचन

● उपकरण विशेषताओं का सत्यापन

- पंप, वाल्व, टैंक, कंप्रेसर, स्टीम जनरेटर, डीएरेटर, कंडेंसर, जनरेटर आदि जैसे उपकरणों को ओडब्ल्यूएस / एमसीआरपी / बीसीआरपी से संचालित किया गया और उनकी विशेषताओं का सत्यापन स्वीकृत ऑपरेटिंग प्रोसीजर्स कम चेकलिस्ट (ओपीसीसी) के अनुसार किया गया।

● प्रमुख उपकरण व प्रणालियों और लॉजिक व इंटरलॉक का सत्यापन

➤ उपकरण लॉजिक व इंटरलॉक को स्वीकृत ओपीसीसी के अनुसार मान्य किया गया ताकि यह पुष्टि की जा सके कि क्या सिम्युलेटेड उपकरण का कार्य किए गए डिजाइन के अनुसार था।

एसएसवीटी ने 139 सिम्युलेटर लेसन प्लान (एसएलपी) और 44 ईओपी का परीक्षण किया, जिन्हें एनटीसी ने आर0 संस्करण में पहचाना था। एसएसवीटी परीक्षण के आधार पर एनटीसी द्वारा रिपोर्ट की गई सभी टिप्पणियों को संबोधित किया गया और मुख्यालय में एसडीएसएस में उनका परीक्षण किया गया। इसके बाद, जून 2022 में, सिम्युलेटर समूह द्वारा एनटीसी को परीक्षण के लिए आरएपीपी-7 सिम्युलेटर सॉफ्टवेयर संस्करण आर0.1 की पेशकश की गई।

एसवीपी के अनुसार एसएसवीटी द्वारा एनटीसी में निम्नलिखित प्रारंभिक स्थिति (आईसी) बनाई गई थी-

- रिएक्टर फ्रेश कोर के साथ, क्रिटिकलिटी के पहले दृष्टिकोण (एफएसी) से पहले
- रिएक्टर 10-5 एफपी पर पॉइज़न शट डाउन (पीएसडी) के तहत
- रिएक्टर 10-4 एफपी (0.01% एफपी) पर क्रिटिकल, पीएचटी कोल्ड डिप्रेशराइज्ड
- रिएक्टर 1% एफपी पर क्रिटिकल, यूनिट हॉट स्टैंड-बाय पर
- रिएक्टर 80% एफपी पर
- रिएक्टर 100% एफपी पर

ये सत्यापन एफएसी गतिविधि के अलावा, संतुलन कोर के लिए मानक आईसी का उपयोग करते हुए किए गए थे, जहां सत्यापन के लिए फ्रेश कोर आईसी का उपयोग किया गया था।

एसएसवीटी ने आर0.1 संस्करण में 148 एसएलपी और 48 ईओपी में सिम्युलेटर कार्य के लिए सत्यापन किया। विभिन्न क्षणिकों के लिए सिम्युलेटेड परिदृश्य प्रगति की तुलना ईओपी और प्रारंभिक सुरक्षा विश्लेषण रिपोर्ट (पीएसएआर) में वर्णित विश्लेषण से की गई और पाया गया कि वे काफी हद तक मेल खाते हैं। संतोषजनक सिम्युलेटर प्रतिक्रियाओं के आधार पर, एसवीटी से उचित स्वीकृति के बाद, सिम्युलेटर प्रशिक्षण के मॉड्यूल #1 को 80 एसएलपी के साथ कैंडिडेट कंट्रोल इंजीनियर (सीसीई) और कंट्रोल इंजीनियरों (सीई) को प्रदान किया गया। 20 मई 2023 को 17 सीसीई/सीई के लिए छह समूहों में और उम्मीदवार सहायक शिफ्ट चार्ज इंजीनियर (सीएससीई)/शिफ्ट चार्ज इंजीनियर (एससीई) के लिए आरएपीपी-7 सिम्युलेटर में बारह समूहों में सफलतापूर्वक प्रशिक्षण पूरा किया गया।

एसएसवीटी ने जून 2023 में एसवीटी को अपनी अंतिम रिपोर्ट प्रस्तुत की। एसवीटी ने 14 जून 2023 को एनटीसी आरआर साइट पर आयोजित अपनी बैठक में सत्यापन के लिए क्षणिकों और अभ्यासों की एक चयनित सूची का परीक्षण किया।



आरआर साइट पर सिम्युलेटर सत्यापन टीम की बैठक

इनमें से कुछ अभ्यास नीचे सूचीबद्ध हैं-

- कृत्रिम कैलेंड्रिया बॉक्स अप
- एक एसजी में फीड वॉटर का नुकसान
- डीएरेटर इनलेट कंट्रोल वाल्व बंद होने में विफल
- चालू बीएफपी की ट्रिपिंग और स्टैंडबाय 100%एफपी पर शुरू होने में विफल
- क्लास-ए प्रोटेक्शन पर टर्बाइन ट्रिप
- सिंगल पीसीपी ट्रिप
- चालू पीपीपी ट्रिप और स्टैंडबाय 100%एफपी पर शुरू होने में विफल
- एसयूटी 100%एफपी पर ट्रिपिंग
- कंडेनसर वैक्यूम तेजी से कम हो रहा है
- एक 6.6 केवी क्लास-IV बस की बिजली विफलता
- क्लास-IV बिजली विफलता की स्थिति और उसके बाद बिजली आपूर्ति की बहाली
- नेट लोड रिजेक्शन
- ग्रॉस लोड रिजेक्शन
- एक या अधिक एचपी स्टॉप वाल्व का अनजाने में बंद होना
- बड़ा सीएसडीवी खुला रह जाना
- चालू मॉडरेटर पंप की ट्रिपिंग और डिस्चार्ज एमवी अटकाव का खुलना

एसवीटी ने एसएसवीटी द्वारा प्रस्तुत रिपोर्टों की समीक्षा की एवं निष्कर्ष निकाला कि सिम्युलेटर की प्रतिक्रिया संतोषजनक पाई गई और सिम्युलेटर को मॉड्यूल #2 प्रशिक्षण आयोजित करने के लिए उपयुक्त घोषित किया। यह विशेष रूप से आरएपीपी-7 सिम्युलेटर एवं सामान्य रूप से आरएपीपी-7 & 8 परियोजना के लिए एक प्रमुख उपलब्धि था। इसके बाद, एईआरबी के आदेश के अनुसार निर्धारित आरएपीपी-7 एफएसी के निर्धारित समय से पहले



ऑपरेटरों (सीसीई और एससीई) छह बैचों को सफलतापूर्वक प्रशिक्षित किया गया है।

अक्टूबर 2023 में एनटीसी आरएपीपी में आरएपीपी-7 सिमुलेटर में वर्ल्ड एसोसिएशन ऑफ न्यूक्लियर ऑपरेटर्स (वानो) कॉर्पोरेट पीयर रिव्यू (सीपीआर) भी आयोजित किया गया। कू परफॉरमेंस ऑब्जर्वेशन (सीपीओ) के लिए चुने गए परिदृश्यों को आरएपीपी-7 सिमुलेटर में सफलतापूर्वक पूरा दिया गया और सीपीओ के दौरान कोई बड़ा अवलोकन रिपोर्ट नहीं किया गया। बाहरी एजेंसी से इस मान्यता ने एनपीसीआईएल में आत्मविश्वास सिमुलेटर को अधिक मजबूत किया है एवं विकास की क्षमता का प्रदर्शन किया है।

निष्कर्ष

आरएपीपी-7 सिमुलेटर परियोजना पूरी तरह से स्वदेशी, बहु-विषयक, अच्छी तरह से समन्वित गतिविधि है, जो एनपीसीआईएल मुख्यालय में विभिन्न डिजाइन समूहों, परियोजना स्थल पर निर्माण और कमीशनिंग समूहों, परमाणु प्रशिक्षण केंद्र, सिमुलेटर सत्यापन टीमों (एसवीटी/एसएसवीटी), भारत भर में कई विक्रेताओं/उप-विक्रेताओं और सिमुलेटर समूह में मॉडलर्स के घनिष्ठ सहयोग एवं प्रतिबद्धता के कारण ही सफलतापूर्वक साकार हुई है।

संदर्भ

- सिमुलेटर सत्यापन और प्रशिक्षण प्रारंभ (मॉड्यूल -2) पर रिपोर्ट दिनांक 09/11/2023
- सिमुलेटर सत्यापन और प्रशिक्षण प्रारंभ पर अंतरिम रिपोर्ट दिनांक 28/02/2023

○ ○



श्रीमती चारुशीला हरेर (वैज्ञानिक अधिकारी/जी), ने शिवाजी विश्वविद्यालय, कोल्हापुर से कंप्यूटर विज्ञान और इंजीनियरिंग में बी.ई. की डिग्री प्राप्त की है। उन्होंने 2001 में बीएआरसी ट्रेनिंग स्कूल के 45वें बैच के साथ प्रशिक्षु वैज्ञानिक अधिकारी के रूप में अपना करियर शुरू

किया। 2002 में, वह एनपीसीआईएल के आरएपीएस सिमुलेटर अपग्रेड प्रोजेक्ट (आरएसयूपी) समूह में शामिल हुईं। 2005 में, वह सॉफ्टवेयर क्वालिटी एश्योरेंस ग्रुप में चली गईं, जहाँ वह कंप्यूटर-आधारित प्रणालियों के लिए सॉफ्टवेयर दस्तावेजों और कोड की समीक्षा में शामिल थीं। सितंबर 2010 से, वह सिमुलेटर समूह का हिस्सा रही हैं, जो 220, 540 और 700 मेगावाट सिमुलेटर के लिए कंप्यूटर-आधारित प्रणालियों और संचार एपीआई के विकास में योगदान दे रही हैं। उल्लेखनीय रूप से, उन्होंने एक संरचित और मानकीकृत संचार एपीआई विकसित किया जो एक एकल सहायक नोड के माध्यम से सिमुलेटर सर्वर और ऑपरेटर वर्कस्टेशन के बीच संचार को सुविधाजनक बनाता है।

श्री सौरभ शारदा (वैज्ञानिक अधिकारी/जी), जी.बी. पंत इंजीनियरिंग कॉलेज, पौड़ी-गढ़वाल, उत्तराखंड से इलेक्ट्रॉनिक्स और संचार इंजीनियर हैं। वे वर्ष 2002 में एनपीसीआईएल और सिमुलेटर समूह में शामिल हुए। वे सिमुलेटर फैसिलिटी डिजाइन



कोआर्डिनेशन, सिमुलेटर कंट्रोल रूम और इनपुट/आउटपुट इंटरफेस के डिजाइन, सिमुलेटर इंफ्रास्ट्रक्चर, कंप्यूटर आधारित सिस्टम सिमुलेशन एवं इंटरफेस विकास, गुणवत्ता प्रबंधन प्रणाली कार्यान्वयन और सिमुलेटर समूह में विभिन्न खरीद संबंधी गतिविधियों में शामिल हैं। वे आरएपीपी-7 सिमुलेटर के समन्वयक भी हैं और आवधिक संस्करण उन्नयन, संस्करण रिलीज, एनटीसी समन्वय और संबंधित गतिविधियों का कार्यभार संभालते हैं।



श्री हर्षवर्धन झा (वैज्ञानिक अधिकारी/ई), ने जामिया मिलिया इस्लामिया, नई दिल्ली से इलेक्ट्रिकल इंजीनियरिंग में डिग्री प्राप्त की है। 2013 में, वे 57वें बैच के भाग के रूप में बीएआरसी ट्रेनिंग स्कूल में शामिल हुए और उसके बाद, 2014 में, वे एनपीसीआईएल में सिमुलेटर समूह के सदस्य बन गए। उन्होंने

2015 में होमी भाभा राष्ट्रीय संस्थान (एचबीएनआई) से इलेक्ट्रिकल इंजीनियरिंग में M.Tech किया। श्री झा सिमुलेशन सॉफ्टवेयर के डिजाइन और विकास में महत्वपूर्ण भूमिका निभाते रहे हैं, जिसमें एनपीसीआईएल में पीएचडबल्यूआर सिमुलेटर के लिए विभिन्न संयंत्र प्रणालियों में नियंत्रण और इंटरलॉक सिमुलेशन के लिए प्रक्रिया गतिशीलता और तर्क मॉडल के लिए गणितीय मॉडल बनाना शामिल है। उनकी प्रमुख जिम्मेदारियों में मॉडरेटर मेन और ऑक्सिलरीज, रिपक्टर ऑक्सिलरीज, कॉमन सर्विसेज सिस्टम और पीएचडबल्यूआर सिमुलेटर के लिए एनुलस गैस मॉनिटरिंग सिस्टम और डिलेड न्यूट्रॉन मॉनिटरिंग सिस्टम जैसी अपने आप में पहली प्रणालियों का अनुकरण करना शामिल है।



नेट ज़ीरो हासिल करने के लिए हमें अधिक परमाणु ऊर्जा की आवश्यकता है। यह आईपीसीसी और अन्य प्रमुख जलवायु विशेषज्ञों की वैज्ञानिक सहमति है। सरकारें इस सहमति की ओर बढ़ रही हैं, लेकिन हमें तेज़ी से कार्य करना होगा।

— राफेल मारियानो ग्रेसी





आरएपीपी - 7 व 8 की ऑपरेशन एवं मेंटेनेंस बिल्डिंग
Operations & Maintenance Building of RAPP - 7 & 8





कंट्रोल रूम का व्यापक दृश्य, आरएपीपी - 7 व 8
A wide-angle shot of Control Room, RAPP - 7 & 8



आरएपीपी - 7 व 8 के कंट्रोल रूम में इंजीनियर कार्यरत
Engineers working in Control room of RAPP - 7 & 8

राजस्थान परमाणु परियोजना (आरएपीपी) - 7 व 8 के सुधारात्मक कार्यों की ट्रेकिंग और निगरानी हेतु कैम्स सॉफ्टवेयर मॉड्यूल

आदर्श शर्मा, उप मुख्य अभियंता (अनुभाग: ईआरपी)

सुधारात्मक कार्रवाई हर संगठन की प्रक्रियाओं का एक सुधारात्मक हिस्सा है, जो गैर-अनुरूपताओं या किसी अन्य अवांछनीय स्थितियां पैदा होने के कारणों से बचाव करने के लिए किया जाता है। यह असामान्य समस्याओं या जोखिमों के मूल कारणों की व्यवस्थित जांच पर ध्यान केंद्रित करता है ताकि उनकी पुनरावृत्ति को रोका जा सके।

प्रचालित विद्युत केंद्र संरक्षा की समीक्षा के लिए शीर्ष समिति (एक्रॉस) ने एनपीसीआईएल के लिए सुधारात्मक कार्रवाई कार्यक्रम (सीएपी) को परिभाषित करने के लिए एक टास्क फोर्स का गठन किया। टास्क फोर्स ने इस उद्देश्य के लिए स्टेशनों पर विभिन्न मौजूदा प्रणालियों का अध्ययन किया और एक सामान्य दृष्टिकोण एवं एक एकीकृत सुधारात्मक कार्रवाई प्रबंधन प्रणाली (सीएएमएस) को लागू करने का सुझाव देते हुए रिपोर्ट प्रस्तुत की।

एनपीसीआईएल मुख्यालय के आईटी समूह द्वारा एक वेब-आधारित इन-हाउस सॉफ्टवेयर एप्लीकेशन बनाया गया था, जो प्रत्येक विद्युत केंद्र के लिए उनके बंद होने तक विभिन्न स्रोतों से आने वाली सुधारात्मक कार्रवाइयों को ट्रैक करता है और उनकी निगरानी रखता है। यह प्रबंधन को प्रणाली के संपूर्ण सुधारों के बारे में जानकारी भी प्रदान करता है। इस विकेंद्रीकृत एप्लीकेशन का उपयोग विद्युत केंद्रों व मुख्यालय में उनके विभिन्न कार्यों के अनुसार किया जाता है।

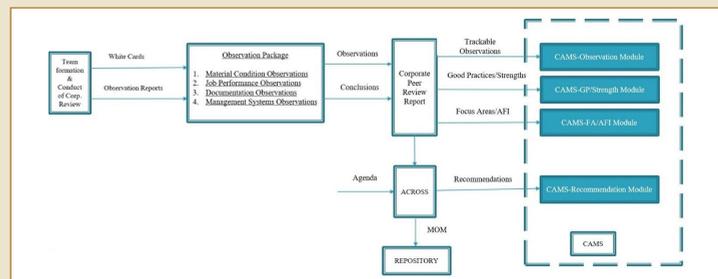
इस प्रणाली को एनपीसीआईएल के सभी प्रचालित विद्युत केंद्रों पर चरणबद्ध तरीके से लागू किया जा रहा है। आरएपीपी - 7 व 8 के लिए सीएएमएस का नवीनतम संस्करण मई 2024 में लागू किया गया था, ताकि विभिन्न स्रोतों जैसे विभिन्न समिति के सुझावों, कार्य अवलोकन कार्यक्रम, निम्न स्तर के कार्यक्रम, ऑडिट, समीक्षा आदि से उत्पन्न सुधारात्मक कार्रवाइयों की ट्रेकिंग और निगरानी की जा सके।

कार्यात्मक विशेषताएँ

सीएएमएस को कार्यात्मक रूप से स्वतंत्र मॉड्यूल के एक सेट के रूप में तैयार किया गया है। प्रत्येक मॉड्यूल एक प्रक्रिया/स्रोत को स्वचालित करता है जो सुधारात्मक

कार्रवाइयों को जन्म देता है। सुधारात्मक कार्रवाइयों के विभिन्न स्रोतों को ध्यान में रखते हुए निम्नलिखित प्रमुख मॉड्यूल हैं:

- **कॉर्पोरेट समीक्षाएं:** सभी एनपीपी में समय-समय पर कॉर्पोरेट समीक्षाएं आयोजित की जाती हैं, ताकि कर्मचारियों द्वारा निष्पादित गतिविधियों, दस्तावेज़ीकरण और विद्युत केंद्रों/परियोजनाओं की भौतिक स्थिति की समीक्षा के माध्यम से नीतियों, कार्यक्रमों और प्रथाओं में कमियों की जानकारी प्राप्त की जा सके।



कॉर्पोरेट पीयर रिव्यू प्रक्रिया ओटोमेशन

समीक्षा दल के गठन, अधिसूचना जारी करना, मेजबान समन्वयक/क्षेत्रीय समकक्षों की नियुक्ति, श्वेत कार्ड (भौतिक स्थिति की कमी की रिपोर्टिंग के लिए)/अवलोकन रिपोर्ट, क्षेत्र सारांश रिपोर्ट और कॉर्पोरेट पीयर रिव्यू (सीपीआर) रिपोर्ट जारी करने से लेकर संपूर्ण कॉर्पोरेट समीक्षा प्रक्रिया को स्वचालित कर दिया गया है।

यह स्वचालन कॉर्पोरेट समीक्षा प्रक्रिया को कागज रहित बनाता है, जिससे समीक्षकों को ऑनलाइन अवलोकन रिकॉर्ड करने की सुविधा प्राप्त होती है और दस्तावेज़ीकरण एवं संकलन के लिए काम कम हो जाता है।

कॉर्पोरेट पीयर रिव्यू (सीपीआर) के अलावा, सीपीआर फॉलो-अप रिव्यू, बीएसडी के दौरान सीपीआर, पुनःप्रचालन रिव्यू और प्रचालन-पूर्व कॉर्पोरेट पीयर रिव्यू जैसी अन्य समीक्षा प्रक्रियाओं को भी पूरी तरह से स्वचालित कर दिया गया है। इससे समीक्षा परिणामों की रिपोर्ट करने, संकलित करने, निगरानी करने और ट्रैक करने में लगने वाले समय एवं काम में कमी आती है।

तकनीकी और सुरक्षा विशेषताएँ: सीएएमएस को फ्रंट एंड के रूप में कोल्डफ्यूजन और बैक-एंड डेटाबेस के रूप में एसक्यूएल सर्वर का उपयोग करके विकसित किया गया है। मॉड्यूलर डिज़ाइन यह सुनिश्चित करता है कि प्रत्येक मॉड्यूल अन्य मॉड्यूल के साथ न्यूनतम इंटरैक्शन के साथ स्वतंत्र रूप से कार्य करता है, जिससे रखरखाव में वृद्धि होती है। विकेंद्रीकृत संरचना विद्युत केंद्रों एवं मुख्यालय के बीच संचार लिंक पर निर्भरता को कम करती है। इसके अतिरिक्त, सीएएमएस डेटा दोहराने और कार्यभार दोहराने को कम करने के लिए अन्य विद्युत केंद्र प्रणाली के साथ इंटरफेस करता है।

गहनता से रक्षा के सिद्धांतों का पालन करते हुए, सॉफ्टवेयर विकास के प्रत्येक चरण में सूचना सुरक्षा को शामिल करने के लिए एक समग्र दृष्टिकोण अपनाया गया।

एप्लीकेशन की प्रमुख तकनीकी और सुरक्षा विशेषताएं

इस प्रकार हैं

- एसक्यूएल इंजेक्शन, क्रॉस साइट स्क्रिप्टिंग हमलों और अन्य वेब अनुप्रयोग की कमियों को रोकने के लिए ओडब्ल्यूएसपी वेब अनुप्रयोग सुरक्षा दिशानिर्देशों के अनुसार सुरक्षा नियंत्रणों को डिज़ाइन और विकास में शामिल किया गया है।
- प्रशासन गतिविधियों के लिए बहु-स्तरीय प्राधिकरण।
- उपयोगकर्ता क्रियाओं को ट्रैक करने के लिए ऑडिट लॉग, एक्स्पेक्शन लॉग और गतिविधि लॉग सहित व्यापक लॉगिंग तंत्र शामिल किया गया है।

संगठनात्मक लाभ: सीएएमएस एनपीसीआईएल में सुधारात्मक कार्रवाइयों के प्रबंधन के लिए सिंगल- विंडो समाधान के रूप में कार्य करता है। प्रमुख लाभों में शामिल हैं:

- एनपीसीआईएल में अवलोकन रिकॉर्डिंग प्रथाओं का मानकीकरण।
- सुधारात्मक कार्रवाइयों की ट्रैकिंग और निगरानी के लिए सिंगल- विंडो।
- प्रभावी सुधारात्मक कार्रवाइयों की पहचान करने और पुनरावृत्ति को रोकने के लिए प्रवृत्ति विलेखण।
- सुधारात्मक कार्रवाइयों पर वास्तविक समय की स्थिति अपडेट।
- एनपीसीआईएल में अच्छे अभ्यास को साझा करने की सुविधा।
- कई विभागों और प्रबंधन स्तरों में आउटपुट एवं परिणामों की बेहतर दृश्यता।
- सुधार के क्षेत्रों पर ध्यान केंद्रित करने के लिए व्यापक दृष्टिकोण प्रदान करता है।

भविष्य की योजना

वर्तमान में, सीएएमएस स्टेशन स्तर पर विश्लेषण और ट्रेंड्स उत्पन्न करता है। भविष्य में, पहचाने गए मापदंडों के लिए निगम स्तर पर विश्लेषण और ट्रेंड्स किया जा सकता है। सुधारात्मक कार्रवाई निर्माण करने वाली प्रक्रियाओं को स्वचालित करने के लिए आवश्यकतानुसार अतिरिक्त मॉड्यूल विकसित किए जा सकते हैं।

संदर्भ

ओडब्ल्यूएसपी. (2021) | ओडब्ल्यूएसपी टॉप 10: 2021 | <https://owasp.org/Top10>



श्री आदर्श शर्मा (वैज्ञानिक अधिकारी/एफ), एनपीसीआईएल मुख्यालय के ईआरपी समूह में कार्यरत हैं। वे एम. टेक (सूचना एवं संचार प्रौद्योगिकी) स्नातक और पूर्ण स्टैक वेब एप्लीकेशन डेवलपर हैं। उन्हें कोल्डफ्यूजन और .NET तकनीकों का उपयोग करके सुरक्षित वेब एप्लीकेशन के डिज़ाइन और विकास का व्यापक

अनुभव है और वे ISO 27001 प्रमाणित लीड ऑडिटर हैं। वे संचालित संयंत्रों में उपयोग किए जाने वाले महत्वपूर्ण व्यावसायिक एप्लीकेशन के डिज़ाइन, विकास और रखरखाव के लिए उत्तरदायी हैं।



स्वच्छ और अबाधित बिजली प्रदान करने में, विशेष रूप से उच्च मांग वाले क्षेत्रों में, परमाणु ऊर्जा का महत्व अच्छी तरह स्थापित है।

-डॉ. शेखर बसु





कंडेंसर में कम बैक प्रेशर के गुण और दोष

अब्दुल रहमान, तकनीकी अधिकारी/एफ,

ए श्रीनिवास राव, तकनीकी अधिकारी/एफ व प्रमुख एफई, (अनुभाग: क्षेत्र अभियांत्रिकी)

उद्देश्य

लो प्रेशर (कम दबाव) (एलपी) टरबाइन में डिजाइन मूल्य की तुलना में कम बैक प्रेशर के गुण और दोषों का एक व्यापक अध्ययन (यानी कंडेंसर में डिजाइन मूल्य की तुलना में अधिक वैक्यूम) उच्च दबाव (एचपी) एचपी टरबाइन इनलेट पर भाप मापदंडों के अनुरूप जनरेटर छोर पर अधिक बिजली उत्पादन के लिए डिजाइन मूल्यों के समान हैं।

परिचय

भाप उत्पादन के ऊर्जा स्रोत के अलावा परमाणु ऊर्जा संयंत्र और ताप विद्युत संयंत्र दोनों ही डिजाइन में लगभग एक जैसे हैं। भाप की इस स्थितिज ऊर्जा को टरबाइन शाफ्ट के आवर्तन के रूप में यांत्रिक ऊर्जा में परिवर्तित करने के लिए टर्बाइनों का उपयोग किया जाता है तथा विद्युत जनरेटर को भी टरबाइन शाफ्ट के साथ जोड़ा जाता है, ताकि विद्युत जनरेटर के अंत में इस यांत्रिक ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित किया जा सके।

डीमिनरलाइज्ड (डीएम) पानी का उपयोग ऊर्जा स्रोत से उच्च दबाव एवं तापमान पर संभावित ऊर्जा के संग्रहण और दबाव के अनुरूप तापमान के बराबर या उससे अधिक होने पर इसे भाप के रूप में परिवर्तित करने के लिए किया जाता है। इस ऊर्जा का एक हिस्सा टर्बाइन शाफ्ट के घूमने के लिए उपयोग किया जाता है एवं शेष ऊर्जा कम दबाव व कम तापमान पर कंडेंसर में छोड़ी/डिस्चार्ज की जाती है जिसे अनुपयोगी ऊर्जा कहा जाता है। इसके अलावा यह अनुपयोगी ऊर्जा टर्बाइन आउटलेट स्टीम और कंडेंसर कूलिंग वॉटर के बीच कंडेंसर में हीट एक्सचेंजिंग प्रक्रिया द्वारा कंडेंसर कूलिंग वॉटर (सीसीडब्ल्यू) में स्थानांतरित हो जाती है। कम दबाव एवं कम तापमान पर यह भाप पानी के रूप में परिवर्तित हो जाती है और इसे कंडेंसर के गर्म कुएं में एकत्र किया जाता है। कंडेनसेट एक्सट्रैक्शन पंप (सीईपी) की मदद से इस पानी को डी-एरेटर टैंक में पहुंचाया जाता है। यह डी-एरेटर टैंक सीधे कंडेनसेट भंडारण टैंक से जुड़ा होता है, जो इसके ठीक नीचे होता है। बॉयलर फीड पंप (बीएफपी) का सक्शन कंडेनसेट भंडारण टैंक से जुड़ा होता है और डिलीवरी पाइप परमाणु ऊर्जा संयंत्र के लिए स्टीम जनरेटर (एसजी) एवं ताप

विद्युत संयंत्र के लिए में बॉयलर ड्रम से जुड़ा होता है। एसजी में उत्पन्न भाप को पाइप के माध्यम से वापस ले लिया जाता है और टरबाइन शाफ्ट रोटेशन के लिए टरबाइन में डाला जाता है।

डिजाइन डेटा जैसा कि चित्रों में उल्लेख किया गया है

- मुख्य कंडेंसर में विस्तार, एचपी प्रवेश वाल्व के अपस्ट्रीम में 42.9 बार एबीएस (एक्सोल्स्यूट) से लेकर 0.090 बार एबीएस (एक्सोल्स्यूट) तक होता है।
- लाइव स्टीम इनपुट: पैरामीटर एचपी प्रवेश भाप दबाव (बार एक्सोल्स्यूट) 42.9 तापमान (°सी) 254.5 एन्थैल्पी (किलोजूल/किलोग्राम) 2794.25 द्रव्यमान प्रवाह दर (किलोग्राम) 1075.95 100% टीएमसीआर पर सिस्टम डिजाइन डेटा को शामिल करते हुए 100% मैक्सिमम टरबाइन कन्टिन्युअस रेटिंग (टीएमसीआर) स्थितियों में 716 मेगावाट के जनरेटर आउटपुट पर सक्रिय पॉवर की गारंटी देने के लिए।
- कंडेंसर में उच्च दबाव से सुरक्षा - एलपी निकास में से प्रत्येक पर स्थित दबाव ट्रांसमीटर [1]: -
 - a) $P > 250 \text{ mbar}$ एक्सोल्स्यूट टर्बाइन जेनरेटर यूनिट (टीजीयू) का ट्रिप दबाव का पता टर्बाइन सुरक्षा प्रणाली को समर्पित 3 (प्रति एलपी) दबाव ट्रांसमीटर के माध्यम से लगाया जाता है। ट्रिप सिग्नल 3 में से 2 वोट वाला ऑर्डर है जो टर्बाइन के तत्काल शटडाउन और स्वचालित रूप से खुलने को ट्रिगर करता है:
 - a) स्प्रे वॉटर शट-ऑफ वाल्व, b) सभी शट-ऑफ ड्रेन वाल्व,
 - b) $P > 1.4$ बार एक्सोल्स्यूट टूटी हुई डिस्क का फटना।

गणना पद्धति

एसजी में भाप निमार्ण द्वारा डीएम जल में स्थानांतरित ऊर्जा = $(h4-h2)$

उपयोगी ऊर्जा/ टरबाइन द्वारा किया गया कार्य= $(h4-h5)$

कंडेंसर में डिस्चार्ज की गई अनुपयोगी ऊर्जा = $(h5-h1)$

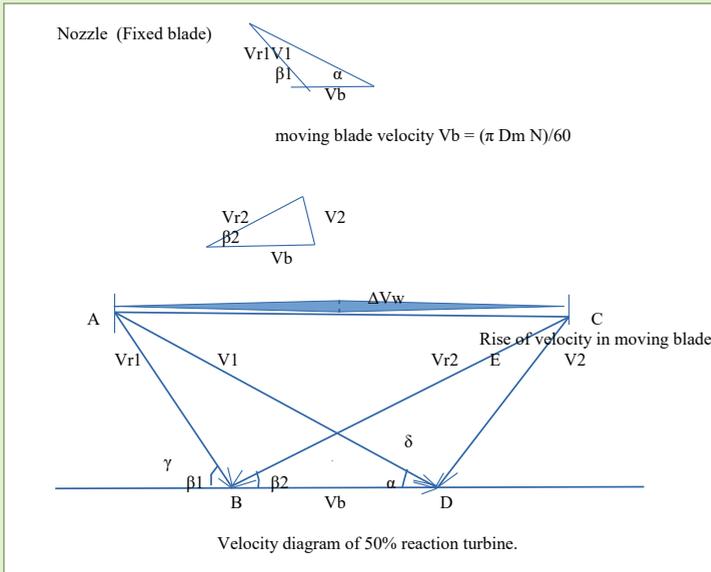
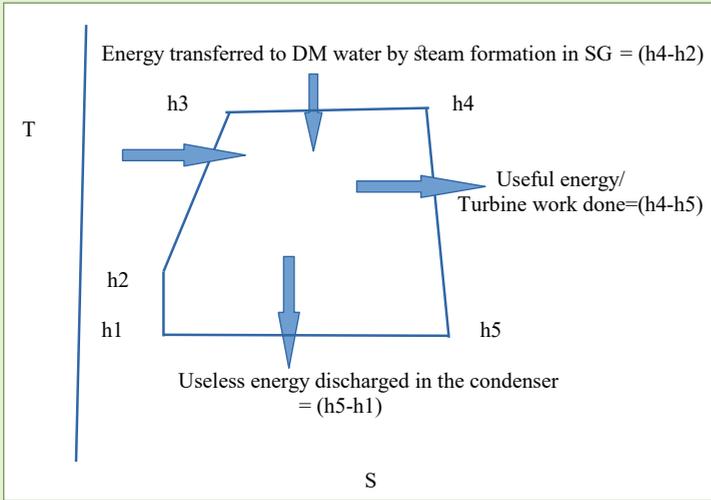
नोजल (स्थिर ब्लेड)

गतिशील ब्लेड वेग $Vb = (\pi Dm N)/60$

गतिशील ब्लेड वेग में वृद्धि

50% प्रतिक्रिया टरबाइन का वेग डायग्राम (आरेख)





चित्र.1

- ए अंतिम चरण में औसत अन्नुलस क्षेत्र
- वी एलपी निकास पर भाप की कुल मात्रा
- डी2 एलपी के अंतिम चरण का बाहरी डायमीटर
- डी1 एलपी के अंतिम चरण का आंतरिक डायमीटर
- एसवी एलपी आउटलेट पर भाप की विशिष्ट मात्रा
- एसएम एलपी आउटलेट पर भाप का द्रव्यमान प्रवाह दर
- वी1 एलपी के अंतिम चरण के प्रवेश पर भाप का निरपेक्ष वेग
- वी2 एलपी के अंतिम चरण के निकास पर भाप का निरपेक्ष वेग
- वीआर1 एलपी के अंतिम चरण के प्रवेश पर भाप का सापेक्ष वेग
- वीआर2 एलपी के अंतिम चरण के निकास पर भाप का सापेक्ष वेग
- वीएफ1 एलपी के अंतिम चरण के इनलेट पर भाप का अक्षीय वेग

- वीएफ2 एलपी के अंतिम चरण के निकास पर भाप का अक्षीय वेग
- वीडबल्यू1 गतिशील ब्लेड के प्रवेश पर घुमाव का वेग, यह वी1 का स्पर्शिकीय घटक है।
- वीडबल्यू2 गतिशील ब्लेड के बाहर निकलने पर घुमाव का वेग, यह वी2 का स्पर्शिकीय घटक है।
- एफवी टरबाइन ब्लेड पर परिक्रमण हेतु कार्य करने वाला बल

नोजल कोण

इनलेट पर ब्लेड कोण

निकास पर ब्लेड कोण

डीएम ब्लेड का औसत डिस्

एन टरबाइन का आरपीएम

स्थिर ब्लेड के पार आइसेंट्रोपिक एन्थैल्पी में गिरावट।

गतिशील ब्लेड पर आइसेंट्रोपिक एन्थैल्पी में गिरावट।

50% प्रतिक्रिया टरबाइन के लिए, विनिर्माण लाभ यह है कि स्थिर ब्लेड व चल ब्लेड दोनों आकार में समान होते हैं और उन्हें एक ही डाइसेट से निकाला जा सकता है।

फिर से, एलपी टरबाइन के अंतिम चरण के इनलेट और आउटलेट पर भाप के अक्षीय वेग का अंतर शून्य है (यानी $\Delta V_f=0$), 50% प्रतिक्रिया टरबाइन में अक्षीय वेग में परिवर्तन के कारण ब्लेड पर कोई अक्षीय जोर नहीं लगाया जाता है (यानी शाफ्ट अक्ष के साथ अक्षीय जोर/बल से बचने के लिए इनलेट और आउटलेट पर अक्षीय वेग लगभग समान होगा)। हालांकि, प्रत्येक रोटार डिस्क में ब्लेड में दबाव अंतर के कारण काफी अक्षीय जोर उत्पन्न होगा।

चूँकि स्थिर ब्लेड में आइसेंट्रोपिक एन्थैल्पी गिरावट = गतिशील ब्लेड में आइसेंट्रोपिक एन्थैल्पी गिरावट तथा एलपी के अंतिम चरण के इनलेट पर भाप का निरपेक्ष वेग = एलपी के अंतिम चरण के आउटलेट पर भाप का सापेक्ष वेग

$$(\Delta h_s)_{fb} = (\Delta h_s)_{mb} \text{ और } V_1 = V_2$$

पुनः समान ज्यामिति से $\alpha = \beta_2 = 180 - \gamma$(1) संदर्भ चित्र-1

त्रिभुज ADB और DBC समरूप हैं

$$\text{अतः, } V_{r1} = V_2 \text{ और } \beta_1 = 180 - \delta \text{ या } \delta = 180 - \beta_1 \text{.....(2)}$$

संदर्भ चित्र-1



विभिन्न तापमान और दबाव पर भाप के गुण भाप तालिका से लिए गए हैं (संदर्भ तालिका संख्या-1)

700MWe के लिए आवश्यक भाप प्रवाह की गणना इस प्रकार की जा सकती है

टर्बाइन के अंतिम चरण में अन्जुलस क्षेत्र (ए0):-

अंतिम चरण पर औसत अन्जुलस क्षेत्र = $\left\{ \left(\frac{\pi}{4} \right) * (\text{अंतिम ब्लेड के बाहरी व्यास का वर्ग} - \text{अंतिम ब्लेड के आंतरिक व्यास का वर्ग}) - (\text{ब्लेड की संख्या} * \text{ब्लेड की चौड़ाई} * \text{ब्लेड की ऊंचाई}) \right\}$

$$A_0 = \left\{ \left(\frac{3.14}{4} \right) * \left\{ (D_2)^2 - (D_1)^2 \right\} - (N * W * H_b) \right\}$$

टर्बाइन को डिज़ाइन करते समय उपरोक्त सभी पैरामीटर तय किए गए थे। इसलिए A0 का मान टर्बाइन के लिए स्थिर है जिसे विशेष डिज़ाइन डेटा के लिए निर्मित किया गया है।

भाप के वेग की गणना इस प्रकार की जा सकती है:-

एलपी टर्बाइन आउटलेट पर भाप की कुल मात्रा

(एम³/सेकंड) = आउटलेट पर भाप की विशिष्ट मात्रा

(एम³/किलोग्राम) * भाप की द्रव्यमान प्रवाह दर (किलोग्राम/सेकंड) = अन्जुलस क्षेत्र (एम²) * आउटलेट पर भाप का वेग (एम/सेकंड)

$$V = S_v * S_m = A_0 * V_2 \dots (3) \text{ या}$$

$$V_2 = (S_v * S_m) / A_0 \dots (3) \text{ की पुनर्व्यवस्था} \dots (4)$$

वेग आरेख से (संदर्भ चित्र-1)

$$V_{w1} = V_1 \cos(\alpha) \dots (5)$$

$$V_{w2} = V_2 \cos(\delta) \dots (6)$$

$$V_{f1} = V_1 \sin(\alpha) \dots (7)$$

$$V_{f2} = V_2 \sin(\delta) \dots (8)$$

$\Delta V_f = 0$, 50% प्रतिक्रिया टर्बाइन में अक्षीय वेग में परिवर्तन के कारण ब्लेड पर कोई अक्षीय थ्रस्ट नहीं लगाया जाता है। इसलिए,

$$V_{f1} = V_{f2} \dots (9)$$

V_{f1} और V_{f2} के मान (7) और (8) से (9) में रखे जाते हैं

$$V_1 \sin(\alpha) = V_2 \sin(\delta) \text{ या } V_1 = V_2 \frac{\sin(\delta)}{\sin(\alpha)} \dots (10)$$

δ का मान (2) से (10) में रखा जाता है

$$V_1 = V_2 \sin(180 - \beta_1) / \sin(\alpha) = V_2 \sin(\beta_1) / \sin(\alpha) \dots (11)$$

और

$$\Delta V_w = V_{w1} - V_{w2} =$$

$$= V_1 \cos(\alpha) - V_2 \cos(\delta) \dots (12)$$

V_1 और δ के मान (11) और (2) से (12) में रखे जाते हैं, फिर

$$= \left\{ V_2 \sin(\beta_1) \cos(\alpha) / \sin(\alpha) \right\} - V_2 \cos(180 - \beta_1)$$

$$= V_2 \left\{ \sin(\beta_1) \cot(\alpha) + \cos(\beta_1) \right\} \dots (13)$$

टर्बाइन शाफ्ट के साथ-साथ विद्युत जनरेटर के कार्य के लिए टर्बाइन ब्लेड पर कार्य करने वाले बल को इस प्रकार दर्शाया जा सकता है

$F_v =$ भाप द्रव्यमान प्रवाह दर * इनलेट और निकासी पर वेग के स्पर्शज्या घटक का अंतर

यहाँ, एलपी टर्बाइन के केवल अंतिम चरण पर विचार किया जाता है।

$$F_v = S_m (V_{w1} - V_{w2}) \dots (14)$$

($V_{w1} - V_{w2}$) का मान (13) से (14) में डाला जाता है

$$F_v = S_m * V_2 \left\{ \sin(\beta_1) \cot(\alpha) + \cos(\beta_1) \right\} \dots (15)$$

V_2 का मान (4) से (15) में डाला जाता है

$$F_v = S_m * S_v * S_m \left\{ (\sin(\beta_1) \cot(\alpha) + \cos(\beta_1)) / A_0 \right\}$$

$$F_v = (S_m * S_v * S_m) * C \dots (16)$$

चूंकि $C = \left\{ (\sin(\beta_1) \cot(\alpha) + \cos(\beta_1)) / A_0 \right\}$ एक स्थिर मान है क्योंकि ये सभी पैरामीटर टर्बाइन डिज़ाइन चरण के समय तय होते हैं इसलिए

$$F_v = (S_m * S_v * S_m) * C \dots (17)$$

जब यूनिट को डिज़ाइन पैरामीटर पर चलाया/संचालित किया जाता है (कंडेंसर में बैक प्रेशर 90 एमबार एबीएस है) तो अंतिम LP ब्लेड पर बल

मान लीजिए कि X बल LP टर्बाइन के अंतिम चरण ब्लेड पर कार्य कर रहा है जब कंडेंसर में बैक प्रेशर डिज़ाइन मान (90 एमबार एबीएस) पर है

$$F_{v1} = (S_{m1} * S_{v1} * S_{m1}) * C = X \dots (18)$$

जब यूनिट को डिज़ाइन पैरामीटर के अलावा अन्य पैरामीटर पर चलाया/संचालित किया जाता है (कंडेंसर में बैक प्रेशर 90 एमबार एबीएस से कम है) तो एलपी टर्बाइन के अंतिम चरण ब्लेड पर बल लगाया जाता है।

$$F_{v2} = (S_{m2} * S_{v2} * S_{m2}) * C \dots (19)$$

प्रतिशत के रूप में डिज़ाइन मान के संबंध में कंडेंसर में कम बैक प्रेशर के कारण एलपी अंतिम चरण ब्लेड पर बल का बढ़ा हुआ मान।

$$= (F_{v2} - F_{v1}) * 100 / F_{v1} \dots (20)$$

' F_{v2} ' और ' F_{v1} ' का मान (19) और (18) से समीकरण (20) में रखा गया है



$$= \left\{ \frac{(S_{m2} * S_{v2} * S_{m2}) * C - (S_{m1} * S_{v1} * S_{m1}) * C}{(S_{m1} * S_{v1} * S_{m1}) * C} \right\} * 100 /$$

$$= \left\{ \frac{(S_{m2} * S_{v2} * S_{m2}) - (S_{m1} * S_{v1} * S_{m1})}{(S_{m1} * S_{v1} * S_{m1})} \right\} * 100 / \dots \dots \dots (21)$$

गणना में, भाप प्रवाह दर में कमी के लिए एक स्थिर कारक लागू किया जाता है (क्योंकि कंडेंसर में कम दबाव के कारण टरबाइन कार्य आउटपुट बढ़ जाएगा। इसलिए, जनरेटर की ओर से समान आउटपुट प्राप्त करने के लिए यानी 716 MWe, जो कि डिजाइन डेटा पर मान है, भाप प्रवाह दर को कम करना होगा) एचपी इनलेट, एलपी आउटलेट के साथ-साथ सभी निष्कर्षण एसजी आउटलेट और एलपी आउटलेट के बीच डिजाइन डेटा के संबंध में कंडेंसर में बैक प्रेशर के प्रत्येक मामले के लिए लिया जाता है जब कंडेंसर में बैक प्रेशर 90mbar abs होता है।

विवरण:

यह आवश्यक है कि कम इनपुट से अधिक आउटपुट प्राप्त किया जाए। आउटपुट व इनपुट के अनुपात को सिस्टम की दक्षता के रूप में जाना जाता है। पावर प्लॉट की दक्षता दो तरीकों से बढ़ाई जा सकती है:

- पहला तरीका है, एसजी में भाप निर्माण के औसत तापमान को बढ़ाना, लेकिन इसकी अपनी सीमाएं हैं क्योंकि उच्च तापमान व दबाव पर सामग्री के गुणों के कारण प्लॉट के जीवन काल के लिए बल और तनावों को बनाए रखना संभव नहीं है।
- दूसरा तरीका कंडेंसर में ताप के निष्कासन के औसत तापमान को कम करना है (अर्थात कंडेंसर में पश्च दाब को घटाना / कम करना) लेकिन इसकी अपनी सीमाएं हैं - लो प्रेशर (एलपी) टर्बाइनों के साथ-साथ कंडेंसरों की संख्या को बढ़ाना (कंडेंसर में पश्च दाब के अनुरूप भाप की मात्रा को नियंत्रित करना और एलपी टर्बाइन के अंतिम चरण ब्लेडों पर बल को डिजाइन सीमा के भीतर रखना) जो कि बेहतर नहीं है, क्योंकि इसमें बिजली उत्पादन में वृद्धि की तुलना में अधिक पूंजीगत लागत के साथ-साथ अधिक स्थान की आवश्यकता होती है।

टरबाइन के डिजाइन के लिए, निम्नलिखित इनपुट डेटा की आवश्यकता होती है:-

- ए) विद्युत जनरेटर एंड से आवश्यक आउटपुट।
- बी) टरबाइन इनलेट पर भाप का तापमान और दबाव।
- सी) कंडेंसर में टरबाइन आउटलेट पर बैक प्रेशर।
- डी) पिटिंग प्रभाव और क्षरण से बचने के लिए एलपी टरबाइन के अंतिम चरण में भाप की गुणवत्ता स्वीकृत है।

ई) उच्च तापमान व दबाव पर सामग्री एवं उनके गुणों की उपलब्धता।

सबसे पहले, टरबाइन के प्रथम एवं अंतिम चरण के ब्लेड को डिजाइन किया जाता है और उनकी ऊंचाई टरबाइन के दबाव, तापमान और रोटेशन पर मिनट (प्रति मिनट घुमाव) (आरपीएम) के अनुरूप उपलब्ध सामग्री एवं उसके गुणों के आधार पर तय की जाती है।

एलपी टर्बाइनों की संख्या का निर्धारण, आवश्यकतानुसार विद्युत उत्पादन के लिए प्रति सेकंड आवश्यक भाप प्रवाह की मात्रा को नियंत्रित करने के लिए आवश्यक वलय क्षेत्र के आधार पर किया जाता है (यानी आरपीएम-7 और 8 के मामले में 700 मेगावाट) तथा एक एलपी टर्बाइन के अनुलस क्षेत्र के आधार पर किया जाता है, जो डिजाइन मापदंडों पर अधिकतम मात्रा को नियंत्रित करने में सक्षम होता है।

एलपी टर्बाइन के अंतिम चरण के ब्लेड पर बल को एक्स के रूप में माना जाता है जब यूनिट को पूर्ण लोड पर और डिजाइन मापदंडों पर संचालित किया जा रहा हो। कंडेंसर में बैक प्रेशर डिजाइन वैल्यू यानी 90 एमबार (एक्स) पर है और कंडेंसर में डिस्चार्ज होने वाली भाप का अनुकूल संतृप्ति तापमान 43.9 °C है। कंडेंसर में वैक्यूम/बैक प्रेशर को एक निश्चित सीमा तक कंडेंसर इनलेट पानी के तापमान द्वारा नियंत्रित किया जाता है। इसलिए, यदि सर्कुलैटिंग कुलिंग वाटर (सीसीडब्ल्यू) इनलेट तापमान डिजाइन मान यानी 32 डिग्री सेल्सियस से कम होकर डिजाइन मान यानी 30 डिग्री सेल्सियस या 25 डिग्री सेल्सियस या 18 डिग्री सेल्सियस या 18 डिग्री सेल्सियस से कम हो जाता है, तो सीसीडब्ल्यू इनलेट तापमान और कंडेंसर में डिस्चार्ज की जा रही भाप के तापमान के बीच का अंतर बढ़ गया है। दूसरा बिंदु यह है कि डिजाइन मान अर्थात 416.91*10⁶ किलोकैलोरी/घंटा के संबंध में कंडेंसर में कम ताप का निर्वहन होगा क्योंकि टरबाइन का आउटपुट उसी मात्रा से बढ़ेगा, जितनी एचपी टरबाइन में समान इनपुट के संबंध में कंडेंसर में ताप निर्वहन कम हो गया है, अर्थात एचपी इनलेट पर दबाव और तापमान का मान डिजाइन मान के समान बनाए रखा जाता है।) कंडेंसर प्रदर्शन वक्र से, हम सीसीडब्ल्यू इनलेट तापमान और कंडेंसर में सीसीडब्ल्यू में स्थानांतरित ताप मात्रा के संबंध में कंडेंसर में बैक प्रेशर का मान पढ़ सकते हैं।

ऊपर चर्चा किए गए दृष्टिकोण में से निम्नलिखित प्रश्न पूछे जा सकते हैं:

कंडेंसर में कम बैक प्रेशर कैसे प्राप्त किया जाएगा?

उपरोक्त प्रश्न का उत्तर है कि, यदि कंडेंसर में डिजाइन मान यानी 416.91*10⁶ किलोकैलोरी/घंटा (प्रत्येक कंडेनसर) के समान ही हीट लोड डिस्चार्ज किया जा रहा है और केवल सीसीडब्ल्यू इनलेट तापमान को डिजाइन मान यानी 32°C से घटाकर 18 °C



किया जाता है, तो कंडेंसर में बैक प्रेशर कंडेंसर परफॉरमेंस कर्व के अनुसार लगभग 50 एमबार एक्स होगा। एक बात यह भी है कि कंडेंसर में कम बैक प्रेशर / अधिक वैक्यूम के कारण टर्बाइन कार्य आउटपुट में वृद्धि हुई है। इसलिए, कंडेंसर हीट लोड निश्चित रूप से कम हो जाएगा। अंत में, हम कह सकते हैं कि जब सीसीडबल्यू इनलेट तापमान 18°C है, तो कंडेंसर में बैक प्रेशर 50 एमबार एक्स से कम होगा।

क्या यह संभव है कि सीसीडबल्यू इनलेट तापमान 18°C हो सकता है?

उपरोक्त प्रश्न का उत्तर हाँ है, सर्दियों के मौसम में वातावरण का तापमान 10°C से कम हो जाता है और खासतौर पर उत्तर भारत में रात के समय 2 से 5 बजे के आसपास (रातभाटा साइट पर भी) यही तापमान होता है। इसलिए सीसीडबल्यू से ताप प्रवाह वाली हवा का तापमान भी लगभग इसके आसपास होता है, और यह संभव है कि सीसीडबल्यू का तापमान 18°C या उससे कम हो एवं आईडीसीटी के मामले में, पंखे से आने वाली हवा के बल से हवा का वेग भी बढ़ जाता है।

भाप का ड्राईनेस फ्रैक्शन (सूखापन) टर्बाइन की कार्यप्रणाली, चक्र दक्षता, एलपी टर्बाइन के अंतिम चरण ब्लेडों पर बल और कंडेंसर में बैक प्रेशर आदि में भी महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है।

चूंकि कंडेंसर में 90 एमबार (एक्स) के पश्च दाब पर हीट बैलेंसिंग डायग्राम (एचबीडी) में ड्राईनेस फ्रैक्शन का पहले ही उल्लेख किया गया है, तथा कंडेंसर में 90 एमबार (एक्स) के अलावा अन्य पश्च दाब के लिए, टी-एस आरेख पर 90 एमबार एक्स दाब के साथ ड्राईनेस फ्रैक्शन से एक ऊर्ध्वाधर सीधी रेखा खींची जाती है, तथा एलपी टर्बाइन के आउटलेट पर भाप और एन्थैल्पी की विशिष्ट मात्रा की गणना के लिए कंडेंसर में विभिन्न बैक प्रेशर पर चार्ट से मान पढ़े जाते हैं।

डिजाइन मूल्य के अलावा कंडेंसर में बैक प्रेशर के अनुरूप भाप के ड्राईनेस फ्रैक्शन के लिए जो मान लिए जाते हैं, उनमें कुछ त्रुटि हो सकती है।

उपरोक्त प्रश्न का उत्तर हां है और इसकी दो संभावनाएं हैं:-

1) ड्राईनेस फ्रैक्शन का मान कंडेंसर में बैक प्रेशर के अनुरूप लिए गए मान से थोड़ा अधिक हो सकता है।

या

2) ड्राईनेस फ्रैक्शन का मान कंडेंसर में बैक प्रेशर के अनुरूप लिए गए मान से थोड़ा कम हो सकता है।

पहला मामला, जब विशिष्ट मात्रा गणना में विचार किए गए किसी भी मान से अधिक होती है। इसलिए तालिका-1 में उल्लिखित की तुलना में एलपी अंतिम चरण ब्लेड पर अधिक बल कार्य करेगा और तालिका-2 में भी यही देखा जा सकता है जब

कंडेंसर में विभिन्न बैक प्रेशर के सभी मामलों के लिए ड्राईनेस फ्रैक्शन को डिजाइन मान 0.909 के समान माना जाता है। इसलिए, तालिका-1 में उल्लिखित बल आदर्श स्थिति के अनुरूप हैं और जो एलपी अंतिम चरण ब्लेड द्वारा वास्तव में नियंत्रित किए जाने वाले बल से कम हैं।

दूसरे मामले में, जब विशिष्ट मात्रा, गणना में विचारित मान से कम है, लेकिन भाप में पानी की मात्रा बढ़ाई जानी है और इसके परिणामस्वरूप, हेमरिंग प्रभाव ब्लेड पर होगा जो कि 3000 आरपीएम पर थोड़ा कम बल के साथ घूम रहा है, जैसा कि तालिका-1 में बताया गया है और यह पहले मामले की तुलना में अधिक खतरनाक है।

अवलोकन

तालिका-1 से देखा जा सकता है कि एलपी टर्बाइन के अंतिम चरण ब्लेड द्वारा अनुभव किया जाने वाला बल X है जब इसे डिजाइन मापदंडों पर संचालित किया जा रहा है और कंडेंसर में बैक प्रेशर 90 एमबार (एक्स) है। जब कंडेंसर में बैक प्रेशर क्रमशः 81.99, 69.91, 53.18, 42.42, 40.04 एमबार (एक्स) हो जाता है तो जनरेटर के अंत से डिजाइन मान (एचबीडी के अनुसार 716 मेगावाट) के समान आउटपुट के लिए बल X के 0.53%, 12.59%, 35.71%, 61.45% और 69.88% के कारक से बढ़ जाता है और भाप प्रवाह दर डिजाइन मान के क्रमशः 3.2%, 4.7%, 7.5%, 9.07% और 9.22% के कारक से कम हो जाती है क्योंकि टर्बाइन आउटपुट में उसी मात्रा में वृद्धि हुई है जो कंडेंसर में ताप निर्वहन कम पर हो गई है। तालिका-1 में दर्शाए अनुसार प्रणाली की दक्षता में उल्लेखनीय वृद्धि होती है, साथ ही, एलपी टर्बाइन के अंतिम चरण के ब्लेडों द्वारा अनुभव किया जाने वाला बल भी ऊपर वर्णित मानों से बढ़ जाता है और इससे टर्बाइन ब्लेडों की विफलता हो सकती है।

तालिका-3 और 716 मेगावाट के एचबीडी से यह देखा जा सकता है कि एलपी टर्बाइन के अंतिम चरण के ब्लेड द्वारा अनुभव किया जाने वाला बल (-)14% और (-)28% X से कम हो जाता है (यानी ब्लेड द्वारा कम बल अनुभव किया जा रहा है) जब कंडेंसर में बैक प्रेशर 84.9 एमबार (एक्स) और 80.06 एमबार (एक्स) होता है, जो आंशिक लोड पर डिजाइन मान के संबंध में क्रमशः थर्मल पॉवर का 90% और 80% होता है (यानी जनरेटर आउटपुट क्रमशः 637 मेगावाट और 558 मेगावाट है जैसा कि 700 मेगावाट के एचबीडी में उल्लेख किया गया है) क्योंकि स्टीम फ्लो रेट में 3.2, 4.7, 7.5, 9.07% और 9.22% की कमी के बजाय स्टीम फ्लो रेट को डिजाइन मान के क्रमशः 11.21% और 22.26% के कारक से कम किया गया है जब कंडेंसर में बैक प्रेशर 81.99 और पूर्ण लोड पर 69.91, 53.18, 42.42, 40.04 एमबार एक्स होता है।

716 मेगावाट के एचबीडी में यह देखा गया है, कि विभिन्न प्रचालन मापदंडों और स्थितियों पर कई मामलों पर विचार किया जाता है,



लेकिन ताप संतुलन के लिए कोई भी स्थिति नहीं ली जाती है, क्योंकि इकाई के पूर्ण भार पर कंडेंसर में बैक प्रेशर 90 एमबार एबीएस से कम होता है।

जब कंडेंसर में बैक प्रेशर कम या डिज़ाइन मान से अलग होता है, तो डिज़ाइन मान के अनुसार भाप की विशिष्ट मात्रा बदल जाएगी और यह कंडेंसर में बैक प्रेशर के आधार पर बढ़ या घट सकती है। ब्लेड के इनलेट पर भाप का निरपेक्ष वेग भाप की विशिष्ट मात्रा और भाप प्रवाह दर (यानी भाप प्रवाह की कुल मात्रा) का एक कार्य है क्योंकि अन्वुलस क्षेत्र स्थिर है। यह वेग आरेख से देखा जा सकता है कि नोजल एंगल और गतिशील ब्लेड एंगल स्थिर हैं, इसलिए जब भी निरपेक्ष वेग बदलता है, गतिमान ब्लेड के इनलेट पर सापेक्ष वेग भी बदल जाएगा और भाप इनलेट पर गतिशील ब्लेड के निर्दिष्ट ब्लेड एंगल के अलावा किसी अन्य एंगल पर

बहेगी। यह टर्बाइन शाफ्ट कंपन में वृद्धि का कारण होगा।

यह भी देखा गया है कि कंडेंसर में उच्च दबाव के खिलाफ सुरक्षा का उल्लेख चित्रों में इस प्रकार किया गया है - प्रत्येक एलपी निकास पर स्थित दबाव ट्रांसमीटर:-

ए) पी > 250 एमबार एबीएस टीजीयू का ट्रिप दबाव का पता टर्बाइन सुरक्षा प्रणाली को समर्पित 3 (प्रति एलपी) दबाव ट्रांसमीटर के माध्यम से लगाया जाता है। ट्रिप सिग्नल 3 में से 2 वोट वाला ऑर्डर है जो टर्बाइन के तत्काल शटडाउन और स्वचालित रूप से खुलने को ट्रिगर करता है: ए) स्प्रे वाटर शट-ऑफ वाल्व, बी) सभी शट-ऑफ ड्रेन वाल्व,

बी) पी > 1.4 बार एक्स टूटी डिस्क का फटना।

तालिका- 1

सभी मामलों में कंडेंसर में भिन्न-भिन्न बैक प्रेशर पर एचपी टर्बाइन इनलेट तापमान 254.5 और पीआर-42.9 बार (एबीएस) और जनरेटर आउटपुट 716 मेगावाट है।

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
क्रम संख्या	एचपी इनलेट पर कुल भाप प्रवाह (1 एचपी टर्बाइन के माध्यम से) (किलोग्राम/सेकंड)	एलपी आउटलेट पर कुल भाप प्रवाह (3 एलपी टर्बाइन के माध्यम से) (किया./सेकंड)	एलपी आउटलेट पर भाप की विशिष्ट मात्रा (एम 3/किया)	कंडेंसर/ एलपी टर्बाइन निकास में बैक प्रेशर पीआर. (एमबार) एक्स.	एलपी निकास पर ड्राईनेस फ्रैक्शन	टर्बाइन कार्य के संबंध में जीटी आउट	एचपी इनलेट ऊर्जा के संबंध में किया गया टर्बाइन कार्य	एचपी इनलेट ऊर्जा के संबंध में जीटी आउट	एलपी टर्बाइन के अंतिम चरण ब्लेडों द्वारा विभिन्न बैक पीआर. पर अनुभव किया गया बल (कॉलम-5 व 6 देखें)
1	1038.61	665.11	14.759	90.0	0.909	98.11	25.15	24.67	मान लीजिए यह X है
2	1005.38	643.83	15.834	81.99	0.895	98.11	25.98	25.49	X का 100.53%
3	989.80	633.85	18.296	69.91	0.89	98.11	26.39	25.89	X का 112.59%
4	960.72	615.23	23.409	53.18	0.88	98.11	27.18	26.67	X का 135.71%
5	944.49	604.84	28.813	42.42	0.875	98.11	27.65	27.13	X का 161.45%
6	942.85	603.79	30.423	40.04	0.875	98.11	27.7	27.18	X का 169.88%



तालिका- 2

एचपी टर्बाइन इनलेट तापमान 254.5 और प्र.-42.9 बार (एबीएस) और जनरेटर आउटपुट 716 मेगावाट सभी मामलों में कंडेंसर में भिन्न-भिन्न बैक प्रेशर पर और ड्राईनेस फ्रैक्शन सभी मामलों में 0.909 के रूप में स्थिर रखा गया

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
क्रम संख्या	एचपी इनलेट पर कुल भाप प्रवाह (1 एचपी टर्बाइन के माध्यम से) (किग्रा/सेकंड)	एलपी आउटलेट पर कुल भाप प्रवाह (3 एलपी टर्बाइन के माध्यम से) (किग्रा/सेकंड)	एलपी आउटलेट पर भाप की विशिष्ट मात्रा (एम3/किग्रा)	कंडेंसर/ एलपी टर्बाइन निकास में बैक प्रेशर पीआर. (एमबार) एक्स.	एलपी निकास पर ड्राईनेस फ्रैक्शन	टर्बाइन कार्य के संबंध में जीटी आउट	एचपी इनलेट ऊर्जा के संबंध में किया गया टर्बाइन कार्य	एचपी इनलेट ऊर्जा के संबंध में जीटी आउट	एलपी टर्बाइन के अंतिम चरण के ब्लेडों द्वारा विभिन्न बैक पीआर (कॉलम-5 देखें) पर अनुभव किया गया बल
1	1038.61	665.11	14.759	90.90	0.909	98.11	25.15	24.67	मान लीजिए यह X है
2	1036.12	663.51	16.082	81.99	0.909	98.11	25.21	24.73	X का 108.44%
3	1030.61	659.79	18.686	69.91	0.909	98.11	25.34	24.86	X का 124.67%
4	1021.37	654.07	24.180	53.18	0.909	98.11	25.57	25.09	X का 158.44%
5	1014.00	649.35	29.933	42.42	0.909	98.11	25.76	25.27	X का 193.32%
6	1012.12	648.5	31.605	40.04	0.909	98.11	25.81	25.32	X का 203.36%

तालिका- 3

एचपी टर्बाइन इनलेट तापमान 254.5 एवं पीआर- 42.9बार (एबीएस) और जनरेटर आउटपुट 637 मेगावाट यानि 90% थर्मल, जैसा कि एचबीडी में एसआर-1 में दिया गया है और 558.06 मेगावाट यानि 80% थर्मल, जैसा कि एचबीडी में एसआर-2 में दिया गया है

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
क्रम संख्या	एचपी इनलेट पर कुल भाप प्रवाह (1 एचपी टर्बाइन के माध्यम से) (किलो/सेकंड)	एलपी आउटलेट पर कुल भाप प्रवाह (3 एलपी टर्बाइन के माध्यम से) (किग्रा/सेकंड)	एलपी आउटलेट पर भाप की विशिष्ट मात्रा (एम 3/किग्रा)	कंडेंसर/ एलपी टर्बाइन निकास में बैक प्रेशर पीआर (एमबार) एक्स	एलपी निकास पर ड्राईनेस फ्रैक्शन	टर्बाइन कार्य के संबंध में जीटी आउट	एचपी इनलेट ऊर्जा के संबंध में किया गया टर्बाइन कार्य	एचपी इनलेट ऊर्जा के संबंध में जीटी आउट	एलपी टर्बाइन के अंतिम चरण ब्लेड द्वारा अनुभव किया गया बल	सामान्य अंतिम भार (मेगावाट)	% में लोड
1	922.2	599.5	15.622	84.9	0.912	98.55	25.08	24.72	X का 86%	637	90%
2	807.4	534.04	16.474	80.06	0.916	98.46	25.12	24.74	X का 72%	558	80%



निष्कर्ष

तालिका संख्या- 4 विवरण

एलपी टरबाइन के अंतिम चरण ब्लेड द्वारा अनुभव किया गया बल जब 100% आउटपुट के लिए एलपी टरबाइन में डिजाइन मान (यानी कंडेंसर में डिजाइन मान से अधिक वैक्यूम) की तुलना में कम बैक प्रेशर पर संचालित / चलाया जाता है।

1	2	3		4	5	
क्रम संख्या	जनरेटर अंतिम भार (मेगावाट)	बैक प्रेशर कंडेंसर/ एलपी टरबाइन निकास पीआर में एमबार (एक्स)	एलपी निकास पर ड्राईनेस फ्रैक्शन	एलपी अंतिम चरण ब्लेड द्वारा नियंत्रित की जाने वाली कुल मात्रा (एम 3/सेकंड) (आरएपीपी-7 और 8 की 3 एलपी टरबाइन)	एलपी टरबाइन के अंतिम चरण ब्लेड द्वारा अनुभव किया गया बल	टिप्पणी
1	716	90.9	0.909	9816.36	मान लीजिए यह X है	100% लोड और बल X है
2	716	81.99	0.895	10194.70	X का 100.53%	100% लोड और बल X से अधिक है
3	716	69.91	0.89	11596.92	X का 112.59%	100% लोड और बल X से अधिक है
4	716	53.18	0.88	14401.92	X का 135.71%	100% लोड और बल X से अधिक है
5	716	42.42	0.875	17427.25	X का 161.45%	100% लोड और बल X से अधिक है
6	716	40.04	0.875	18369.10	X का 169.88%	100% लोड और बल X से अधिक है
7	637	84.9	0.912	9365.39	X का 86%	90% लोड और बल X से कम है
8	558	80.06	0.916	8797.77	X का 72%	80% लोड और बल X से कम है

तालिका संख्या-4 से देखा जा सकता है कि एलपी टरबाइन के अंतिम चरण के ब्लेड 716 मेगावाट के एचबीडी के अनुसार आंशिक लोड पर भाप की मात्रा के डिजाइन मान से अधिक को नियंत्रित नहीं कर पाते हैं। लेकिन जनरेटर के अंत में पूर्ण लोड और कंडेंसर में कम बैक प्रेशर के मामले में, इसे सभी मामलों में डिजाइन मान से अधिक नियंत्रित करना पड़ता है, इसलिए, यूनिट को कंडेंसर में 0.900एमबार एक्स से कम बैक प्रेशर पर लेकिन आंशिक लोड पर चलाया या संचालित किया जा सकता है।

एलपी टरबाइन के अंतिम चरण ब्लेड पर बल इसके द्वारा नियंत्रित किए जाने वाले भाप की मात्रा का एक कार्य है। इसलिए, एलपी टरबाइन के अंतिम चरण ब्लेड पर बल के डिजाइन मान से अधिक नहीं होने पर प्रत्येक एलपी टरबाइन द्वारा संभाले जा सकने वाले अधिकतम आयतन और कंडेंसर में संगत सबसे कम बैक प्रेशर के बारे में डेटा, एलपी टरबाइन की संख्या पर विचार करते हुए (एकल इकाई के लिए समर्पित) पूर्ण लोड और आंशिक लोड पर चलाया/संचालित किया जाना है, जैसा कि इकाई के संचालन

मैन्युअल में उल्लेख किया गया है।

यदि भाप प्रवाह दर की कुल मात्रा को एलपी टरबाइन द्वारा नियंत्रित किया जाना है, तो टरबाइन शाफ्ट का कंपन बढ़ सकता है, जो डिजाइन मान से भिन्न है और इसका एक कारण कंडेंसर में कम बैक प्रेशर हो सकता है।

सर्दियों के मौसम में एलपी टरबाइन के अंतिम चरण के ब्लेडों की विफलता को रोकने के लिए कंडेंसर में कम दबाव या उच्च वैक्यूम के लिए सुरक्षा का उपयोग किया जाएगा।

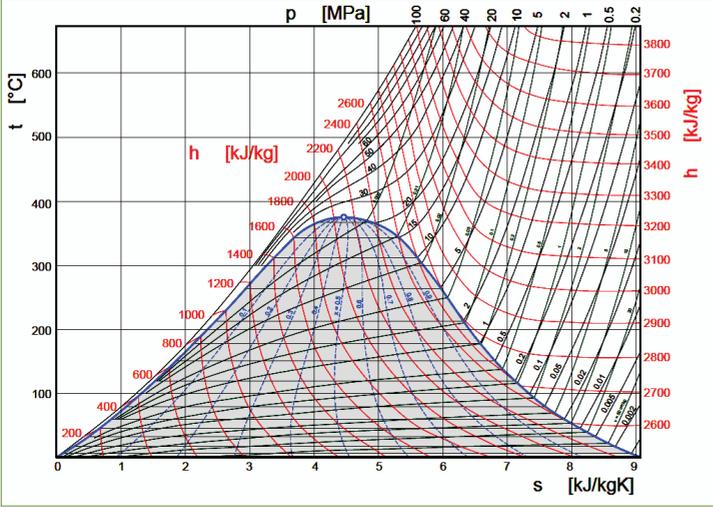
वे स्थल जो ऐसे क्षेत्र में स्थित हैं जहां सर्दियों के मौसम में तापमान बहुत कम हो जाता है, जबकि एलपी टरबाइन को गर्मियों के मौसम के अनुरूप पर्यावरण के तापमान अनुसार डिजाइन किया गया है, यानी पर्यावरण का तापमान परिवर्तन जो कंडेंसर इनलेट पर कंडेंसर कूलिंग पानी के तापमान को प्रभावित करता है। बेहतर है, उत्तर का उल्लेख नहीं करना, सर्दियों का मौसम ही चल रहा है।



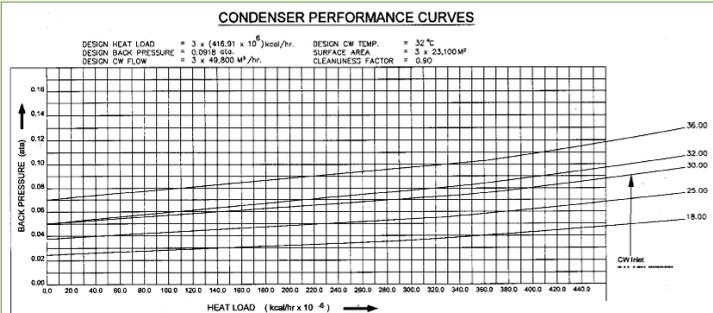
लाभ

एलपी टरबाइन के अंतिम चरण ब्लेड द्वारा अनुभव किया गया बल जब 100% आउटपुट के लिए एलपी टरबाइन में डिजाइन मान (यानी कंडेंसर में डिजाइन मान से अधिक वैक्यूम) की तुलना में कम बैक प्रेशर पर संचालित / चलाया जाता है।

- 1) एलपी टरबाइन ब्लेड की विफलता की संभावना कम हो जाती है।
- 2) टरबाइन शाफ्ट कंपन की संभावना कम हो जाती है।



चित्र 1:



चित्र 2:

सीमाएं

- 1) कंडेंसर में वैक्यूम की निचली सीमा बनाए रखने के लिए कंडेंसर में अतिरिक्त उपकरण लगाना पड़ता है

संदर्भ

- 1) KAPP-3&4-41119-6001/DM
- 2) KAPP-3&4-40000-6002/SK
- 3) KAPP-3&4-41010-6277/DC
- 4) पावर प्लांट नोटबुक और स्टीम टेबल



श्री ए श्रीनिवास राव (तकनीकी अधिकारी/एफ), ने केमिकल इंजीनियर के रूप में स्नातक किया। उन्होंने नवंबर, 2010 में जेएनपीपी, एनपीसीआईएल, मुख्यालय में टीओ/डी के रूप में एनपीसीआईएल में कार्यभार संभाला, इससे पहले उन्हें स्टील और पावर क्षेत्र में 7.5 वर्षों का कार्य अनुभव था। जेएनपीपी के इंजीनियरिंग निदेशालय में

2 वर्ष कार्य करने के बाद, उन्होंने केएपीपी#3व4 परियोजना में फील्ड इंजीनियरिंग समूह में काम किया। वे पारंपरिक, परमाणु, अपशिष्ट प्रबंधन, उन्नयन और द्वितीयक चक्र प्रणालियों के अंतर्गत एम्बेडेड भागों, आरबी लाइनर, पाइपिंग और उपकरणों के निर्माण, निर्माण, स्थापना के दौरान विभिन्न तकनीकी एवं हस्तक्षेप संबंधी मुद्दों की समीक्षा और उनके समाधान में सक्रिय रूप से शामिल थे। उन्होंने दोनों एफएम वॉल्ट में पीएचटी फीडर निर्माण के सफल समापन के बाद मुख्य सर्किट के पीएचटी हॉट हाइड्रो परीक्षण और केएपीपी#3व4 और आरएपीपी#7 में पीएचटी हॉट कंडीशनिंग में महत्वपूर्ण योगदान दिया। उन्होंने केएपीपी#3व4 के साथ-साथ आरएपीपी#7व8 में स्वतंत्र ठंडा पानी प्रणाली की व्यवस्था स्थापित करके पंप रूम में उच्च तापमान की समस्या के समाधान में भी योगदान दिया। वर्तमान में वे आरएपीपी#7व8 में फील्ड इंजीनियरिंग समूह के प्रमुख के रूप में कार्यरत हैं, जहाँ उन्होंने रिपेक्टर बिल्डिंग लीक टेस्ट (आरबी#8 - आईएलआरटी), ईसीसीएस सम्प, कैलेंड्रिया व कैलेंड्रिया वॉल्ट के लिए बॉक्स-अप समितियों और पंप रूम में उच्च एन्थैल्पी क्षेत्र संरचनात्मक प्लेटफॉर्म संशोधन के लिए स्वतंत्र विशेषज्ञ समिति के सदस्य सचिव के रूप में कार्य किया और यह सुनिश्चित किया कि डिजाइन के उद्देश्य को पूरा करते हुए साइट का काम सफलतापूर्वक पूरा हो।

श्री अब्दुल रहमान (तकनीकी अधिकारी/एफ), एक मैकेनिकल इंजीनियर हैं, वे राजस्थान राज्य विद्युत उत्पादन निगम लिमिटेड (आरआरवीयूएनएल) के तहत सूरतगढ़ थर्मल पावर प्लांट में साढ़े छह साल के कार्य अनुभव के साथ नवंबर 2013 में केएपीपी-3व4 में टीओ/डी के रूप में एनपीसीआईएल में शामिल हुए।



केएपीपी-3व4 में, वे मैकेनिकल से संबंधित कार्यों के प्रबंधन के लिए मुख्य प्लांट सिविल समूह में नियुक्त थे। वहां उन्होंने एम्बेडेड पाटर्स (ईपी), आरबी में स्टील लाइनर, एसएफएसबी लाइनर मॉड्यूल आदि के सुचारु निर्माण और इरेक्शन में महत्वपूर्ण योगदान दिया। जनवरी 2020 में, उन्हें फील्ड इंजीनियरिंग (एफई) समूह में स्थानांतरित कर दिया गया। वहां वे हस्तक्षेप के मुद्दों को हल करने के साथ-साथ पहले 700 मेगावाट के भारतीय पीएचडब्ल्यूआर में विभिन्न सिस्टम (टीजी, बीओटीआईपी, वेंटिलेशन सिस्टम आदि) के सर्किट रिलीज रिपोर्ट (सीआरआर) और निर्माण पूर्णता प्रमाण पत्र (सीसीसी) की समीक्षा करने के लिए सक्रिय रूप से शामिल थे मार्च 2024 में, उनका स्थानांतरण केएपीपी-3व4 से आरएपीपी-7व8 में हो गया। वर्तमान में वे आरएपीपी-7व8 में फील्ड इंजीनियरिंग (एफई) समूह में कार्यरत हैं।



700 मेगावाट क्षमता वाले भारतीय दाबित भारी पानी रिएक्टर में स्वदेशी तीन पिच इंटिग्रल कोएक्सियल इनकोनेल एसपीएनडी का अनुभव

विनय कुमार सोनी, अपर मुख्य अभियंता, अमरेश दिनेश प्रसाद, अपर मुख्य अभियंता, मनोज जैन, मुख्य अभियंता, नीता सिंह, सह निदेशक, (अनुभाग: रिएक्टर नियंत्रण, सी अँड आइ)

परिचय

700 मेगावाट आईपीएचडब्ल्यूआर में त्वरित प्रतिक्रिया देने वाले 3 पिच इंटिग्रल कोएक्सियल इनकोनेल एसपीएनडी का उपयोग करके इनकोर न्यूट्रॉन फ्लक्स निगरानी महत्वपूर्ण है क्योंकि 540 मेगावाट के समान कोर से 25% अधिक बिजली निकाली जाती है। मौजूदा सिंगल पिच एसपीएनडी ऑन-पावर रिफ्यूलिंग के दौरान गलत ट्रिप का कारण बन सकता है। इस प्रकार, 3 पिच एसपीएनडी क्षेत्रीय अधिशक्ति सुरक्षा (आरओपी) और विनियमन कार्यों के लिए भी आवश्यक हैं। इन एसपीएनडी को मजबूत कोएक्सियल ज्यामिति का उपयोग करके स्वदेशी रूप से निर्मित किया गया है। एमिटर संवेदनशीलता और लीड करंट को स्थापित करने के लिए कई इन पाइल प्रयोग किए गए।

● विनिर्माण तकनीक

विनिर्माण के लिए, एएसटीएम मानकों के अनुरूप इनकोनेल ट्यूब, इनकोनेल छड़ी (चित्र 1 देखें) और बेक्ड एमजीओ खाली ब्लॉक (चित्र 2 देखें) का उपयोग किया गया।



चित्र 1: एसपीएनडी इनकोनेल ट्यूब और रॉड



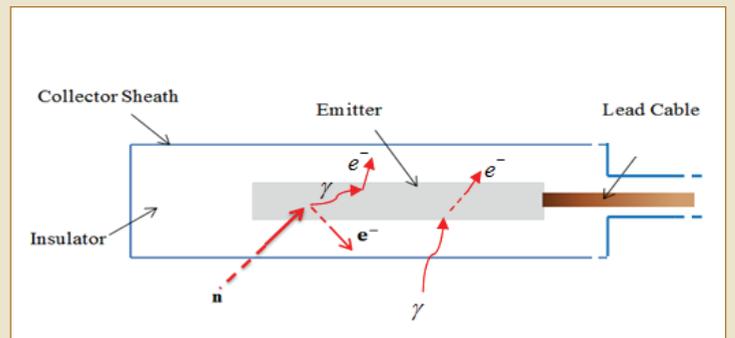
चित्र 2: एमजीओ इंसुलेटर



चित्र 3: संसूचक असेंबली



चित्र 4: समाप्त एसपीएनडी



चित्र 5: एसपीएनडी (η, γ, e) इंटरैक्शन



इनकोनेल छड़ी को एमजीओ ब्लॉक में डाला जाता है और आगे इनकोनेल ट्यूब में डाला जाता है, इस असेंबली (चित्र 3 देखें) को मल्टी पास कोल्ड ड्राइंग से गुजरने से पहले दोनों सिरों पर स्वैज किया गया था, इसके बाद 1050 डिग्री सेल्सियस पर क्रैकड अमोनिया भट्टी में अनीलन किया गया। प्रत्येक ड्राइंग चरण इनकोनेल असेंबली के बाहरी व्यास को 10-15% तक कम करता है और आवश्यक आयाम प्राप्त होने तक कोल्ड ड्राइंग जारी रखी जाती है। एमिटर, लीड आयाम, उत्केंद्रता और निरंतरता की जांच करने के लिए रेडियोग्राफी की गई संसूचक के ठंडे सिरे को ब्रेज़िंग और सिरेमिक-टू-मेटल सीलिंग का उपयोग करके समाप्त किया गया था, जबकि गर्म सिरे को लेजर वेल्डेड एंड प्लग के साथ सील किया गया था। आवरण की अखंडता की पुष्टि करने के लिए, एएसपीएनडी मानकों (E839) के अनुसार भाप परीक्षण, जल निम्ज्जन परीक्षण और हीलियम रिसाव परीक्षण किए गए। संयोजकीकरण के बाद, लोहे के संदूषण को हटाने के लिए सतह की सफाई की गई और 1×10^{12} ओम का इन्सुलेशन प्रतिरोध सुनिश्चित किया गया। तैयार एसपीएनडी के लिए चित्र 4 देखें। एसपीएनडी में करंट का निमण (η , γ , ϵ) इंटरैक्शन (चित्र 5 देखें) के माध्यम से होता है।

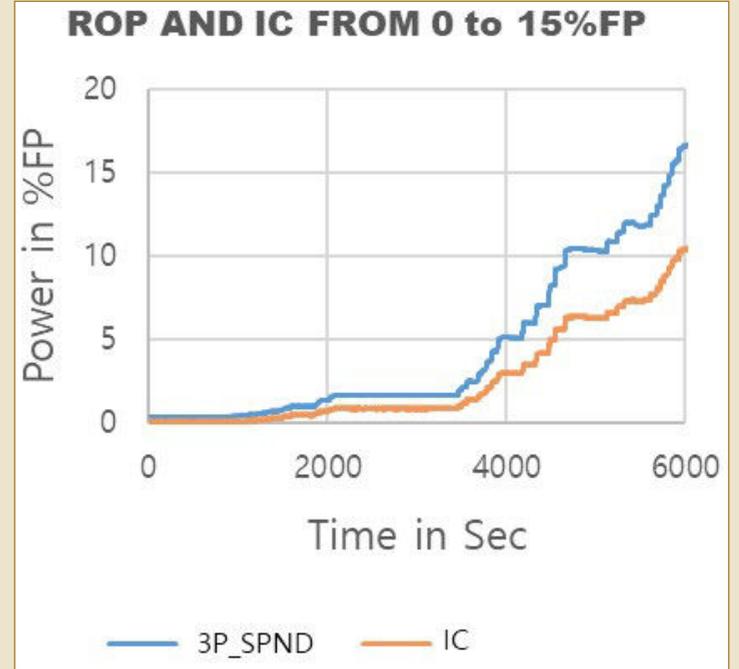
● एसपीएनडी का प्रायोगिक सत्यापन

एसपीएनडी संवेदनशीलता और निर्माण मजबूती को 1×10^{14} के क्रम के न्यूट्रॉन फ्लक्स में समान आयामों के प्रोटोटाइप एसपीएनडी स्थापित करके प्रयोगात्मक रूप से मान्य किया गया था, यानी एमिटर व्यास, लीड व्यास व इन्सुलेशन और आवरण की मोटाई इन्सुलेशन प्रतिरोध और एमिटर करंट की समय-समय पर निगरानी की गई थी। इंटीग्रल एसपीएनडी में केबल सेक्शन से उत्पन्न करंट की भरपाई के लिए लीड नहीं होती है। लीड से नगण्य योगदान सुनिश्चित करने के लिए, लीड से एमिटर व्यास का अनुपात कम रखा गया था। कोर में एसपीएनडी लीड के समान एक अतिरिक्त इनकोनेल केबल रखकर इसे मान्य किया गया था। एसपीएनडी संकेतों की आयन चैंबर संकेतों के साथ तुलना करके रिएक्टर ट्रिप के दौरान गतिक निष्पादन स्थापित किया गया था। इनकोनेल केबल से लीड धारा की गणना न्यूक्लियर रिएक्टर के रेडियोसक्रिय क्षेत्र में अधिकतम निवेशन के लिए भी की गई अवलोकित की गई लीड धारा का योगदान कुल उत्सर्जक धारा के 1.5% से भी कम रहा।

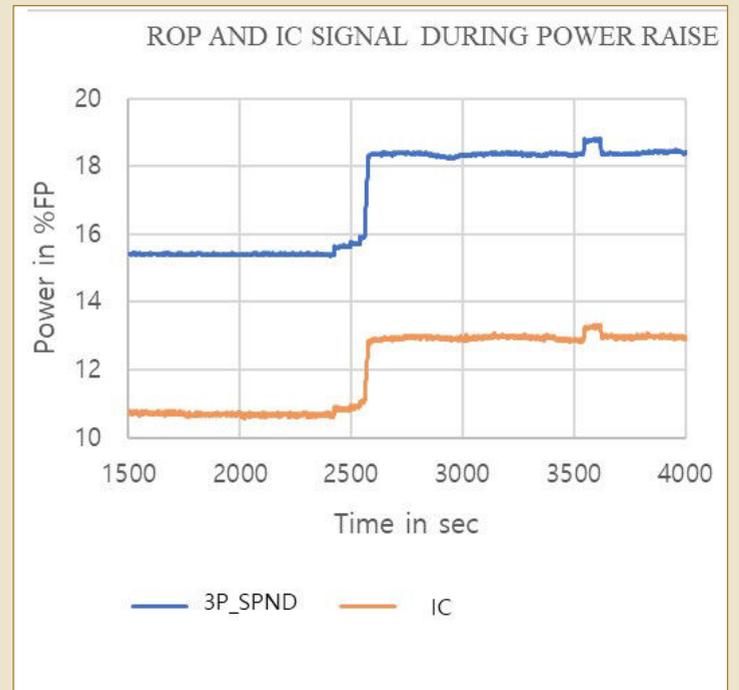
● एसपीएनडी का यथास्थान निष्पादन

विनियमन और सुरक्षा कार्यों को करने के लिए प्रत्येक 700मेगावाट रिएक्टर में 100 से अधिक तीन-पिच एसपीएनडी लगाए गए थे। निष्पादन का मूल्यांकन लो पावर फिजिक्स प्रयोगों, प्री-बॉयलिंग और क्वथन क्षेत्र, स्थिर-अवस्था भिन्नता, अभिक्रियता डिवाइस संचलन, सेटबैक और रिएक्टर ट्रिप के दौरान किया गया था। 0%

एफपी से 15% एफपी और 15% एफपी से 18% एफपी तक बिजली बढ़ने के दौरान आयन चैंबर और आरओपी एसपीएनडी संकेतों का मापन किया गया। एसपीएनडी और आयन चैंबर संकेतों को रिकॉर्ड किया गया और तुलना के लिए चित्र 6 व 7 में दिखाया गया है। परिणामों ने प्रदर्शित किया कि एसपीएनडी ने आयन चैंबर संकेतों के अनुरूप रिएक्टर पावर परिवर्तनों पर टैखिक रूप से प्रतिक्रिया दी।

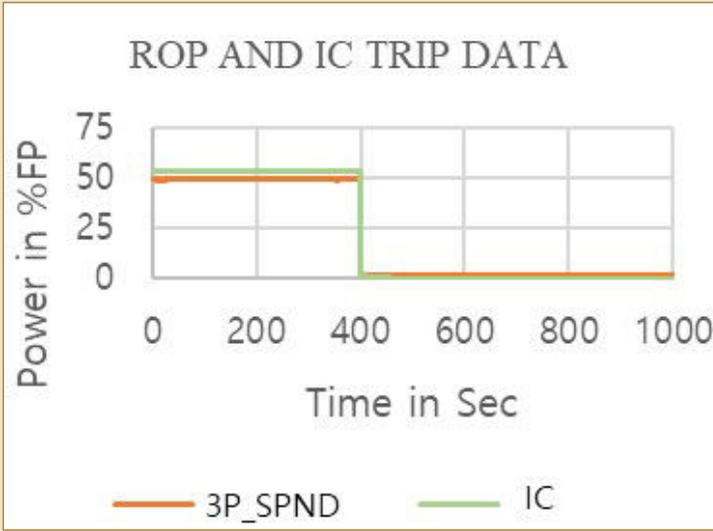


चित्र 6: रिएक्टर पावर 0%एफपी से 15% एफपी तक बढ़ाने के दौरान एसपीएनडी और आयन चैंबर का प्लॉट



चित्र 7: रिएक्टर पावर 15% एफपी से 18% एफपी तक बढ़ाने के दौरान एसपीएनडी और आयन चैंबर प्लॉट





चित्र 8: 50% एफपी पर रिक्टर ट्रिप के बाद एसपीएनडी और आयन चैंबर प्लॉट

50% एफपी पर रिक्टर ट्रिप के दौरान 3 पिच एसपीएनडी और आयन चैंबर का गतिशील प्रदर्शन चित्र 8 में दिखाया गया है। यह देखा जा सकता है कि एसपीएनडी त्वरित अनुक्रियाशील है और आयन चैंबर सिग्नल के साथ सुसंगत है। यह भी ध्यान दिया जा सकता है कि आईसी सिग्नल ट्रिप के तुरंत बाद शून्य पर पहुँच जाता है, एसपीएनडी सिग्नल के विपरीत, जो कि इनकोनेल मिश्र धातु में मौजूद अशुद्धियों द्वारा किए गए करंट के विलंबित घटक के कारण होता है।

● निष्कर्ष

स्वदेशी रूप से डिजाइन और निर्मित 3 पिच इंटीग्रल कोएक्सियल इनकोनेल एसपीएनडी का गतिक निष्पादन आयन चैंबर सिग्नल के साथ सुसंगत था। पिछले पांच वर्षों में शून्य संयंत्रे परिचालन विफलता उनके निर्माण की मजबूती को प्रदर्शित करती है, और उन्हें 700 मेगावाट रिक्टरों की सुरक्षा और विनियमन प्रणालियों में बिजली मापन के लिए एक उपयुक्त विकल्प बनाती है। उनका सफल विकास एनपीसीआईएल के लिए परमाणु प्रौद्योगिकी में आत्मनिर्भरता की दिशा में एक महत्वपूर्ण प्रगति का संकेत देता है।

● संदर्भ

एसपीएनडी और आयन चैंबर निष्पादन पर आंतरिक रिपोर्ट C&I-HQ/KAPP-3&4/63720&63730/2021/M/100 31 जनवरी, 2021



श्रीमती नीता सिंह (वैज्ञानिक अधिकारी/एच), एक इलेक्ट्रिकल और इलेक्ट्रॉनिक्स इंजीनियर हैं और एनपीसीआईएल ट्रेनिंग स्कूल के पहले बैच से हैं। उन्होंने रिक्टर सुरक्षा प्रणालियाँ, परीक्षण और निगरानी प्रणाली, शट डाउन प्रणाली उपकरण, विकिरण निगरानी

प्रणाली और भारी जल रिसाव संसूचक प्रणालियाँ, 220 मेगावाट, 540 मेगावाट और 700 मेगावाट के निर्णय सहायता प्रणाली के डिजाइन और विकास में योगदान दिया है।

श्री मनोज एम जैन (वैज्ञानिक अधिकारी/एच), इलेक्ट्रॉनिक्स में पोस्ट ग्रेजुएट इंजीनियर हैं और एनपीसीआईएल प्रशिक्षण स्कूल के प्रथम एम.टेक बैच से हैं। उन्होंने शट डाउन प्रणाली#1, एसडीएस#2, रिक्टर विनियमन प्रणाली और ऑपरेटर सूचना प्रणाली से संबंधित प्रणालियों के लिए परियोजनाओं एवं परिचालन संयंत्रों (220 मेगावाट, 540 मेगावाट और 700 मेगावाट) के लिए डिजाइन, इंजीनियरिंग और सहायता में योगदान दिया है।



श्री अमरेश दिनेश प्रसाद (वैज्ञानिक अधिकारी/जी), इलेक्ट्रॉनिक्स इंजीनियर हैं, जो 2002 में बीएआरसी प्रशिक्षण विद्यालय में शामिल हुए थे। उन्होंने शट डाउन प्रणाली #2 से संबंधित प्रणालियों के लिए परियोजनाओं और परिचालन संयंत्रों (220 मेगावाट, 540 मेगावाट) के लिए डिजाइन, इंजीनियरिंग और सहायता में योगदान दिया है। वे एसडीएस #2 की सफल कमीशनिंग में सक्रिय रूप से शामिल थे।

श्री विनय कुमार सोनी (वैज्ञानिक अधिकारी/जी), बीएआरसी प्रशिक्षण विद्यालय के 49वें बैच से इलेक्ट्रॉनिक्स और दूरसंचार इंजीनियर हैं। उन्होंने शट डाउन प्रणाली से संबंधित प्रणालियों के लिए परियोजनाओं एवं परिचालन संयंत्रों (220 मेगावाट, 540 मेगावाट) के लिए डिजाइन, इंजीनियरिंग और सहायता में योगदान दिया है। उन्होंने 700 मेगावाट पीएचडब्ल्यूआर में आरओपीएस#1 व 3 पिच एसपीएनडी की नई अवधारणाओं के साथ एसडीएस#1, आरपीएस#1 और एसआरडीसीएस की सफल कमीशनिंग में महत्वपूर्ण भूमिका निभाई है।





इन-हाउस 700 मेगावाट ईंधन प्रहस्तन नियंत्रण प्रणाली (एफएचसीएस) के अनुप्रयोग तर्क हेतु संशोधित संरचित पाठ का डिजाइन

अंजना गोयल, वरिष्ठ अधिशासी अभियंता, चि. लक्ष्मीनारायण बाबु, अपर मुख्य अभियंता, नवनीत कठारिया, सीएमडी के तकनीकी सलाहकार, सुजित चट्टोपाध्याय, अपर मुख्य अभियंता, आर. बालसुब्रमणियन, सह निदेशक, (अनुभाग: आर एंड डी-ईएस)

सारांश

ईंधन प्रबंधन प्रणाली प्राकृतिक यूरेनियम ईंधन वाले पीएचडब्लू यूआर रिएक्टरों का एक महत्वपूर्ण हिस्सा है। इन रिएक्टरों का प्राकृतिक रूप से कम अभिक्रियता के कारण पॉवर रीफ्यूलिंग करना आवश्यक हो जाता है। यह महत्वपूर्ण कार्य दूर से संचालित फ्यूलिंग मशीन्स (एफएम) की जोड़ी द्वारा किया जाता है जो रिएक्टर चालू होने पर भी एक साथ काम करते हैं। इसके अलावा, मोबाइल ट्रांसफर मशीन (एमटीएम) के साथ फ्यूल ट्रांसफर (एफटी) सिस्टम है जो 700 मेगावाट पीएचडब्लूआर में फ्यूलिंग मशीनों में ईंधन बंडलों को लोड करने/प्राप्त करने के लिए है। एफटी सिस्टम में न्यू फ्यूल मैगजीन (एनएफएम) और ट्रे लोडिंग मशीन भी शामिल है। नई फ्यूल मैगजीन ताजा ईंधन को एमटीएम में स्थानांतरित करती है, और साथ ही दूसरी तरफ ट्रे लोडिंग मशीन एमटीएम से भुक्तशेष ईंधन को प्राप्त करती है और इसे ट्रे लोडिंग बे (टीएलबी) में छोड़ देती है जो भुक्तशेष ईंधन भंडारण बे का हिस्सा है।

इन सभी ड्राइव में जटिल रोबोटिक तंत्र है जो D2O, H2O, तेल और हवा के साथ विद्युत और द्रव शक्ति का उपयोग करके दूर से संचालित होता है। ये ऑपरेशन पूरी तरह से स्वचालित हैं और इस तरह से डिजाइन किए गए हैं कि ऑपरेटर के आवश्यकता के बिना संपूर्ण रीफ्यूलिंग ऑपरेशन किया जा सकता है। ईंधन प्रबंधन प्रणाली पूर्वनिर्धारित तरीके से प्रचालित होती है। संपूर्ण प्रचालन कई कार्यक्रमों से मिलकर बने अनुक्रमों के एक सेट द्वारा परिभाषित किया जाता है। प्रत्येक प्रोग्राम में कई चरण होते हैं। संचालन के दौरान सुरक्षा सुनिश्चित करने के लिए इंटरलॉक लॉजिक प्रदान किए जाते हैं। प्रत्येक चरण आदेश जारी करने से पहले अनुमति की जांच करता है। आदेश जारी करने के बाद, जब तक कि वह चरण के पूरा होने की घोषणा नहीं कर देता तब तक प्रत्येक चरण एक निश्चित समय तक फीडबैक की प्रतीक्षा करता है। भाषा "संशोधित संरचित टेक्स्ट" (इस आलेख में एसटी भाषा के रूप में संदर्भित) को विभिन्न संरचनाओं से मिलाकर डिजाइन किया गया है, जिन्हें एक विशिष्ट क्रम में क्रमबद्ध किया गया है, जो हमें ईंधन हैंडलिंग सिस्टम द्वारा आवश्यक विभिन्न प्रचालन निष्पादित करने में सक्षम बनाता है। "संशोधित संरचित टेक्स्ट"

भाषा मानक प्रोग्राम लॉजिक कंट्रोलर (पीएलसी) भाषा यानी लैडर डायग्राम (एलडी) लॉजिक/स्क्रिप्ट टेक्स्ट (एसटी)/सीक्वेंस फंक्शन चार्ट (एसएफसी) से प्रेरित है, और इसका उपयोग कस्टमाइज्ड इन-हाउस डिजाइन किए गए हाईवेयर पर चलाने के लिए एप्लीकेशन विकसित करने के लिए किया जाता है। पहले 220 मेगावाट के पीएचडब्लूआर संयंत्रों में, एफएचसीएस प्रणाली के लिए एप्लीकेशन प्रोग्राम लिखने के लिए प्रोसेस कंट्रोल लैंग्वेज (पीसीएल) का उपयोग किया जाता था। पीसीएल भाषा बीएआरसी द्वारा विकसित की गई भाषा है। काकरापार परमाणु विद्युत केंद्र, इकाई-3 और 4 (केएपीएस-3 और 4) में एफएचसीएस प्रणाली को सफलतापूर्वक स्थापित करने के बाद, प्रचालन प्रतिक्रिया और इष्टतमीकरण के साथ, ईंधन भरने के समय को कम करने के लिए कुशल प्रोग्राम बनाए गए हैं जो 700 मेगावाट रिएक्टर के लिए सबसे अधिक महत्वपूर्ण है। इसे अब राजस्थान परमाणु विद्युत परियोजना, इकाई-7 और 8 (आरएपीपी-7 और 8) में सफलतापूर्वक इंस्टॉल किया गया है।

यह आर्टिकल इस भाषा की प्रमुख विशेषताओं को प्रकट करता है कि इसने एनपीसीआईएल को वांछित ईंधन प्रबंधन प्रचालनों को क्रियान्वित/प्राप्त करने में किस प्रकार सहायता की है।

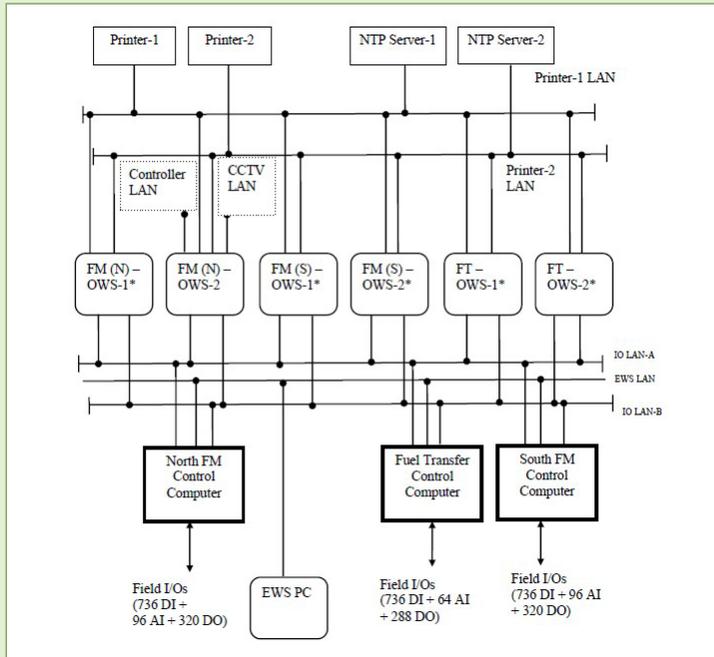
डिजिटल आई एंड सी एफएचसीएस

फ्यूल हैंडलिंग कंट्रोल सिस्टम (एफएचसीएस) का उद्देश्य ईंधन भरना और उसके बाद भुक्तशेष ईंधन बंडलों को टीएलबी में उतारना है। फ्यूल हैंडलिंग कंट्रोल सिस्टम में नियंत्रण कंप्यूटर (एक एफएम उत्तर और दक्षिण के लिए और दूसरा एफटी के लिए), एक इंजीनियरिंग वर्क स्टेशन (ईडब्ल्यूएस), पीसी आधारित कंट्रोल डिस्प्ले यूनिट्स (प्रत्येक एफएम और एफटी के लिए सीडीयू) और पीसी आधारित स्टैटस डिस्प्ले यूनिट्स (प्रत्येक एफएम और एफटी के लिए एसडीयू) शामिल हैं। सुरक्षा इंटरलॉक की स्वतंत्र जांच के लिए एफएचसीएस को मैनुअल और सुरक्षा लॉजिक (एम&एसएल) के साथ जोड़ा गया है।



तीनों कंट्रोल कंप्यूटर ड्यूल लैन के जरिए एक दूसरे से संवाद करते हैं। ऑपरेटर के लिए कीबोर्ड के माध्यम से अलग-अलग कमांड जारी करना भी संभव है। ऐसे कमांड को सेमी-ऑटो कमांड कहा जाता है। मैनुअल एण्ड सैफ्टी लॉजिक (एमएसएल) का उद्देश्य मैनुअल प्रचालन को सक्षम करना और नियंत्रण कंप्यूटर द्वारा की गई जाँच के अलावा मैनुअल मोड और संचालन के ऑटो मोड में प्रचालन की सुरक्षा सुनिश्चित करना है।

एनपीसीआईएल द्वारा इन-हाउस विकसित अन्य कंप्यूटर बेस्ड सिस्टम (सीबीएस) की तरह; एफएचसीएस लॉजिक भी इन-हाउस विकसित मानकीकृत हार्डवेयर और जेनेरिक सॉफ्टवेयर पर आधारित है।



एफएचसीएस आर्किटेक्चर

चूंकि एफएचसीएस में इसके संचालन के लिए बहुत सारे ड्राइव होते हैं, इसलिए सीसी सॉफ्टवेयर में बहुत सारा कॉन्फिगर करने योग्य डेटा होता है जिसमें फ्यूल हैंडलिंग सिस्टम के विभिन्न ड्राइव के लिए विभिन्न स्थितियों का अंशांकन डेटा, ट्रिप बैंड डेटा, ज़ोन प्रवाह जानकारी आदि शामिल होते हैं।

इसलिए, इन सभी को ईंधन प्रबंधन से संबंधित लॉजिक को परिवर्तन पर फिर से संकलित करने और IO नोड सॉफ्टवेयर के साथ एकीकृत करने की आवश्यकता होती है। यह प्रत्येक संशोधन के बाद व्यापक सॉफ्टवेयर प्रमाणन और सत्यापन प्रक्रिया की ओर ले जाता है।

इस प्रकार, एफएचसीएस के लिए एक IO नोड बनाने की आवश्यकता है जो किसी भी एप्लीकेशन से संबंधित लॉजिक से स्वतंत्र हो। नियंत्रण प्लेटफॉर्म का परीक्षण किया जाता है और एप्लीकेशन सॉफ्टवेयर द्वारा परिभाषित सभी संभावित लॉजिक की

व्याख्या करने की इसकी क्षमता के लिए योग्य बनाया जाता है। बाद में एक एप्लीकेशन लॉजिक जो आवश्यक नियंत्रण एल्गोरिदम का वर्णन करता है, का निर्माण किया जाता है और नियंत्रण प्लेटफॉर्म द्वारा दी गई भाषा में अनुवाद किया जाता है। अब इस एप्लीकेशन लॉजिक का परीक्षण किया जाता है और आवश्यक नियंत्रण एल्गोरिदम को लागू करने के लिए योग्य बनाया जाता है। यह परीक्षण एवं योग्यता प्रक्रिया नियंत्रण प्लेटफॉर्म परीक्षण और योग्यता से स्वतंत्र है। अनुवाद को दिए गए निष्पादन के लिए नियंत्रण प्लेटफॉर्म पर अपलोड किया जाता है।

एक ही कंट्रोल प्लेटफॉर्म को एप्लीकेशन लॉजिक के विभिन्न कॉन्फिगरेशन के साथ लोड किया जा सकता है। हर बार केवल एप्लीकेशन लॉजिक का परीक्षण और योग्यता की आवश्यकता होती है। यह प्रक्रिया नियंत्रण डोमेन और नियंत्रण प्लेटफॉर्म कार्यान्वयन डोमेन के विभाजन की अनुमति देता है। यह 700 मेगावाट पीएचडब्ल्यूआर एनपीपी के लिए ईंधन हैंडलिंग नियंत्रण प्रणाली के IO नोड को भी सक्षम बनाता है, जो फील्ड प्रोग्रामेबल है।

इंजीनियरिंग वर्क स्टेशन (ईडब्ल्यूएस)

इंजीनियरिंग वर्क स्टेशन को आईईसी 61131-3 के अनुपालन में एप्लीकेशन प्रोग्राम के संपादन, सत्यापन, अनुवाद, अपलोडिंग/डाउनलोडिंग के लिए डिज़ाइन किया गया है। आईईसी 61131-3 पीएलसी के लिए विभिन्न प्रोग्रामिंग भाषा को परिभाषित करता है। एफएचसीएस के लिए एप्लीकेशन लॉजिक एलडी के साथ एसएफसी का उपयोग करके कार्यान्वित किए गए लॉजिक से मिलता जुलता है। इसके अलावा, विभिन्न ड्राइव और उनकी ऑटो-पोजिशनिंग के लिए सभी कॉन्फिगर करने योग्य डेटा ईडब्ल्यूएस से पास किए जाते हैं।

मानक भाषाओं में विभिन्न प्रकार के लॉजिक को कार्यग्रहण करने के लिए विभिन्न संरचनाएं उपलब्ध कराई गई हैं। लेकिन एफएचसीएस के लिए, सरल संरचनाओं की आवश्यकता होती है। यदि मानक भाषाओं का उपयोग किया जाता है तो संबंधित पीसी इंटरप्रेटर को उन सभी संरचनाओं के अनुवाद की आवश्यकता होगी और इससे सॉफ्टवेयर की पेचीदगी बढ़ जाएगी। चूंकि एफएचसीएस के लिए कंट्रोल प्लेटफॉर्म स्वदेशी रूप से विकसित किया गया है, इसलिए इस पीएलसी को प्रोग्राम करने के लिए आवश्यक भाषा भी स्वदेशी रूप से विकसित की गई है। यह भाषा एफएचसीएस के लिए आवश्यक सभी तर्कों को लागू करने में मदद करती है और संबंधित व्याख्याकार भी आसानी से इसकी व्याख्या कर सकता है। एफएचसीएस लॉजिक की मुख्य आवश्यकता ऑटो मोड प्रचालन है जहाँ रीफ्यूलिंग निर्धारित अनुक्रम और विभिन्न एफएम और एफटी ड्राइव की स्वचालित स्थिति के अनुसार होती है।

एफएचसीएस कंट्रोल डोमेन के लिए विकसित भाषा संशोधित



संरचित टेक्स्ट है जो एलडी के साथ एसएफसी का उपयोग करके कार्यान्वित लॉजिक का शाब्दिक प्रतिपादन है।

ईडब्ल्यूएस सॉफ्टवेयर कार्यान्वयन

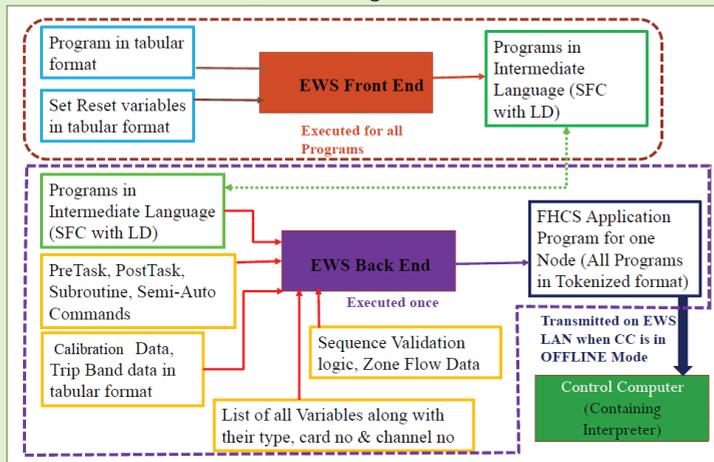
ईडब्ल्यूएस सॉफ्टवेयर दो भागों में विकसित किया गया है: फ्रंट एंड ट्रांसलेटर और बैक एंड ट्रांसलेटर।

फ्रंट एंड ट्रांसलेटर, चरण संख्या, स्वीकृति, कमांड्स (आदेश), अगले चरण संख्या, फीडबैक, चरण समय समाप्ति, इंटरलॉक आदि के बारे में दी गई जानकारी को एक मध्यवर्ती भाषा (एलडी के साथ एसएफसी) में परिवर्तित करता है।

बैक एंड ट्रांसलेटर इंटरमीडिएट भाषा प्रोग्राम, प्री टास्क, पोस्ट टास्क, सबरूटीन और सेमी ऑटो कमांड को और अधिक टोकनाइज़ करता है। यह शब्दार्थ की जांच करता है और इसे एक इंटरमीडिएट कोड में पार्स करता है जिसकी कंट्रोल कंप्यूटर पर व्याख्या की जा सकती है।

नीचे ईडब्ल्यूएस का ब्लॉक डायग्राम दिया गया है।

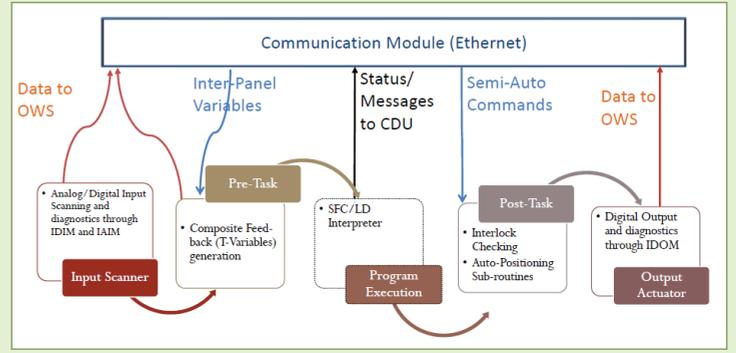
ईडब्ल्यूएस से इंटरमीडिएट कोड में परिवर्तित होने के बाद एप्लीकेशन लॉजिक को ऑफलाइन मोड में संचार मॉड्यूल के माध्यम से कंट्रोल कंप्यूटर तक पहुंचाया जाता है।



कंट्रोल कंप्यूटर सॉफ्टवेयर का टिपिकल फ़्लो

IONs (इनपुट-आउटपुट नोड्स) की सभी कार्यक्षमताएं सॉफ्टवेयर मॉड्यूल के एक सामान्य सेट का उपयोग करके प्राप्त की जानी हैं। प्रत्येक मॉड्यूल का उद्देश्य इनपुट की स्कैनिंग, सिग्नल प्रोसेसिंग, अलार्म जनरेशन, इंटरलॉक जनरेशन, आउटपुट की गणना, डायग्नोस्टिक्स और ऊपरी परत के साथ संचार, सिग्नल आउटपुट आदि जैसे विशिष्ट कार्य करना है।

वह मॉड्यूल जो प्रोग्राम किए गए निर्देशों के सेट के अनुसार इंटरलॉक और कंप्यूट आउटपुट सिग्नल उत्पन्न करता है, पीसी इंटरप्रेटर है। पीसी इंटरप्रेटर एप्लीकेशन प्रोग्राम, यानी प्री टास्क, पोस्ट टास्क, सबरूटीन और प्रोग्राम लॉजिक की व्याख्या करता है। जब IONs एप्लीकेशन सॉफ्टवेयर निष्पादित करते हैं, तो ईडब्ल्यूएस को बंद किया जा सकता है।



इनपुट को कॉमन सॉफ्टवेयर प्लेटफॉर्म इंटीग्रेशन मॉड्यूल द्वारा स्कैन किया जाता है। फिर इंटरमीडिएट वैरिएबल की गणना प्री टास्क में की जाती है। उसके बाद प्रोग्राम निष्पादन के लिए अनुक्रम लॉजिक की गणना की जाती है जिसके बाद ऑटो पोजिशनिंग लॉजिक और इंटरलॉक मूल्यांकन किया जाता है। उसके बाद आउटपुट जारी किए जाते हैं और मैनुअल एवं सेफ्टी लॉजिक को पास किए जाते हैं।

संशोधित संरचित टेक्स्ट का उपयोग करके पीएलसी प्रोग्रामिंग

यह भाषा आईईसी-61131 के मानकों का पालन करते हुए पीएलसी प्रोग्रामिंग के लिए स्वदेशी रूप से विकसित की गई है।

भाषा संरचना

निम्नलिखित टेक्स्टुअल रूप में संरचनाएं हैं जो लैडर लॉजिक में आवश्यक/प्रयुक्त हैं।

1) Assignif संरचना

Assignif (अभिव्यक्ति) फिर Assignment स्टेटमेंट करें। इस मामले में यदि अभिव्यक्ति सत्य है तो यह असाइनमेंट स्टेटमेंट करेगा अन्यथा नहीं करेगा।

2) संरचना असाइन करें

बाइनरी वैरिएबल को बाइनरी वैल्यू असाइनमेंट एनालॉग वैरिएबल को एनालॉग वैल्यू असाइनमेंट

3) एक्सप्रेसिन्स (अभिव्यक्ति) संरचना

लॉजिकल (तार्किक) और अरिथमेटिक (अंकगणित) सहित बाइनरी एक्सप्रेसिन्स (अभिव्यक्ति) मूल्यांकन

लॉजिकल (तार्किक) और अरिथमेटिक (अंकगणित) सहित एनालॉग एक्सप्रेसिन्स (अभिव्यक्ति) मूल्यांकन

लॉजिकल (तार्किक) और अरिथमेटिक (अंकगणित) सहित बाइनरी और एनालॉग मिश्रित एक्सप्रेसिन्स (अभिव्यक्ति) मूल्यांकन

4) पल्स संरचना

0 से 1 तक परिवर्तनीय परिवर्तन के लिए वनटाइम ट्रिगर उत्पन्न करना

5) सबरूटीन संरचना

यह एक फंक्शन को संकेत दे रहा है



6) रीसेट करें, टाइमर प्रारंभ संरचना

यह संरचना टाइमर को रीसेट या प्रारंभ कर देगा

7) ऑन-डिले टाइमर संरचना

इसे इस तरह से लागू किया जा सकता है कि यह एफएचसीएस की आवश्यकताओं से मेल खाएगा। इसमें काउंटर के कार्यों के साथ-साथ ऑन-डिले टाइमर का मिश्रण शामिल है। एक अनुमेय में प्रति चरण केवल एक ऑन-डिले टाइमर की अनुमति है।

ऑन-डिले टाइमर (टाइमर नंबर, समय, चेक किया जाने वाला आई/पी)

ऑन-डिले टाइमर के आउटपुट की प्रारंभिक स्थिति शून्य होती है। यह टाइमर स्टार्ट आई/पी पल्स टाइप से शुरू होता है और फिर यह निर्दिष्ट समय अवधि के लिए 'चेक किया जाने वाला आई/पी' की जाँच करेगा। इससे दो आउटपुट मिलते हैं। आउटपुट सेट हो जाने के बाद यह आउटपुट को अपने आप रीसेट नहीं करेगा। समय समाप्त होने के बाद यह अपने आप शुरू नहीं होगा।

ये सभी वैरिएबल ग्लोबल वैरिएबल हैं। हमें इस वैरिएबल को मान निर्दिष्ट करने होंगे और फिर हमें इस फंक्शन को संकेत देना होगा।

8) टाइमर सक्षम ओ/पी (ईएन) --- यह आउटपुट तब सेट होता है जब टाइमर चालू और बंद होता है। यह आउटपुट तब सेट होता है जब आई/पी निर्दिष्ट अवधि के लिए सक्रिय होता है और यह निष्क्रिय अवस्था में रहेगा यदि आई/पी निर्दिष्ट अवधि के लिए जारी नहीं रहता है।

9) प्रिंट संरचना- इस संरचना से संदेश प्रिंट होगा। साथ ही इसका उपयोग किसी भी लॉजिक के लिए आवश्यक वैरिएबल स्टेटस को प्रिंट करने के लिए किया जा सकता है।

एलडी कार्यान्वयन के साथ एसएफसी के लिए इन संरचनाओं का उपयोग करके कंट्रोल फ़्लो

स्टेप और ट्रांजिशन के आरंभीकरण के बाद, अगले चरण के सक्रियण के लिए स्थिति की जाँच की जाती है। उसके बाद चरण के क्रिया भाग को निष्पादित किया जाता है, उसके बाद चरण के पूरा होने के लिए टाइमर शुरू किया जाता है। चरण के क्रिया भाग में, निष्पादित किए जाने वाले अगले चरण के लिए फ्लैग सेट किया जाता है। इसके बाद ट्रांजिशन सक्षम ब्लॉक होता है जो उस चरण से आगे के संक्रमण को सक्षम

बनाता है। साथ ही, यह वर्तमान चरण को अक्षम करता है। इस तरह से टेक्स्टुअल एसएफसी को एप्लीकेशन प्रोग्राम लॉजिक में लागू किया जाता है जो निष्पादन फ़्लो को नियंत्रित करता है।

स्टेप और ट्रांजिशन आरंभ करें ऑपरेटर एंट्री के आधार पर

ट्रांजिशन की जाँच करें (ट्रांजिशन स्थिति ब्लॉक)

```
START_TRANS_COND 1 AssignIf {Expression(Trans[1] &&
(Donebit == 2))} then { Set( Step[2]); Reset( Trans[1] ,
Trans[2] );} Endif END_LINE END_TRANS_COND
```

एक्टिविटी ब्लॉक (स्टेप एक्शन ब्लॉक)

परमिसिव चेक इशूइंग आउटपुट
फीडबैक चेक फीडबैक उपलब्ध नहीं
परमिसिव उपलब्ध नहीं

इनेबल ट्रांजिशन (ट्रांजिशन इनेबल ब्लॉक)

```
START_TRANS_ENABLE 1
AssignIf {Step[1]} then {Set( Trans[1] , Trans[2] );}
Endif END_LINE AssignIf {Expression (Trans[1] && (Donebit == 2))}
then { Reset ( Step[1] ); Set(Stepcompleted);
Assign(PresentStep, 2);
} Endif END_LINE
```

स्टेप टाइम आउट ब्लॉक

```
START_TIMEOUT 1
AssignIf{ ST_TIMER }
then {
Upcounter(0,Step_Timeout);
}Endif END_LINE
AssignIf{ Expression((PROGHOLD == 7) || (PROGHOLD == 8) |
(Stepcompleted == 1)) }
then {
Set(Timer1.reset);
}Endif END_LINE
END_TIMEOUT
```



ऐक्टिविटी ब्लॉक का स्पष्टीकरण

प्रोग्राम 1 के चरण 1 के साथ समझाया गया

```
/******STEP 01******/
OST{ Step[1],Temp1 } END_LINE
Assign(ST_TIMER,OSTresult) END_LINE
AssignIf{ OSTresult}
then {Assign(Step_Timeout,2400);
.....
} Endif END_LINE
/******PERMISSIVE CHECKS *****0101A******/
AssignIf{ OSTresult}
then {Assign (Temp2, Expression ('TSNC1 &IBZB &IAR &IZSL &IFM1A
&IFM2A &IFM3A &IER &THI));} Endif END_LINE
.....
/******SETTING OUTPUT*****0101A******/
AssignIf{ Expression((OSTresult && Temp2)) }
then {Set ( PFM1N,PFMN ); Reset( PFM1F );
Print("Step no 0101A Program Commands Issued ");} Endif END_LINE
/******FEEDBACK CHECKS*****0101A******/
AssignIf{ Expression(Temp3 && (IFM1N &&TFMN ) )}
then {Assign(Donebit, 02 );} Endif END_LINE
/******FBNA CHECKS*****0101A******/
AssignIf{Expression( Timer1.output && Temp3)} //STEP TIMER
then{
    Print("Step no 0101 FBNA ",Color:Red,Flash:Off);
    PrintPMNA(IFM1N,TFMN);}Endif END_LINE
/******PMNA CHECKS*****0101A******/
AssignIf{Expression (Temp4&& ('Temp5)&& 'Temp3&&Temp6)}
then {Assign(PROGHOLD,7);
PrintPMNA('TSNC1,IBZB,IAR,IZSL,IFM1A,IFM2A,IFM3A,IER,THI,TSNC1,TSRN,IZST);
} Endif END_LINE
```

प्रोग्राम के एक सामान्य चरण में, सबसे पहले पर्मिस्सिक्स की जाँच की जाती है। यदि पर्मिस्सिक्स उपलब्ध नहीं हैं तो पीएमएनए दिया जाता है। अन्यथा आउटपुट जारी किया जाता है और प्रोग्राम फीडबैक आने का इंतज़ार करता है। यदि फीडबैक स्टेप टाइमआउट में आता है तो स्टेप पूरा हो जाता है अन्यथा एफबीएनए दिया जाता है और प्रोग्राम होल्ड हो जाता है।

निष्कर्ष

उपर्युक्त भाषा परिभाषा के साथ, एफएचसीएस लॉजिक सफलतापूर्वक कार्यान्वित किया गया है और केएपीएस-3 और 4 में सफलतापूर्वक काम कर रहा है, जिसमें जुलाई 2024 तक केएपीएस-3 में 1000 से अधिक चैनलों को ईंधन पुनर्भरण किया गया है। साथ ही, केएपीएस-4 में पहली बार रीफ्यूल करने का काम 09.08.2024 को किया गया है। कार्य की शुरुआत से पहले सिस्टम को पूरी तरह से मान्य किया जाता है और साइट के अनुभव व अन्य सिस्टम सुधारों के आधार पर विभिन्न सुधार किए जाते हैं। इसके अलावा, जून, 2024 में आरएपीपी-7 और 8 में आरईएसएफ पर एकीकृत रीफ्यूलिंग के प्रचालन सहित फ्यूल हैंडलिंग सिस्टम का IV और V सफलतापूर्वक पूरा हो गया है।

आखिर में, मैं श्री एल.एन.बाबू, अपर मुख्य अभियंता (आर एंड डी-ईएस), श्री नवनीत कटारिया, तकनीकी सलाहकार (सीएमडी सचिवालय), श्री सुजीत चट्टोपाध्याय, वैज्ञानिक अधिकारी/एच (आर एंड डी-ईएस) और श्री आर. बालासुब्रमण्यम, सह निदेशक (आर एंड डी-ईएस) को इस आलेख की तैयारी के दौरान उनके निरंतर सहयोग और रचनात्मक प्रतिक्रिया के लिए धन्यवाद देना चाहूंगा।

भविष्य में सुधार

सबरूटीन कॉल में स्टैक सुविधा को शामिल करके भाषा को समृद्ध किया जा सकता है। साथ ही वर्तमान में भाषा टेक्स्ट रूप में है जिसे ग्राफिकल प्रतिनिधित्व के साथ बढ़ाया जा सकता है। साथ ही विकसित की गई भाषा एलडी लॉजिक पर आधारित है। आईईसी-61131 मानक पर आधारित अन्य पीएलसी प्रोग्रामिंग भाषा को भी लॉजिक बनाने के लिए शामिल किया जा सकता है। अन्य प्रकार की कंट्रोल सिस्टम्स के लिए लॉजिक विकसित करने के लिए भाषा को और अधिक समृद्ध किया जा सकता है।

सन्दर्भ

- 1) विनिर्देश संख्या: PC-E-119, संशोधन संख्या 4 फ्यूल हैंडलिंग सिस्टम के लिए डिजिटल I&C पर सिस्टम आवश्यकताएँ
- 2) R&D-ES-700/63500/FHCS/SAD संशोधन 0, नवंबर 2014
- 3) R&D-ES-700/63500/FHCS/EWS/SRS संशोधन 0, सितंबर 2015
- 4) R&D-ES-700/63500/FHCS/EWS/SDD संशोधन 0, जून 2020





श्रीमती अंजना गोयल (वैज्ञानिक अधिकारी/ई), ने 2012 में आईटीएम, गुडगांव से कंप्यूटर साइंस में स्नातक हुई। 2013 में बीएआरसी से प्रशिक्षण (57वां बैच) पूरा करने के बाद, वह 2014 में एनपीसीआईएल में शामिल हुई। वर्तमान में, वह एनपीसीआईएल के अनुसंधान एवं विकास-ईएस में वरिष्ठ कार्यकारी अभियंता के पद पर कार्यरत हैं। वह

700 मेगावाट क्षमता के ईंधन नियंत्रण प्रणाली हेतु सीबीएस के डिज़ाइन, विकास, परीक्षण और सफल कमीशनिंग में शामिल रही हैं। एनपीसीआईएल में कार्य करते हुए, उन्होंने एचबीएनआई से कंप्यूटर साइंस में स्नातकोत्तर हुई।

श्री चि. लक्ष्मीनारायण बाबू (वैज्ञानिक अधिकारी/जी), एन आई टी कुरुक्षेत्र से इंस्ट्रुमेंटेशन इंजीनियरिंग में स्नातकोत्तर हैं और 2004 में एनपीसीआईएल में शामिल हुए। वर्तमान में वे अतिरिक्त मुख्य अभियंता (आर एंड डी-ईएस) के रूप में कार्यरत हैं और परमाणु ऊर्जा संयंत्र के लिए ईंधन हैंडलिंग नियंत्रण डिजिटल आई एंड सी प्रणाली के विकास में शामिल हैं।



श्री सुजीत चट्टोपाध्याय (वैज्ञानिक अधिकारी/एच), कलकत्ता विश्वविद्यालय से इंस्ट्रुमेंटेशन इंजीनियरिंग में स्नातकोत्तर हैं और 1999 में बीएआरसी प्रशिक्षण स्कूल के माध्यम से परमाणु ऊर्जा विभाग में शामिल हुए। वर्तमान में वे एनपीसीआईएल में अतिरिक्त मुख्य अभियंता (आर&डी-ईएस) के रूप में कार्यरत हैं और परमाणु ऊर्जा संयंत्र

विनियमन व संरक्षण तथा ईंधन प्रबंधन के लिए डिजिटल आई&सी प्रणालियों के विकास में शामिल हैं।



श्री नवनीत कटारिया (वैज्ञानिक अधिकारी/जी), आईआईटी बॉम्बे से कंप्यूटर विज्ञान एवं इंजीनियरिंग में स्नातकोत्तर हैं और 2002 से परमाणु ऊर्जा विभाग से जुड़े हुए हैं। वे दिसंबर, 2024 तक अतिरिक्त मुख्य अभियंता (आरएंडडी-ईएस) के पद पर कार्यरत थे और परमाणु ऊर्जा संयंत्रों के लिए डिजिटल आईएंडसी प्रणालियों के विकास में

शामिल थे। वर्तमान में वे अतिरिक्त मुख्य अभियंता (अंतर्राष्ट्रीय सहयोग) और सीएमडी के तकनीकी सलाहकार के रूप में कार्यरत हैं।



श्री आर. बालसुब्रमणियन (उत्कृष्ट वैज्ञानिक), ने मदुरै कामराज विश्वविद्यालय से इलेक्ट्रॉनिक्स और संचार इंजीनियरिंग में स्नातक हुए और 1989 में एनपीसीआईएल प्रशिक्षण स्कूल के प्रथम बैच में शामिल हुए। वर्तमान में वे इलेक्ट्रिकल व इंस्ट्रुमेंटेशन समूह के एसोसिएट निदेशक (एडी) के रूप में

कार्यरत हैं और इलेक्ट्रिकल, नियंत्रण व इंस्ट्रुमेंटेशन, आर एंड डी-इलेक्ट्रॉनिक्स सिस्टम, सिम्युलेटर व सूचना प्रौद्योगिकी समूह से संबंधित गतिविधियों में कार्यरत हैं।



वैश्विक ऊर्जा प्रणाली गहन परिवर्तन से गुजर रही है – जिसका कारण है OECD देशों और वैश्विक दक्षिण में बिजली की तेजी से बढ़ती मांग, स्वच्छ ऊर्जा की तात्कालिक आवश्यकता, तीव्र डिजिटलाइजेशन, और लचीले, विश्वसनीय ऊर्जा स्रोतों की बढ़ती मांग। इस पृष्ठभूमि में, स्मॉल मॉड्यूलर रिपक्टर (SMRs) एक आशाजनक नवाचार से बाजार-तैयार, कम-कार्बन ऊर्जा के प्रथम-प्रकार (FOAK) बुनियादी ढांचा परियोजनाओं में बदल गए हैं।

-विलियम डी. मैगबुड





चुंबकीय कण परीक्षण (एमपीटी)की हुई वस्तुओं के विचुंबकन की आवश्यकता

अखलेश दुबे, वैज्ञानिक अधिकारी-ई, (अनुभाग: गुणवत्ता आश्वासन)

सारांश

गैर-विनाशकारी परीक्षण (एनडीटी) दोषों का पता लगाने और उसके बाद उन्हें खत्म करने में बहुत महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है जो सामग्री की कार्यक्षमता या उपयोगिता को प्रभावित किए बिना उसके लिए हानिकारक होते हैं। किसी भी एनडीटी तकनीक की विश्वसनीयता तकनीक की विवेकपूर्ण समझ और उचित अनुप्रयोग पर निर्भर करती है क्योंकि प्रत्येक एनडीटी विधि के अपने लाभ और सीमाएँ होती हैं।

प्रत्येक एनडीटी विधि को कुछ अत्यावश्यक आवश्यकताओं के साथ प्रयुक्त किया जाना चाहिए जो एनडीटी प्रक्रिया के चरणों में लिखे गए हैं और यदि हम संकेत को समझने तक किसी भी आवश्यक चरण को निष्पादित करने में विफल रहते हैं, तो यह उपयोग की गई विधि की संवेदनशीलता को प्रभावित कर सकता है। उत्पाद के निरीक्षण के बाद कुछ चरण समान रूप से महत्वपूर्ण हैं जैसे पोस्ट क्लीनिंग और "चुंबकीय कण परीक्षण में विचुंबकीकरण"। यदि हम इन पोस्ट जॉब गतिविधियों को करने की अनदेखी करते हैं, तो यह उत्पाद के बाद के संचालन या उपयोग में बाधा उत्पन्न कर सकता है।

यह लेख एक ऐसी घटना का वर्णन करता है जो किसी वस्तु पर अनुभव की जा सकती है, यदि चुंबकीय कण परीक्षण के बाद कुछ अवशिष्ट चुंबकत्व वस्तु के साथ रहता है और यदि इसकी पहचान नहीं की जाती है तो गंभीर परिणाम हो सकते हैं। इस संदर्भ में, यह लेख "आर्क ब्लो के कारण एचपी स्टीम स्टॉप वाल्व के साथ मुख्य स्टीम लाइन के हुक-अप वेल्ड जॉइंट की वेल्डिंग" के दौरान आने वाली समस्या और इसके मूल कारण विश्लेषण व समाधान के बाद तैयार किया गया है।

परिचय

चुंबकीय कण परीक्षण विधि का उपयोग फेर्रोमैग्नेटिक सामग्रियों की सतहों पर दरारों और अन्य विसंगतियों का पता लगाने के लिए किया जाता है। संवेदनशीलता सतह की विसंगतियों के लिए सबसे अधिक होती है और सतह के नीचे विसंगतियों की गहराई बढ़ने के साथ तेज़ी से कम होती जाती है। इस विधि द्वारा पता लगाए जा सकने वाले विशिष्ट प्रकार की विसंगतियाँ दरारें, लैप्स, सीम, कोल्ड शट और लेमिनेशन हैं।

प्रणाली के अनुरूप, इस विधि में जांच किए जाने वाले क्षेत्र को चुंबकित करना और सतह पर फेर्रोमैग्नेटिक कण (जांच का माध्यम) लगाना शामिल है। कण पैटर्न सतह पर बनते हैं जहाँ चुंबकीय क्षेत्र को भाग से बाहर धकेला जाता है और असातत्य के

ऊपर रिसाव क्षेत्र का निर्माण होता है जो कणों को आकर्षित करता है। कण पैटर्न आमतौर पर उस असातत्य के प्रकार की विशेषता होते हैं जिसका पता लगाया जाता है।

किसी भाग में चुंबकीय फ्लक्स उत्पन्न करने के लिए जिस भी तकनीक का उपयोग किया जाता है, अधिकतम संवेदनशीलता फ्लक्स की रेखाओं के लंबवत उन्मुख रेखिक असंततताओं के लिए होगी। सभी प्रकार के दोषों का पता लगाने में इष्टतम प्रभावशीलता के लिए, प्रत्येक क्षेत्र की कम से कम दो बार जांच की जानी चाहिए, जिसमें एक जांच के दौरान फ्लक्स की रेखाएँ दूसरी जांच के दौरान फ्लक्स की रेखाओं के लगभग लंबवत होती हैं।

एमपीटी से जुड़ी एक समस्या यह है कि चुंबकीय कण परीक्षण पूरा होने के बाद, घटक को विचुंबकित करना आवश्यक है, क्योंकि एमपीटी के बाद चुंबकत्व की एक निश्चित मात्रा बनाए रहती है। सामग्री की चुंबकीय विशेषताओं जैसे पारगम्यता, धारणशीलता और बाध्यकारी बल आदि, घटक की ज्यामिति और लागू चुंबकीय क्षेत्र की ताकत के आधार पर, यदि इसे विचुंबकित नहीं किया जाता है तो यह बाद के संचालन, जैसे कि आइटम की वेल्डिंग या मशीनिंग में समस्या पैदा कर सकता है।

● समस्या का संक्षिप्त विवरण

राजस्थान परमाणु विद्युत परियोजना-7, भारत में, 118 मीटर की ऊंचाई पर स्थित टर्बाइन बिल्डिंग फ्लोर में, एचपी स्टीम स्टॉप वाल्व और मेन स्टीम लाइन के बीच वेल्ड जोड़ के लिए फिट-अप तैयार किया गया। यह जोड़ बेस मेटल P1 से बेस मेटल P1 (एएसएमई बीपीवीसी के अनुसार P1 सामग्री संरचना का नामकरण है) के बीच है। जोड़ का व्यास लगभग 750 एनबी है और दीवार की मोटाई लगभग 27 मिमी है।

जोड़ को 120 डिग्री सेल्सियस पर प्रीहीट किया गया, जिसके बाद वेल्डिंग (जीटीएडबल्यू प्रक्रिया का उपयोग करके) शुरू की गई। लेकिन आर्क ब्लो की समस्या के कारण वेल्डर मूल धातुओं को फ्यूज करने में असमर्थ था। वेल्डिंग रोक दी गई और वेल्डिंग पैरामीटरों की जांच की गई, जो संतोषजनक पाए गए। यह सुनिश्चित किया गया कि वेल्डिंग जोन के पास कोई हवा का बहाव न हो और आस-पास कोई अन्य कार्य न चल रहा हो। वेल्डिंग के दौरान प्रीहीटिंग कॉइल की बिजली आपूर्ति भी काट दी गई।



चूंकि वेल्डिंग मशीन में कोई खराबी नहीं थी, इसलिए मानवीय त्रुटि की संभावना को दूर करने के लिए वेल्डर को बदल दिया गया। लेकिन नया वेल्डर भी अच्छी वेल्ड करने में असमर्थ था। वेल्डर से मिली प्रतिक्रिया थी कि फिलर वायर भी वाल्व धातु के बेवल फेस की ओर खिंच रहा था। उन्होंने दिखाया कि फिलर वायर वाल्व (आधार सामग्री के चुंबकीयकरण के कारण) के बेवल कोने से अपनी नोक पर लटका हुआ था जो नीचे दी गई तस्वीर में दिखाया गया है।



चित्र 1: धातु का हैकसॉ ब्लेड और फिलर तार वाल्व के बेवल छोर से इसकी नोक पर लटका हुआ है

इससे यह अंदाजा लगाया जा सकता है कि वाल्व बॉडी में अवशिष्ट चुंबकत्व हो सकता है और वाल्व एवं पाइप की सतह पर कैलिब्रेटेड गॉस मीटर रखकर इसकी पुष्टि की गई। हालांकि पाइप बॉडी में कोई अवशिष्ट चुंबकत्व नहीं था, लेकिन गॉस मीटर ने वाल्व बॉडी में 10 से 20 गॉस की रेंज में चुंबकीय क्षेत्र दिखाया। चूंकि गॉस मीटर की रेंज + 20 से - 20 गॉस तक थी, इसलिए यह सटीक मान दिखाने में सक्षम नहीं था, लेकिन इसे निश्चित रूप से 20 गॉस से अधिक माना गया।

अब प्रश्न यह उठता है कि यह अवशिष्ट चुंबकीय क्षेत्र कहां से विकसित हुआ? इसका जवाब जानने के लिए, वाल्व के निर्माण की पृष्ठभूमि की जांच हिस्ट्री डॉकेट के माध्यम से की गई और पाया गया कि वाल्व बॉडी शॉप फ्लोर पर बहुत उच्च चुंबकीय शक्ति पर चुंबकीय कण परीक्षण से गुजरा था। साइट क्यूए और निष्पादन टीम ने निष्कर्ष निकाला कि अवशिष्ट चुंबकीय क्षेत्र वाल्व बॉडी के साथ बना रहा और यह वाल्व बॉडी में उच्च अवशिष्ट चुंबकीय क्षेत्र का कारण हो सकता है।

इस पूरी प्रक्रिया और स्थिति को साइट प्रबंधन के समक्ष प्रस्तुत किया गया, चर्चा के बाद, यह निर्णय लिया गया कि संबंधित क्षेत्र को विचुंबकित किया जाए।

● आर्क ब्लो

वेल्डिंग में आर्क ब्लो उस घटना से संदर्भित है जिसमें आर्क इच्छित पथ से विक्षेपित हो जाता है। यह वेल्ड की गुणवत्ता के

साथ समस्याएं पैदा कर सकता है, जैसे छिद्र, अत्यधिक छींटे और अपूर्ण मिश्रण।

वेल्डिंग में आर्क ब्लो उस घटना से संदर्भित है जिसमें आर्क इच्छित पथ से विक्षेपित हो जाता है। यह वेल्ड की गुणवत्ता के साथ समस्याएं पैदा कर सकता है, जैसे छिद्र, अत्यधिक छींटे और अपूर्ण मिश्रण।

आर्क, विक्षेपण धारा द्वारा उत्पादित चुंबकीय क्षेत्र के विरूपण के कारण हो सकता है, इसके माध्यम से:

- सामग्री में अवशिष्ट चुंबकत्व।
- पृथ्वी का चुंबकीय क्षेत्र।
- करंट रिटर्न केबल क्लैप (ग्राउंड केबल क्लैम) की स्थिति।

आर्क ब्लो के समाधान

- एम्परेज कम करें।
- आर्क की लंबाई कम रखें।
- डीसी के बजाय एसी का उपयोग करके वेल्ड करें।
- ग्राउंड केबल से दूर वेल्ड करें।
- आस-पास के चुंबकीय क्षेत्रों की उपस्थिति को खत्म करें।

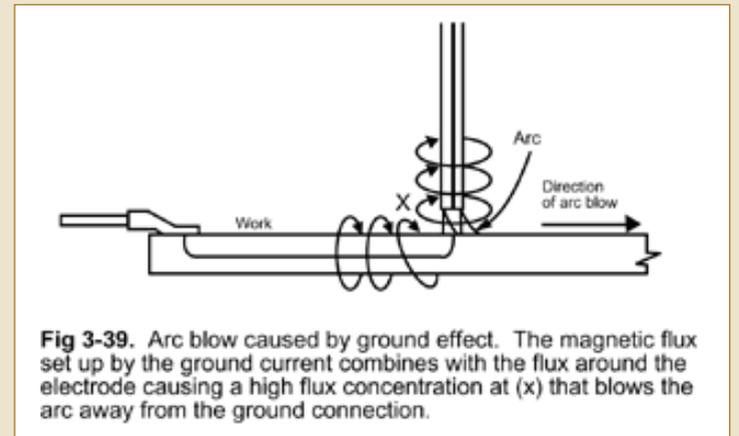
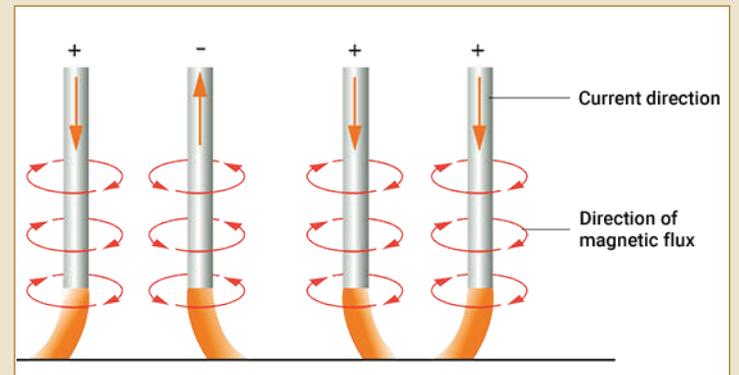


Fig 3-39. Arc blow caused by ground effect. The magnetic flux set up by the ground current combines with the flux around the electrode causing a high flux concentration at (x) that blows the arc away from the ground connection.



चित्र 2: आर्क ब्लो के समाधान

● अवशिष्ट चुंबकत्व

फेरोमैग्नेटिक सामग्री से निर्मित भागों में चुंबकीयकरण बल के संपर्क में आने के बाद एक निश्चित मात्रा में अवशिष्ट चुंबकत्व बना रहता है। यह क्षेत्र निम्नलिखित बातों पर निर्भर करता है:



- किसी विशेष सामग्री की चुंबकीय विशेषताएँ, यानी उच्च पारगम्यता या कम अनिच्छा।
- प्रयुक्त चुंबकीयकरण बल की ताकत।
- चुंबकीयकरण की दिशा; लंबवत या वृत्ताकार।
- भाग की ज्यामिति।

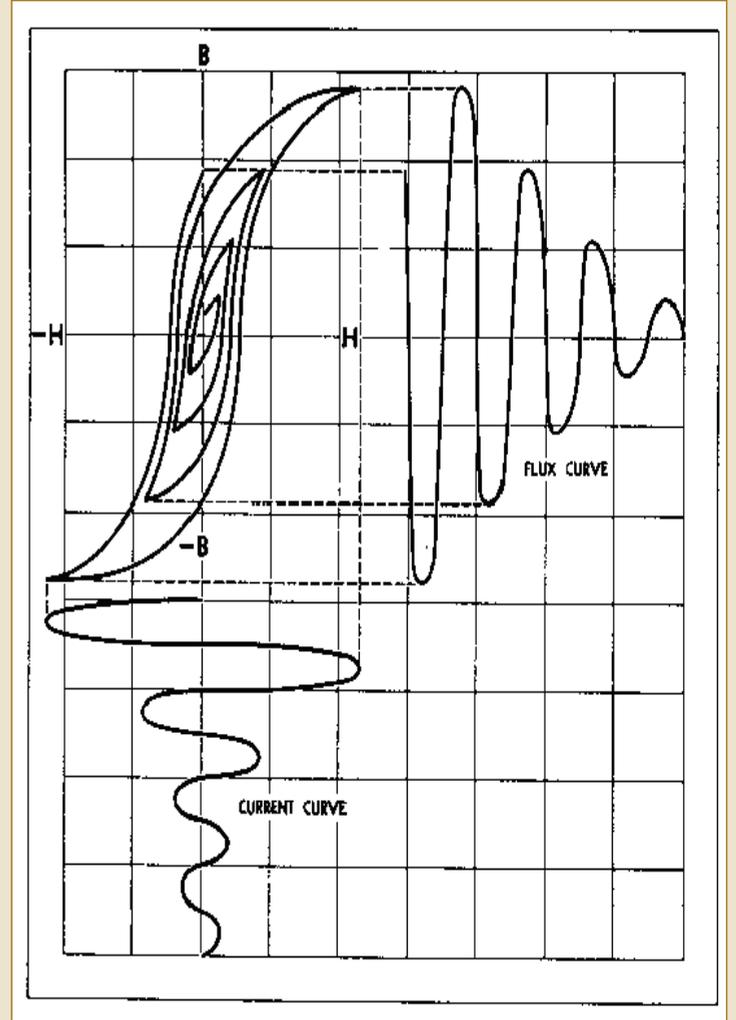
विचुम्बकन के उद्देश्य हैं

- अवशिष्ट चुंबकत्व बाद की मशीनिंग में बाधा उत्पन्न कर सकता है, जिससे सामग्री के मशीनी चिप्स घटक या उपकरण की सतह पर चिपक सकते हैं।
- इलेक्ट्रिक आर्क के साथ वेल्डिंग के दौरान, अवशिष्ट चुंबकत्व आर्क के विक्षेपण का कारण बन सकता है और उचित वेल्डिंग में बाधा उत्पन्न कर सकता है।
- चुंबकीय क्षेत्र के प्रति संवेदनशील नौवहन उपकरणों की कार्यप्रणाली, अवशिष्ट चुंबकत्व वाले फेरामैग्नेटिक घटकों की निकटता से प्रभावित होती है।
- अवशिष्ट चुंबकत्व गतिशील घटकों के कामकाज में बाधा उत्पन्न कर सकता है यदि उस पर बॉल बेयरिंग-रेस, गियर असेंबली आदि जैसे कोई चिप लगे हों और इससे तेजी से टूट-फूट हो सकती है।
- यह पेंटिंग और प्लेटिंग जैसे फिनिशिंग कार्यों को प्रभावित कर सकता है।
- घूर्णन घटकों में अवशिष्ट चुंबकीय क्षेत्र घटकों में अवांछित भंवर धारा पीढ़ी को प्रेरित कर सकता है।

● विचुम्बकन विधियाँ

सभी विचुम्बकन प्रक्रियाओं का आधार, चुंबकित वस्तु को लगातार प्रतिकूल चुंबकीय क्षेत्र के प्रभाव के अधीन करना है, जो धीरे-धीरे परिमाण में कम होता जाता है, जिससे वस्तु में क्षेत्र में संगत प्रतिकूलन और कमी होती है।

चित्र में ग्राफिक रूप से दिखाया गया है कि विधि कैसे काम करती है। चित्र के ऊपरी दाएँ भाग में वक्र हिस्टैरिसिस लूप को कम करने पर संकेतित भाग में प्रवाह को दर्शाता है। ग्राफ के निचले भाग में एक रिवर्सिंग करंट की साइन वेव या वक्र का उपयोग हिस्टैरिसिस लूप बनाने के लिए किया जाता है। जैसे-जैसे प्रत्येक रिवर्सल के साथ करंट का मान घटता जाता है, लूप सिकुड़ता जाता है और एक छोटा एवं छोटा पथ बनाता जाता है। जब करंट शून्य पर पहुँचता है तो भाग में अवशिष्ट क्षेत्र भी शून्य के करीब पहुँच जाता है।



चित्र 3: हिस्टैरिसिस वक्र (ऊर्ध्वाधर अक्ष-बी, क्षैतिज अक्ष-एच) से प्रक्षेपित विचुम्बकन फ्लक्स वक्र

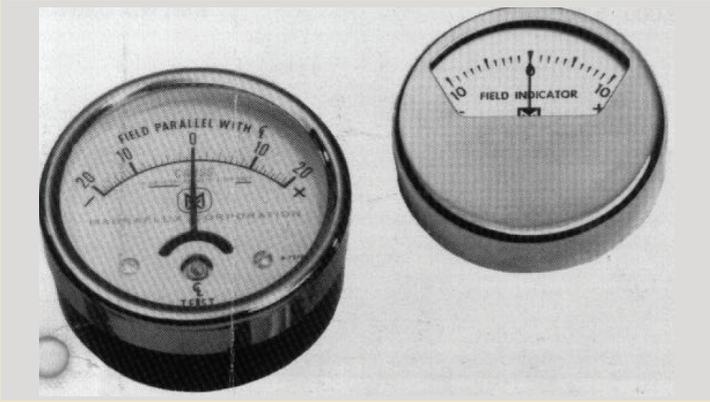
- **एसी या रिवर्सिंग डीसी विचुम्बकन:** भाग को कॉइल के अंदर छोड़ दें और एसी या रिवर्स डीसी धारा को शून्य तक कम करें, या भाग को कॉइल (स्थिर एसी धारा) के अंदर रखें और भाग को कॉइल से दूर ले जाएं, या कॉइल को भाग से दूर ले जाएं।
- **एसी या डीसी योक विचुम्बकन:** योक का उपयोग आमतौर पर छोटे भागों के विचुम्बकन के लिए किया जाता है।
- **कंपन:** परीक्षण के अंतर्गत भाग को संभावित क्षति के कारण विचुम्बकन का यह तरीका सुझावित नहीं है।
- **क्यूरी बिंदु तक गर्म करना:** जब लौहचुम्बकीय पदार्थों को 700° सेल्सियस से ऊपर ताप उपचारित किया जाता है या गर्म किया जाता है, तो अणु उत्तेजित हो जाते हैं और अपनी विचुम्बकीय अवस्था में वापस आ जाते हैं, जिससे भाग प्रभावी रूप से विचुम्बकीय हो जाता है।



● क्षेत्र सूचक

रिसाव क्षेत्र की सापेक्ष तीव्रता को क्षेत्र सूचक को भाग पर लाकर और सूचक के विक्षेपण को नोट करके मापा जाता है। विचुंबकीकरण की आवश्यक डिग्री को आमतौर पर अधिकतम क्षेत्र सूचक रीडिंग के रूप में निर्दिष्ट किया जाता है।

सुई की गति की मात्रा क्षेत्र की ताकत को इंगित करती है। कुछ प्रक्रिया विनिर्देश वांछित विचुंबकन की डिग्री निर्दिष्ट करने के लिए इस उपकरण का उपयोग करते हैं। वे अक्सर महत्वपूर्ण निरीक्षण के लिए अधिकतम दो डिवीजनों से कम एवं उन भागों के लिए पांच डिवीजनों से कम का सुझाव करते हैं जिनमें कुछ हद तक उच्च अवशिष्ट क्षेत्र को सहन किया जा सकता है। मीटर सुई के विक्षेपण की दिशा चुंबकीय क्षेत्र की ध्रुवता का प्रतिनिधित्व करती है।



चित्र 4: क्षेत्र सूचक

● वाल्व बॉडी के बेवल भाग का विचुंबकन

ऊपर बताई गई विचुंबकन विधि में से हमने एसी करंट कॉइल विधि द्वारा विचुंबकन का विकल्प चुना क्योंकि अन्य विधियाँ व्यवहार्य नहीं थीं। भाग का विचुंबकन निम्नलिखित चरणों में किया गया:

- वाल्व बॉडी को हाथ से पकड़े जाने वाले वायर ब्रश से साफ किया गया।
- वाल्व बॉडी के बगल वाले बेवल भाग (दो मोड़) के चारों ओर एक कॉइल लपेटा गया।
- लगभग 2500 एम्पियर परिमाण का एसी करंट लगाया और धीरे-धीरे करंट को शून्य तक कम किया।
- प्रत्येक चक्र के बाद, गॉस मीटर से अवशिष्ट चुंबकीय क्षेत्र की जाँच की गई।
- 6 दोहराए गए चक्रों के बाद चुंबकीय क्षेत्र 3 गॉस से कम हो गया। अवशिष्ट चुंबकीय क्षेत्र में कमी के बाद, जोड़ को पहले से गरम किया गया और वेल्डर आर्क ब्लो की समस्या के बिना वेल्डिंग करने में सक्षम था। वेल्डिंग के बाद रेडियोग्राफी निरीक्षण किया गया और कोई संबंधित संकेत नहीं देखा गया।

● इस घटना से सीख

- चुंबकीय कण परीक्षण (एमपीटी) के अधीन किसी भी उपकरण/पाइपिंग को परीक्षण के बाद अनुमोदित प्रक्रिया के अनुसार विचुंबकित किया जाएगा और संबंधित एमपीटी रिपोर्ट में इसका उल्लेख किया जाएगा।
- ऐसी आर्क ब्लो स्थिति में एक अच्छा वेल्ड बनाना हमेशा मुश्किल होता है।
- जब भी किसी वेल्डर को कोई कठिनाई हो रही हो, तो उसका सटीक कारण पहचाना जाना चाहिए और उसके अनुसार सुधारात्मक कार्रवाई की जानी चाहिए।

आभार

लेखक अधिशासी निदेशक (क्यूए) और क्यूएडी, परियोजना निदेशक, आरएपीपी- 7 व 8, मुख्य अभियंता (क्यूए), एसीई (क्यूए) और पीई (क्यूए), आरएपीपी- 7 व 8, आरआर साइट के प्रति अपना हार्दिक आभार व्यक्त करता है, जिन्होंने इस लेख को लिखने में निरंतर सहयोग और प्रेरणा दी। वे इस कार्य को पूरा करने में निमण क्यूए टीम, बोटिप-निष्पादन और एल एंड टी पावर टीम के सहयोग के प्रति भी आभारी हैं।

संदर्भ

- एएसएमई- अमेरिकन सोसाइटी ऑफ मैकेनिकल इंजीनियर (बी.पी.वी.सी)। सेक्शन-V।
- लिक्विड पेनेट्रेट और मैग्नेटिक पार्टिकल टेस्टिंग पर आईईईए-टीईसीडीओसी।
- इंटरनेट से साहित्य।



श्री अखलेश दुबे (वैज्ञानिक अधिकारी/ई), मैकेनिकल इंजीनियरिंग में बी.ई. हैं और वर्ष 2016 में एनपीसीआईएल के प्रशिक्षण विद्यालय के 23वें बैच में शामिल हुए। प्रशिक्षण सफलतापूर्वक पूरा करने के बाद, उन्हें राजस्थान परमाणु विद्युत परियोजना 7 व 8 में निमण क्यूए समूह में नियुक्त किया गया। वे बैलेंस ऑफ टर्बाइन आइलैंड पैकेज, आईडीसीटी पैकेज, अतिरिक्त ठंडा पानी संयंत्र पैकेज, कॉमन सर्विसेज पैकेज, डब्ल्यूएमपी और यूजीपी पैकेज, एसएफएसबी/टीएलबी लाइनर डरेक्शन और एनडीसीटी व सीडब्ल्यूपीएच पैकेज से संबंधित गुणवत्ता आश्वासन गतिविधियों के लिए उत्तरदायी थे। उन्होंने प्री-सर्विस इंस्पेक्शन (पीएसआई) और फ्लो एक्सेलेरेटेड कोरोजन (एफएसी) प्रोग्राम पूरा करने में महत्वपूर्ण योगदान दिया है। उनके पास वीटी, पीटी, एमटी, ईटी, आरटीएफआई और यूटी विधियों में आईएसएनटी एनडीटी योग्यता स्तर II है।





दो पारंपरिक गैर-विनाशकारी परीक्षण (एनडीटी) विधियों द्वारा दोष का पता लगाने और उसकी गंभीरता निर्धारित करने पर एक अध्ययन

अनंत कुमार जैन, तकनीकी अधिकारी / ई. दिपंकर बेज़, अपर मुख्य अभियंता व प्रमुख गुणवत्ता आश्वासन, (अनुभाग: गुणवत्ता आश्वासन)

परिचय

रिएक्टर प्रचालन के "ऑन-पावर" मोड पर होने पर प्राथमिक ऊष्मा परिवहन (पीएचटी) प्रणाली का उपयोग रिएक्टर कोर से भाप जनरेटर तक ऊष्मा स्थानांतरित करने के लिए किया जाता है, पीएचटी प्रणाली में कई महत्वपूर्ण उपकरण और पाइपिंग शामिल हैं। यह प्रणाली, पाइपों और वेल्डिंग प्रक्रियाओं द्वारा विभिन्न उपकरणों के साथ पाइपों को जोड़कर बनाई गई है। इन सभी वेल्डिंग जोड़ों का परीक्षण विभिन्न गैर-विनाशकारी परीक्षण विधियों जैसे रेडियोग्राफी परीक्षण (आरटी), अल्ट्रासोनिक परीक्षण (यूटी), पेनेट्रेंट परीक्षण (पीटी), चुंबकीय कण परीक्षण (एमपीटी) और दृश्य परीक्षण (वीटी) के साथ किया जाता है। इन सभी परीक्षण विधियों को निर्माण प्रक्रिया से अपेक्षित दोषों के प्रकार, दोषों का पता लगाने और उनका आकार निर्धारित करने के लिए एनडीटी विधियों की क्षमताओं और अनुप्रयोग की व्यवहार्यता के आधार पर लागू किया जाता है।



चित्र 1: (पाइप लाइन में वेल्ड जोड़)

यह लेख राजस्थान परमाणु ऊर्जा परियोजना इकाई-8, जो कि स्वदेशी रूप से विकसित 700 मेगावाट क्षमता वाला भारतीय दाबित भारी पानी रिएक्टर है, के परमाणु पाइपिंग सिस्टम के वेल्ड जोड़ के निरीक्षण के दौरान प्राप्त अनुभव के आधार पर तैयार किया गया है।

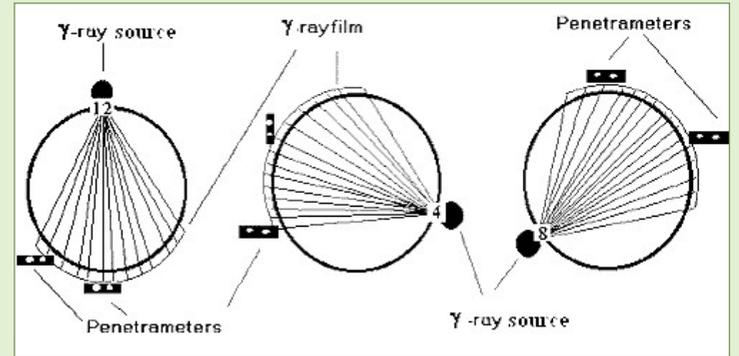
पाइपिंग जोड़ को गैस टंगस्टन आर्क वेल्डिंग प्रक्रिया और उसके बाद शील्लेड मेटल आर्क वेल्डिंग प्रक्रिया द्वारा इंसर्ट, रूट और उसके बाद के दो पास के साथ वेल्डेड (चित्र 1) किया गया था।

वेल्डिंग पश्चात निरीक्षण

वेल्ड जोड़ का निरीक्षण दृश्य और सतह (एमपीटी) द्वारा रूट और अंतिम वेल्ड की गैर-विनाशकारी जांच द्वारा किया गया था। विनिर्देश की आवश्यकता के अनुसार अंतिम वेल्ड का भी वॉल्यूमेट्रिक (रेडियोग्राफी) परीक्षा द्वारा निरीक्षण किया गया था।

रेडियोग्राफी में प्रयुक्त तकनीक

जोड़ को वेल्ड किया गया और वेल्ड जोड़ की ड्रेसिंग के बाद, डबल वॉल सिंगल इमेज तकनीक द्वारा वेल्ड जोड़ पर रेडियोग्राफी जांच की गई। रेडियोग्राफी स्रोत को वेल्ड के संपर्क में रखा गया और फिल्म को स्रोत (चित्र 2) के बिल्कुल विपरीत दिशा में रखा गया।



चित्र 2: (वेल्ड जोड़ पर रेडियोग्राफी स्रोत और फिल्म का स्थान)

रेडियोग्राफी के लिए स्वीकृति मानदंड

एसएमई कोड, सेक्शन III वर्ग 1, वर्ग 2 और वर्ग 3 घटकों और एसएमई सेक्शन VIII भाग 1 घटकों के अनुसार पूर्ण रेडियोग्राफी के लिए वेल्ड के लिए स्वीकृति मानक नीचे दिए गए हैं:

वेल्ड के रेडियोग्राफ पर दिखाए गए और अपूर्णताओं के रूप में चिह्नित निम्नलिखित प्रकार के संकेत निम्नलिखित स्थितियों के तहत अस्वीकार्य हैं:



(ए) दरार या अपूर्ण संलयन या प्रवेश के क्षेत्र के रूप में चिह्नित कोई भी संकेत।

(बी) कोई अन्य लम्बा संकेत जिसकी लम्बाई इससे अधिक हो:

- 1/4 इंच (6 मिमी) टी से 3/4 इंच (19 मिमी) तक, सहित
- 3/4 इंच (19 मिमी) से 2 1/4 इंच (57 मिमी) तक टी के लिए 1/3 टी सहित

3/4 इंच (19 मिमी) टी से अधिक 2 1/4 इंच (57 मिमी) के लिए जहाँ टी वेल्ड के पतले हिस्से की मोटाई है;

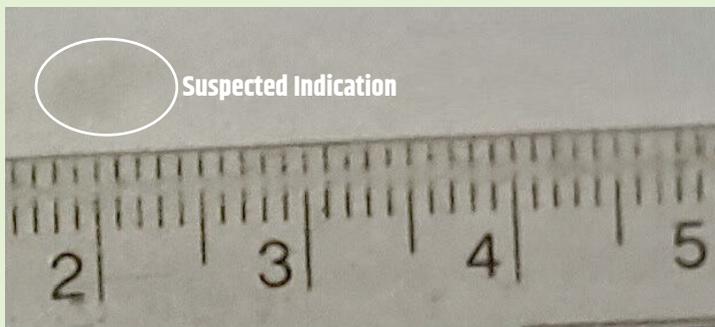
(सी) रेडियोग्राफ में संकेतित घनत्व परिवर्तन या छवि चमक अंतर आकस्मिक न होने पर आंतरिक रूट वेल्ड स्थितियाँ स्वीकार्य हैं है; ऐसी स्थितियों के किसी भी सिरे पर रेडियोग्राफ पर लम्बे संकेत अस्वीकार्य होंगे, जैसा कि ऊपर (बी) में दिया गया है;

(डी) संरेखित संकेतों का कोई भी समूह जिसकी कुल लंबाई 12 टी में टी से अधिक हो, जब तक कि क्रमिक संकेतों के बीच न्यूनतम दूरी 6एल से अधिक न हो, जिस स्थिति में कुल लंबाई असीमित होती है, एल सबसे बड़े संकेत की लंबाई होती है;

(ई) एएसएमई सेक्शन - VIII भाग 1 अनिवार्य परिशिष्ट 4 के अनुसार स्वीकार्य दर्शाई गई लंबाई से अधिक गोल संकेत।

रेडियोग्राफी परीक्षा का परिणाम

वेल्ड जोड़ को दृश्य और सतह (एमपीटी) द्वारा रूट और अंतिम वेल्ड की सभी जांच में स्वीकार किया गया था। रेडियोग्राफी फिल्म प्रस्तुतीकरण (चित्र 3) के दौरान, विस्तारित संकेत को "स्लैंग समावेशन" के रूप में चिह्नित किया गया था और स्लैंग समावेशन की लंबाई को एएसएमई सेक्शन III भाग एनबी के अनुसार स्वीकार्य आकार (6 मिमी) के भीतर रेडियोग्राफी परीक्षा में अनुमानित किया गया था, यानी, उल्लिखित स्वीकृति मानदंड बिंदु संख्या (बी) के अनुसार, विस्तारित संकेत (स्लैंग) को स्वीकार किया गया था।



चित्र 3 : (रेडियोग्राफी फिल्म पर दिखाई देने वाला संकेत)

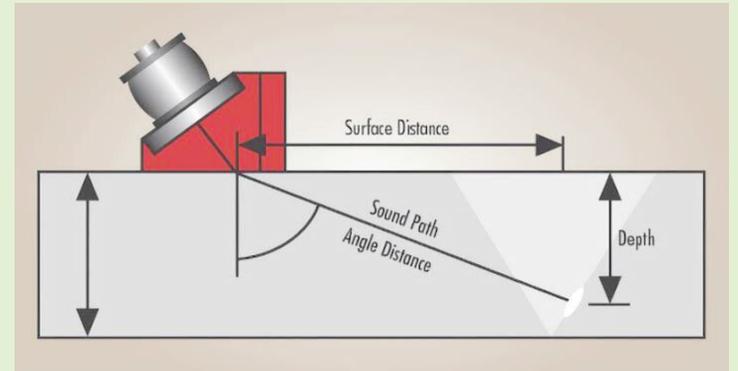
वेल्ड जोड़ का पूर्व-सेवा निरीक्षण (पीएसआई)

संयंत्र की प्रणालियों, संरचनाओं और घटकों (एसएससी) का किसी भी गिरावट के संकेत के लिए मूल्यांकन किया जाना चाहिए ताकि चल रहे सुरक्षित प्रचालन के लिए उनकी उपयुक्तता निर्धारित की जा सके या सुधारात्मक कार्रवाई की आवश्यकता की पहचान की जा सके। सुरक्षा में उनकी महत्वपूर्ण भूमिका के कारण प्राथमिक और द्वितीयक शीतलक प्रणालियों के भीतर दबाव सीमाओं की जांच पर विशेष ध्यान केंद्रित किया जाता है।

सेवाकालीन निरीक्षण (आईएसआई) का उद्देश्य किसी भी गिरावट की पहचान करना है, जिससे बेसलाइन डेटा स्थापित करना महत्वपूर्ण हो जाता है। सेवा-पूर्व निरीक्षण (पीएसआई) प्लॉट के स्टार्ट-अप से पहले सभी एसएससी के लिए आयोजित किया जाता है, जिन्हें आईएसआई के दौरान भविष्य के निरीक्षणों के अधीन किया जाएगा। प्रचालन शुरू होने से पहले एसएससी के लिए पीएसआई के परिणाम बाद के आईएसआई में तुलना के लिए आवश्यक बेसलाइन डेटा प्रदान करते हैं। इस तुलना को सुविधाजनक बनाने के लिए, यह महत्वपूर्ण है कि पीएसआई के दौरान उपयोग की जाने वाली गैर-विनाशकारी परीक्षण (एनडीटी) तकनीकों आईएसआई के दौरान नियोजित तकनीकों के यथासंभव समान हों।

वेल्ड जोड़ के पीएसआई के दौरान दृश्य, सतह (एमपीटी) और वॉल्यूमेट्रिक (अल्ट्रासोनिक) जांच की गई दृश्य और सतही जांच में वेल्ड को स्वीकार कर लिया गया।

एंगल बीम पल्स इको मैनुअल संपर्क तकनीक का उपयोग उसी वेल्ड जोड़ (चित्र-1) के सेवा-पूर्व निरीक्षण के दौरान अल्ट्रासोनिक परीक्षण (चित्र-4) के लिए किया गया। दीर्घ संकेत पाया गया और संकेत को ग्राफ पर अंकित किया गया (चित्र 5)। संकेत की गहराई ऊपर से 7-8 मिमी थी। संकेत की लंबाई 6 मिमी गहराई से अधिक थी और नीचे उल्लिखित बिंदु संख्या (1) के अनुसार स्वीकार नहीं की गई।



चित्र 4: अल्ट्रासोनिक जांच तकनीक का प्रतिनिधित्व चित्र

अल्ट्रासोनिक परीक्षण के लिए स्वीकृति मानदंड

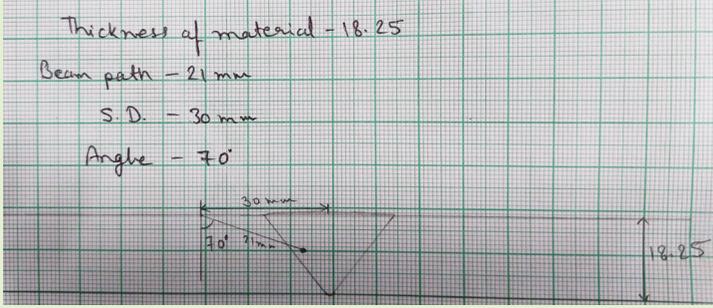
- यदि संकेत, संदर्भ स्तर के आयाम से अधिक हो और लंबाई निम्न से अधिक हो तो अपूर्णताएं अस्वीकार्य हैं:
 - (1) 1/4 इंच (6 मिमी) टी से 3/4 इंच (19 मिमी) तक, सहित
 - (2) 3/4 इंच (19 मिमी) टी से 2 1/4 इंच (57 मिमी) तक के टी के लिए 1/3 टी
 - (3) 3/4 इंच (19 मिमी) टी से 2 1/4 इंच (57 मिमी) तक, सहित जहां टी जांचे जा रहे वेल्ड की मोटाई है; यदि वेल्ड वेल्ड पर अलग-अलग मोटाई वाले दो वस्तुओं को जोड़ता है, तो टी इन दो मोटाई में से पतला है।
- दरारें, सम्मिश्रण की कमी, या अपूर्ण प्रवेश जैसे संकेत लंबाई की परवाह किए बिना अस्वीकार्य हैं।



अल्ट्रासोनिक परीक्षण के परिणाम

अल्ट्रासोनिक जांच में एक दोष देखा गया। दोष का आकार पारंपरिक अल्ट्रासोनिक जांच (चित्र 4) द्वारा किया गया और ग्राफ पेपर (चित्र 5) पर अंकित किया गया। दोष की लंबाई 6 मिमी से अधिक पाई गई और एएसएमई अनुभाग III भाग एनबी के अनुसार स्वीकार्य नहीं पाई गई, यानी, संकेत की लंबाई 6 मिमी से अधिक थी और (1) के उल्लिखित स्वीकृति मानदंड बिंदु संख्या (ए) के अनुसार स्वीकार्य नहीं थी।

इसके बाद जोड़ की मरम्मत की गई और एनडीटी परीक्षण दोबारा किए गए, जो उपयोग के लिए स्वीकार्य पाए गए।



चित्र 5: यूटी द्वारा पता लगाए गए संकेत का प्लॉटिंग

निष्कर्ष

पारंपरिक रेडियोग्राफी में संकेत की लंबाई फिल्म पर देखे गए कंट्रास्ट के अनुसार एक छोर से दूसरे छोर तक संकेत चिह्न के सीधे माप द्वारा की गई थी और पारंपरिक अल्ट्रासोनिक जांच में लंबाई को 6डीबी ड्रॉप विधि द्वारा मापा गया था। पारंपरिक रेडियोग्राफी में मापी गई संकेत लंबाई छोर पर संकेत की कमी के कारण कम हो सकती है और फिल्म (चित्र 3) पर दिखाई देने वाले कंट्रास्ट तक मापी जा सकती है। इसलिए, जब एक वॉल्यूमेट्रिक परीक्षा द्वारा दोषों के आकार पर संदेह होता है, तो वैकल्पिक वॉल्यूमेट्रिक परीक्षा को अपनाया जाना चाहिए।

आभार

लेखक एनपीसीआईएल, मुख्यालय, मुंबई के कार्यकारी निदेशक (क्यूए) और क्यूएडी, परियोजना निदेशक, मुख्य अभियंता (क्यूए-निर्माण), आरएपीपी-7 व 8, आरआर साइट के अतिरिक्त मुख्य अभियंता (क्यूए-निर्माण) के प्रति उनके निरंतर समर्थन, बहुमूल्य मार्गदर्शन और प्रेरणा के लिए आभारी हैं, जिन्होंने “दो पारंपरिक गैर-विनाशकारी परीक्षण (एनडीटी) विधियों रेडियोग्राफी परीक्षण (आरटी) और अल्ट्रासोनिक परीक्षण (यूटी) द्वारा दोष का पता लगाने और आकार निर्धारण पर एक अध्ययन” के कार्य के दौरान सहयोग दिया। हम एनपीसीआईएल को उनके अथक सहयोग के लिए निर्माण क्यूए और निष्पादन टीम के भी आभारी हैं।

संदर्भ

- रेडियोग्राफी और पीएसआई यूटी के लिए एनपीसीआईएल प्रक्रियाएं। पीएसआई कार्यक्रम के लिए दस्तावेज।
- एएसएमई- अमेरिकन सोसाइटी ऑफ मैकेनिकल इंजीनियर (बी.पी.वी.सी.)। सेक्शन-III, V और IX।
- एएसटीएम- अमेरिकन सोसाइटी फॉर टेस्टिंग मैटेरियल



श्री अनंत कुमार जैन (तकनीकी अधिकारी/ई), मैकेनिकल इंजीनियरिंग में बी.ई. ग्रेजुएट हैं और अक्टूबर 2013 में आरएपीपी-7 और 8, आरआर साइट रावतभाटा, राजस्थान में एनपीसीआईएल में शामिल हुए। उन्हें क्यूए निर्माण समूह में नियुक्त किया गया था। चूंकि वे प्राथमिक पाइपिंग प्रणालियों से संबंधित क्यूए कार्यों

को निष्पादित करने वाले क्यूए निर्माण समूह में काम कर रहे हैं, उन्होंने प्राथमिक पाइपिंग प्रणालियों के आरएपीपी-7 व 8 के संरचना, स्थापन, परीक्षण और सेवा-पूर्व निरीक्षण के दौरान गुणवत्ता बनाए रखी। एनडीटी भागीदारी के साथ उनका अनुभव 11 वर्ष से अधिक है। उन्होंने यूटी में आईएसएनटी स्तर III योग्यता और वीटी, एमटी, पीटी, एलटी और आरटीएफआई में स्तर II पूरा किया।



श्री दिपंकर बेरा (वैज्ञानिक अधिकारी/जी), मैकेनिकल इंजीनियरिंग में बी.टेक हैं और वर्ष 2001 में एनपीसीआईएल के प्रशिक्षण स्कूल के 10वें बैच में शामिल हुए। प्रशिक्षण के सफल समापन के बाद, उन्हें कैगा जनरेटिंग स्टेशन -1 व 2 में ओ एंड एम में नियुक्त किया गया। शुरुआत में उन्होंने एक वर्ष से अधिक समय तक ऑपरेशन में एक

फिल्ड इंजीनियर के रूप में काम किया और फिर उसी संयंत्र के फ्यूल हैंडलिंग सेक्शन (एफएचएस) में एक मैकेनिकल मेंटेनेंस इंजीनियर के रूप में नियुक्त हुए। उन्हें एफएचएस रखरखाव और प्रचालन में लगभग 10 वर्षों का अनुभव है। उन्होंने एफएचएस में कंट्रोल इंजीनियर (एफ) और सहायक शिफ्ट चार्ज इंजीनियर (एफ) के रूप में भी काम किया है। वर्ष 2011 के नवंबर में, उन्हें क्यूएडी, मुख्यालय, मुंबई में स्थानांतरित कर दिया गया और उन्होंने गुणवत्ता निगरानी (क्यूएस) इंजीनियर के रूप में काम करना शुरू कर दिया। इसके बाद, वे क्षेत्रीय क्यूए केंद्र, कोलकाता में नियुक्त हुए और 2019 से जुलाई, 2023 तक क्यूए प्रमुख के रूप में काम किया, उनके पास 12 से अधिक वर्षों के लिए विनिर्माण क्षेत्रों में क्यूएस गतिविधियों का समेकित अनुभव है। वर्ष 2023, जुलाई में उन्हें परियोजना अभियंता (क्यूए) के रूप में राजस्थान परमाणु विद्युत परियोजना (आरएपीपी) - 7व8, आरआर साइट, रावतभाटा, राजस्थान में स्थानांतरित कर दिया गया, वर्ष 2024 में उन्हें अपर मुख्य अभियंता (क्यूए) के रूप में फिर से नामित किया गया। उनके पास यूटी, पीटी, एमपीटी एनडीटी विधियों में आईएसएनटी स्तर III योग्यता और आरटी, एलटी, वीटी एनडीटी विधियों में स्तर II योग्यता है।





प्राकृतिक प्रवात शीतलन टावर्स (एनडीसीटी) - 7ए व 7बी
Natural Draft Cooling Towers (NDCT) - 7A & 7B





कैलेंड्रिया ट्यूब (सीटी) का संस्थापन
Calandria Tube (CT) installation



700 मेगावाट का टर्बाइन हॉल
Turbine hall of 700 MWe



Decoding Nuclear Governance: Effective Oversight On Rajasthan Atomic Power Project (RAPP) - 7

Arindam Pal, Additional Chief Engineer (Section: PHWR, projects)

Prologue

The construction and commissioning of a new nuclear power reactor are intertwined phases that demonstrate the facility's compliance with design and operational requirements. The commissioning phase represents a progressive transition from construction to operation and involves the participation of various stakeholders; including designers, construction teams, regulators, manufacturers, commissioning and operating teams. It includes verifying systems, structures, and components (SSCs), collecting baseline data for future reference, conducting trials and performing tests.

During the construction and commissioning phases of the Rajasthan Atomic Power Project Unit 768 (RAPP-768), a major activity under the banner of "Oversight Meeting" was undertaken jointly by the Projects and Operations Directorate. Recognizing the dynamic situations during commissioning and providing effective guidance was the aim of this corporate oversight activity. Oversight on the commissioning of RAPP 768 focused on a broad spectrum of topics; including planning, design, procurement, construction, erection, commissioning, finance, budgeting, policy and human resources.

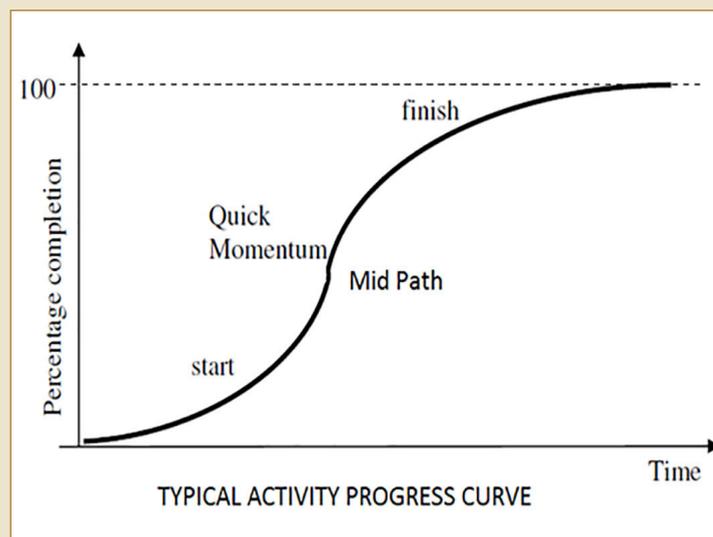
The oversight team comprised senior officials from NPCIL Management, Project (HQ and site), Design, Field Engineering (FE), Procurement, Operations, Quality Assurance (QA), Contracts and Material Management (CMM) and Regulatory Interface (RI). They were entrusted with overseeing and guiding the overall progress of the RAPP-768 project.

This article attempts to outline the activities observed during various oversight review processes, the lessons learned and aims for knowledge transfer to future commissioning activities.

Milestone Monitoring & Work Breakdown Structure (WBS)

Oversight activity followed a Milestone-Based Activity Monitoring model, which reviews actual progress compared to baseline planned network and milestones therein. For any Pressurized Heavy Water Reactor (PHWR) Project, common Milestones are Siting Consent, Excavation Clearance, First Pour of Concrete (FPC), Integrated Leakage Rate Test (ILRT), Hydro

test, Hot-Conditioning (HC), Initial Fuel Loading (IFL), Criticality, Low-Power Physics Experiments (LPPE), sequential power rise, Synchronization and Commercial Operation (CO). Any activity milestone has three distinct phases – Start, mid path and finish. During the Oversight process, actual progress of various phases w.r.t. planned momentum for Activity Milestones (also known as Hold Points) and some sub-milestones (which are not regulatory check points but are vital in approaching the targeted completion) were reviewed. Whenever required, these milestones were further detailed out in Agenda Points of discussion, which were modeled after Work Breakdown Structure (WBS) of a Project Management Process. Cornerstones of Milestone Monitoring were formed by:



Application of Previous Commissioning Experience into Present Project:

By taking advantage of team members from all spectrums of Nuclear Power, commissioning experience and expertise of other reactors were shared during Oversight activities. A major lesson learned was that timely sharing of commissioning experience facilitates the expedited design finalization and commissioning of future reactors. Further, sharing construction feedback through a Projects Directorate database will prove beneficial for future projects.



Overview of Construction, Erection and Procurement Hold Points and mitigation of bottlenecks:

In this aspect, the oversight team held discussions to address bottlenecks in construction and procurement, emphasizing the necessity of integration of project & procurement pace through concepts like Just-in-Time (JIT).

Key issues identified:

- Shortage of skilled work force during construction and final commissioning stages.
- Shortage of essential components and materials during construction and commissioning stages.
- Increased time for design and regulatory clearances for the First of a Kind (FOAK) 700 MW systems.

Major lessons learnt during this activity were:

- Applying JIT for material is essential to avoid delays in the project. This requires day to day joint coordination by Procurement and Execution teams.
- Applying JIT for deployment of skilled manpower from other stations and projects for a specific activity or group of activities for certain duration can prove to be extremely beneficial for a project. A centralized database of such teams can be made and roped in as per need.
- Escalation of issues by NPCIL management to higher officials of the Vendors for a hard push was very effective to resolve some of the bottlenecks.
- Identifying idle times and optimizing timeline of activities, wherever possible, was effective in containing the delay.
- Round Table spot decision by all stakeholders was very effective. On the spot confirmation by respective designers, Construction Engineers and Commissioning Engineers on various bottleneck issues expedited the process. It also resulted in increased clarity on responsibilities of individual engineers to peer groups / self.
- Resolution of payment issues with concerned HQ / Site Groups, CMM & Finance Groups helped project progress.
- Material loans / adjustment initiatives with other units at Site or with other nearby sites helped to maintain the execution speed.
- Keeping in mind the factor of competency / equivalence of replacement systems and spares as per prevailing market availability will be helpful in future projects.
- Integrity check of completed activities by upstream/downstream

commissioning teams detects issues in time, if any.

Review of Configuration Management w.r.t Design Change:

In this aspect, discussions centered on design changes and their implementation as per approved procedures like Configuration Control for Nuclear Power Projects and their due inclusion in documentation like Preliminary Safety Analysis Report (PSAR), Final Safety Analysis Report (FSAR), Commissioning Procedures, Test Procedures, Licensing Documentations, etc.

A major lesson learnt during this activity was that the design modification are to be carried out in a controlled and timely manner so that all design changes are implemented before the commissioning tests and are incorporated in all the relevant documentations.

Review of Progress with respect to Regulatory Inspection Hold Points (RHP):

In this aspect, discussions centered on status of tests and documentations as per prescribed regulatory requirements for acceptance of RHPs. Most common Hold Points of PHWR (Pressurized Heavy Water Reactor) Commissioning are IFL, FAC (First Approach to Criticality) and Power Tests for which detailed Oversight activities are required.

A major lesson learnt during this activity was timely communication between the Regulatory Interface (RI) Team and Commissioning Team ensures speedy release of RHPs.

Dealing with / Guidance on unexpected outcomes:

During the discussions, major unexpected outcomes of established processes were also noted and Root Cause Analysis was reviewed. The discussions centered on identification and reporting of the issue, brainstorming on the possible solutions, inspection and testing, QA and implementation of the final solution.

A major lesson learnt during this review was that Root Cause Analysis (RCA) and strong working-level communication between field officials, inspectors and designers are critical for addressing unexpected issues promptly.

Overview of Test Results and IV&V (Independent Verification & Validation):

In this aspect, discussions centered on timely conduction of tests and submission of their expected results for Regulatory approval. A major lesson learnt during this review was preparation of an action plan on IV&V and bifurcating hold points for respective Design & IV&V Teams, which accelerated completion of IV&V Process.

Oversight of Prevailing Safety Culture:

The discussions centered on graded approach on safety culture, periodic assessments, need for education and event reporting.



Oversight on status / preservation of equipments and spares:

The discussions centered on need for maintaining supplied / installed equipment and their spares at site. Oversight activities also reviewed the status of equipment preservation housing, availability of spares and availability of various technical specifications for future procurement of equipment, consumables and other materials.

A major lesson learnt during this review was that long preservation period due to commissioning delays can lead to issues. Ensuring the availability of technical specifications for future procurement is also crucial.

Conclusion

Constructing a nuclear power plant demands unparalleled engineering, safety, and project management skills. The corporate oversight process ensures effective governance & integrity of such complex projects. By fostering transparency, teamwork and a culture of continuous

improvement; corporate oversight mechanisms plays a pivotal role in project progress. As nuclear energy continues to be a vital component of sustainable energy transition, strong governance is essential for delivering safe, reliable, and sustainable power to future generations.

Reference

- Construction for Nuclear Installations, IAEA - SSG - 38
- Regulatory Oversight of the Commissioning Phase for New Nuclear Reactors, OECD - NEA/CNRA/R(2017)8
- Oversight Procedure 20 - Project Management Plan Review by DOT Federal Transit Administration, USA



SHRI ARINDAM PAL (Scientific Officer/G), has a background in infrastructure design and project management, with 29+ years of domain experience. His recent contributions include project interface, coordinating oversight activities for projects under construction, supporting the NPCIL Board Subcommittee for monitoring of projects and handling the Earned Value Management System for PHWR project sites. Additionally, he has authored procedures for projects and a model document on project management for 700 MW PHWR projects. He is also a coordinator and faculty member for the Project Management Course for NPCIL and BARC Training Schools.



The global energy system is undergoing a profound transformation – driven by rapidly growing demand for electricity in both Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) countries and the Global South, the urgent need for clean energy, rapid digitalization and a growing demand for resilient, dispatchable power sources. Against this backdrop, small modular reactors (SMRs) have advanced from a promising innovation to market-ready, low-carbon energy First-Of-A-Kind (FOAK) infrastructure projects.

–William D. Magwood





Highlights & Novel Features of Electrical Systems of Rajasthan Atomic Power Project (RAPP)-7&8

Tarun Mohan Joshi, Additional Chief Engineer, **M. Ananthachari**, Additional Chief Engineer, **Shakti Prasad Panda**, Additional Chief Engineer, **Kumud Murdia**, Additional Chief Engineer & Head (Electrical Design), (Section: Electrical Design)

Rajasthan Atomic Power Project (RAPP)-7&8 are the first 700 MWe twin units at the Rajasthan site. Electrical systems of 700MWe have evolved from earlier plants (220 MWe and 540 MWe PHWRs) based on technological advances in industry, National & International Nuclear Power Plant (NPP) operating experiences and revised regulatory guidelines. Similar design and systems have been utilised in Kakrapar Atomic Power Project (KAPP-3&4), Gujarat also. Some of the important highlights and novel features of Electrical Systems are presented in this paper.

400 kV and 220 kV Extra High Voltage (EHV) Switchyards

Conventional air insulated switchyards are being used for RAPP-7&8 units. 400 kV (For evacuation) and 220 kV (For start-up power) switchyards are extensions of existing Rajasthan Atomic Power Station (RAPS)-5&6 units corresponding switchyards.

Due to site layout constraints and in order to ensure physical separation and independence between two off-site connections to the normal power supply system, 220 kV Extra High Voltage (EHV) cables are used as feeders to Start Up Transformers (SUTs) instead of overhead lines (Fig.1 & 2). This has significantly reduced the space required for the 220 kV overhead conductor corridor and simplified the plant layout.



Fig 2: Typical C/S of 220 kV EHV cable

One number 125 MVAR (Mega Volt Ampere Reactive) bus reactor and two 50 MVAR and one 63 MVAR line reactors are installed, for better reactive power management and improved voltage profile of the 400 kV EHV system. To reduce inrush current transients in bus reactors (Fig.3), point-on-wave switching technique has been used for the first time in Indian NPPs.



Fig 1: SUTs charged through 220 kV Cable



Fig 3: Bus reactor in Switchyard

Power Generation & Evacuation

RAPP-768 steam turbines (Fig. 4) are 3000 RPM 700 MWe tandem-compounded machines comprising of one High Pressure (HP) and three Low Pressure (LP) stage turbines including two numbers external Moisture Separator & Re-heater units (MSR) with a two-stage reheating arrangement. The single-direct-driven generator is Hydrogen cooled and rated 842.9 MVA at 21 kV output, 0.9 PF. Other related systems include a complete Turbine Generator (TG) bearing lube oil system, a Digital electro-hydraulic (DEH) TG control and protection system with supervisory instrumentation, turbine gland sealing system, electrical turning gear, thrust bearing, main oil pump, Generator hydrogen cooling system, Seal oil system, primary water system, an air cooled brushless excitation and a digital automatic voltage regulator.

Generated power of each unit is evacuated by 3 nos. single phase 285 MVA Generator transformers (Fig. 5). For twin units, one no. single phase transformer is kept as spare which will facilitate faster start up in case of one transformer develops fault.



Fig 4: Main Generator with Turbine



Fig 5: Generator Transformer (single phase) at site

Station Auxiliary Power Supply system

Power supply for station auxiliaries is derived from plant generation using Unit transformers (UTs) and from the grid using Start-up transformers (SUTs). In order to meet the loads of the unit including starting of Primary Coolant Pump (PCP) motor, 2 numbers of 220 kV/6.9 kV/6.9 kV, 70 MVA three winding SUTs are provided. Similarly two numbers of 21 kV/6.9 kV/6.9 kV, 70 MVA three winding UTs are used. 540 MWe units had one-three-winding SUT and two numbers of two-winding UT per unit.



Fig 6: 220 kV equipment. Start-up transformer and building housing Class-IV systems

Transformers are located so as to minimize the length of bus duct connections up to switchgears while maintaining adequate clearances with nearby buildings and other transformers, such that an event in one transformer does not affect the other source transformers. Alternating Current (AC) Power supply distribution is done at 6.6 kV level (for large loads) and 415 V level (for small loads). Non-safety switchgears and safety switchgears are kept in different buildings. Even safety switchgears of different divisions are kept in separate buildings, thereby providing independence and physical segregation. Provision of inter-unit ties between twin units at Class-III (safety related) 6.6 kV Level is provided for the first time in 700 MWe plants which increases the availability of power supply to electric power system buses in case of failure in one unit.

Internal arc qualified 6.6 kV switchgears

Safety and non-safety related 6.6 kV switchgears are located in different buildings. Different divisions of safety class switchgears are housed in different buildings. Moreover, different sub-division switchgears within a division are also physically located in different floors of safety qualified buildings. These switchgears are spring operated vacuum breaker based switchgears. For the first time in NPCIL, internal arc qualified 6.6 kV switchgears are used in 700 MWe projects. These are specially designed to withstand effects of internal arcs and to safely direct arc products without posing any hazard to operators. Also, active arc protection schemes are used (Fig. 8) in these switchgears which limit the arc duration and thereby reduce physical damage to equipment.





Fig 7: 6.6kV Switchgear



Fig 8: Arc protection relay and sensor

4.2 MW, 4 x 100% Emergency Diesel Generator (EDG) sets

Each unit of RAPP-768 consists of 4 numbers of 6.6 kV, Emergency Diesel Generator sets of rating 4.2 MW each. Each EDG is sized to take 100% of the entire safety load required during any of the Operating/Anticipated Operational Occurrence /Design Basis Accident states of the plant. EDGs (Fig. 9) are housed in safety qualified buildings. Two EDGs of Division-1 and their control panels are kept in one safety qualified building and Two EDGs of Division-2 in a different safety qualified building, thereby meeting physical independence between redundant divisions.

220 MWe units had 3 x 100% EDGs and 540 MWe units had 4 x 50% EDGs. 4 X 100% EDG sets used in 700 MWe units have increased the reliability of class-III power supply as compared to earlier projects.



Fig 9: 4.2 MW EDG set in SAB

Electrical Penetration Assembly (EPA)

Electrical Penetration Assembly (EPA) is a cable sealing arrangement for Reactor Building penetration, first of a kind, indigenously developed by Nuclear Power Corporation of India Ltd. (NPCIL). EPAs (Fig. 10) for Low Voltage (LV) systems are provided at different locations on the Inner Containment (IC) Wall and canisters are provided at the Outer Containment (OC) Walls of the Reactor Building. These EPAs are qualified for electrical duties such as transients and fault currents as well as for seismic and severe environmental conditions.

Total 51 nos. of EPAs (on IC Wall) & 53 nos. of Canisters (on OC Wall) in the Reactor Building (Fig. 11) have been erected for one unit. After erection, each EPA was subjected to a Helium leak rate test and test results were found better than standard acceptable limits.

In 220 & 540 MWe PHWR reactors, conventional cable sealing arrangements involving in-situ casting of epoxy mould for cables were used. The EPA arrangement is superior to conventional cable sealing arrangements as it is compact, easy in construction, helium leak tested, and requires minimum time for erection and testing at site.



Fig 10: EPA along with Feedthroughs at factory



Fig 11: EPA Assemblies at the Site

Design Extension Condition (DEC) Power Source

One air cooled Diesel Generator (also known as DEC DG) set of 415 V, 200 kVA rating for each NPP unit is provided. These Power Sources are normally kept in standby mode for supplying power to the identified loads (for monitoring important parameters, emergency lighting etc.) during extended Station Blackout (SBO), and other design extension conditions. The DEC DG (Fig. 12) is not susceptible to the events that caused the loss of on-site and off-site power sources. They are diverse in design from standby AC power source (EDG) and do not need process cooling water for their operation, as jacket water is cooled by radiators.

DEC DG is seismically qualified for the first time in India on a shake table for a beyond design basis earthquake (1.5 times SSE).



Fig 12: A view of 200 kVA DEC DG set located at NFSB 106m EL

DEC DG sets are housed in safety qualified buildings and installed with all accessories like AC Distribution board, Change-over box, diesel oil tank and chimney.

Uninterrupted Power Supply (UPS) and Variable Voltage & Variable Frequency (VVVF) Starters for FM Supply Pump Motor

Each Unit has 2 x 500 kVA UPS systems (one for each division) which supply uninterrupted AC CL-II power to connected loads. In RAPP-768, each division UPS itself has two 100% redundant modules.

On the 415 V Class-II system, the biggest motor to be started is the Fuelling Machine (FM) supply pump motor of 132 kW. To limit the starting duty on the Uninterrupted Power Supply (UPS) system and hence its size, the FM pump motor is provided with a VVVF drive (Fig. 13) which limits the starting current to less than 125% of full load current without affecting its torque. These drives have undergone extensive testing as per applicable standards and Independent Verification & Validation (IV&V) qualifications as per Atomic Energy Regulatory Board (AERB) safety guide SG/D-25. Earlier soft starters were used in 540 MWe and 220 MWe units where the starting current was limited to a minimum of 300% of full load current which required a higher size UPS. With a VVVF starter at 700 MWe units, the power UPS capacity was optimized to a lower value. In the absence of a VVVF starter, the UPS capacity would have gone northwards of 800 kVA.



Fig 13: VVVF starter inside panel



Numerical Relays in Extra High Voltage, Medium Voltage and Low Voltage Systems

Digital Signal Processor (DSP) based Numerical relays have been extensively used for protection functions in 700 MWe plants. These relays provide multiple benefits such as comprehensive protection algorithms in single relay, fault and event recording for fault analysis, self-diagnostics and programmable logic support. The flexibility and technical superiority of numerical relays have been preferred over their obsolete Electromagnetic counterparts. Numerical relays have been used in the LV system for the first time in 700 MWe projects. Numerical relays in safety systems have undergone stringent IV&V qualifications in line with AERB SG/D-25 requirements.

Real-Time Digital Simulator (RTDS®) Testing

For the first time, real-time simulation of complete plant Electrical system was conducted in the real-time simulator (Fig. 14) at Central Power Research Institute (CPRI), Bangalore. The purpose was to measure the operating times and dynamic accuracy of major protection and auto-transfer relays by simulating various faults in the system. This Hardware-in-the-Loop (HIL) testing verified the correct operation of internal algorithms and logics implemented in relays and ensured correct operation of the complete protection scheme under various transient conditions, before implementing at site.

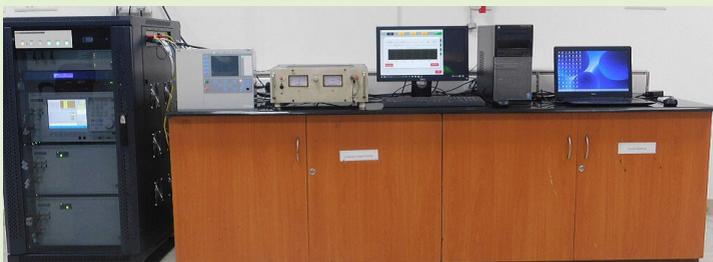


Fig 14: View of RTDS simulator racks and test bench

Conclusion

Electrical systems of 700 MWe plants have evolved to meet latest regulatory requirements and industry developments and have been developed in line with cutting edge technology being used in industry. Latest state-of-the art digital equipment is being utilized to enhance the reliability of power supply and reduce downtimes. Digital devices like numerical relays, drives, controlled switching devices etc. have made the electrical power system of our plants at par with the best in the industry. Use of EHV cables has reduced the layout requirements for the EHV corridor inside the plant boundary. EPAs have significantly reduced the erection and commissioning times as well as contributed to an overall reduction of leak rates from the Reactor Building (RB) during accident conditions. Internal arc qualification of switchgears has increased operator safety during plant operations and DEC DGs have augmented the plant coping capability to deal with Design Extension conditions.

References

- International Atomic Energy Agency, 'Design provisions for withstanding Station Blackout at Nuclear Power Plants', IAEA Tech Doc- 1770 (2015)
- Atomic Energy Regulatory Board, 'Design Of Electrical Power Systems for Nuclear Power Plants', AERB/NPP/SG/D-11 (Rev-1) AERB, Mumbai, (2020)
- Real Time Digital Simulator (RTDS) facility, '<https://www.cpri.res.in>'
- Progress reports by RAPP-768 and KAPP-364 project sites
- Design Manuals on EPA, VWF Starter, Protection panels, Switchgear, EDG
- Indian Nuclear Society (INS) Newsletter, November, 2020





SHRI TARUN MOHAN JOSHI (Scientific Officer/G), after Completing graduation (B.E-Electrical engineering), he joined 50th Batch of BARC training school and further completed his M.Tech (Electrical engineering) from H.B.N.I, Mumbai. He has been working in electrical design group and has worked in the areas of Large power transformers, 6.6kV Switchgears, 415V

Switchgears and MCCs, HT & LT motors and Protection schemes of Station auxiliary supply.

Dr. SHAKTI PRASAD PANDA (Scientific Officer/G), after completing graduation (B.E-Electrical engineering) from Sambalpur University, he joined DGFS 2nd Batch of BARC training school, further completed M.Tech (Electrical engineering) from IIT Kanpur and PhD (Electrical engineering) from IIT Bombay. He has been working in the areas of NPP

Emergency power supply systems like DC distribution, Battery, Chargers, UPS, EMTR, synch. System and Auto Transfer System etc. His area of interest includes intelligent systems, power systems control and Analysis.



SHRI M. ANANTHACHARI (Scientific Officer/G), is an Electrical Engineer from JNTU, Hyderabad. After competing BARC training school (48th batch) he joined Electrical Design group in 2005. He accumulated 20+ years of experience in designing Electrical Systems for Nuclear Power Plants. He is currently engaged as Additional Chief Engineer in Electrical Design

Section at the Nuclear Power Corporation of India Limited (NPCIL).



SHRI KUMUD MURDIA (Scientific Officer/H), graduated in Electrical Engineering with Honours from M.B.M. Engineering College, Jodhpur and joined 34th Batch of BARC training school in the year 1990. After successful completion of training, he opted for Electrical Design group of NPCIL in the year 1991. Since then, he is involved in Design of Electrical

systems for PHWR projects of NPCIL. During the period 2015-2022, he was posted to Quality Assurance Directorate at HQ where he was mainly involved in QA activities of electrical equipment sourced from Russia and third countries for LWR projects. Shri K. Murdia is currently heading Electrical Design group of NPCIL for PHWR projects.

Nuclear Energy Mission for Viksit Bharat

- Development of at least 100GW of nuclear energy by 2047 is essential for our energy transition efforts. For an active partnership with the private sector towards this goal, amendments to the Atomic Energy Act and the Civil Liability for Nuclear Damage Act will be taken up.
- A Nuclear Energy Mission for research & development of Small Modular Reactors (SMR) with an outlay of ₹ 20,000 crore will be set up. At least 5 indigenously developed SMRs will be operationalized by 2033.

- Excerpts from Budget speech 2025-26





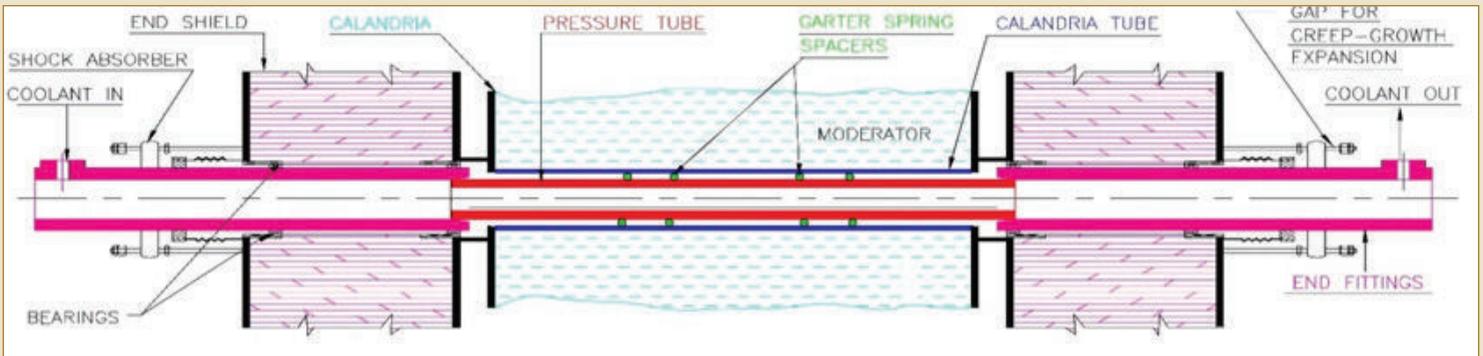
Installation Of Coolant Channels At Rajasthan Atomic Power Project (RAPP)-768

Ashish Kumar Gupta, Scientific Officer/F, K. Shrikant, Project Engineer (RE),
(Section: Field Engineering)

Introduction

The article contains the process of installation and testing of coolant channels at RAPP-768. It highlights the improvements made in CCA at RAPP-768 based on the feedbacks and challenges faced in previous projects to meet the stringent requirements of technical specifications. The 700 MWE PHWR consists of 392 miniature pressure vessels, known as

Coolant Channel Assemblies (CCA), which form part of the primary heat transport system. These assemblies are designed to house the fuel bundles within the reactor core and contain the hot pressurized heavy water coolant that flows through them. The article explains various methods involved in the process with the help of images.



The sections below are the steps for installation of Coolant Channel Assemblies:



Cleaning And Degreasing Of End Fittings

The cleaning and degreasing of coolant channel components were carried out using Kerosene, Lisapol solution, Hot process (maintaining the temperature 50°C of DM water in the tank).

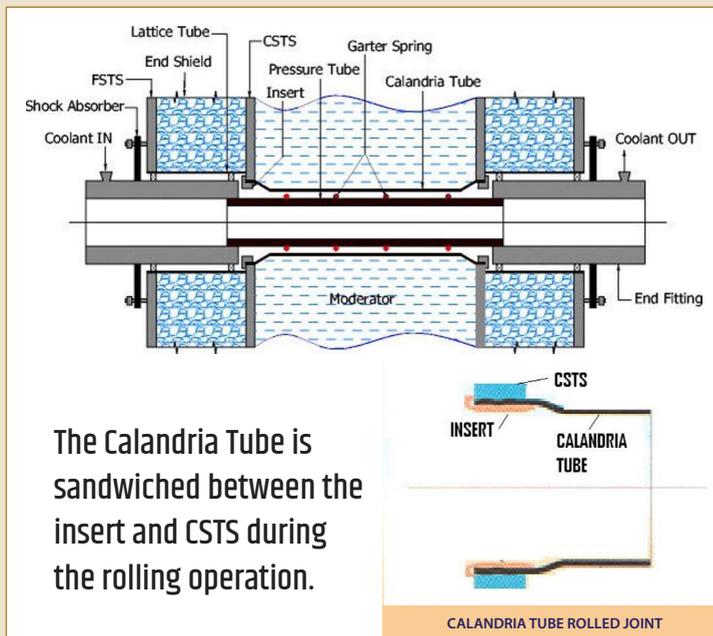
Inspection Of Critical Areas Of End Fittings

- A visual inspection of various critical sealing surfaces such as the closure seal face, E-face, Grayloc hub sealing face and PT and LT rolling area, was conducted to check for damage, corrosion, scratches, etc.
- Pre-assembled end fittings were packed in vacuum-sealed polythene bags with silica gel.
- It was ensured that handling and cleaning operations did not cause any abrasion, scratches, etc.



Calandria Tube Installation

- Measurements of bow, Inner Diameter (ID), Outer Diameter (OD), and Wall Thickness (WT) were recorded.
- The interference fit between the Calandria Tube (CT) and the landed insert was maintained at 0.06mm to 0.13 mm.
- Trimming length calculations were performed.
- Trimmed pieces of calandria tubes were preserved with identification numbers correlated with their installed lattice locations.
- Installation tools, calandria tubes, landed sleeve inserts, and CSTS tube bores/rolling areas were cleaned and inspected.
- Numbered ends of all tubes were installed on one side of the calandria (either North or South).
- Tubes with the maximum bow were positioned at the 12 o'clock position.
- CTs at adjacent lattice positions were expanded in alternating directions.
- Helium leak rate, spring-back, and Percentage Wall Thickness Reduction (PWTR) met design requirements.



End Fitting Bellows Installation

- Installation of calandria and FM-side bearing sleeves (L-120 mm) with retaining rings.
- Annulus Gas Monitoring System (AGMS) bellows were installed into the Lattice Tube (LT) at the original compression of 44 mm.
- Welder qualifications were done as per ASME Section IX (WPS and PQR).
- Fillet welding of the Stainless Steel (SS) end piece of AGMS bellows was performed using the GTAW process and inspected for visual and liquid penetrant examination.



Coolant Tube Installation

- The PT rolling area of the end fitting was heated to 375–390°C, with temperature verification using a probe.
- The purging-cum-alignment tool was inserted, and the end fitting was pushed to achieve a shrink fit with the coolant tube.
- The purging tool was momentarily removed to check the gap between the coolant tube and the liner tube (6–9 mm), after which argon purging was resumed.
- The joint was allowed to cool with argon purging down to 100°C followed by natural/air cooling.
- Protective sleeves were inserted.
- Rollers were inspected, reach was verified, the expander was set and rolling operations were performed between the PT and end fitting.
- The same shrink fit and PT rolling process was followed in the FM vault along with the insertion of four garter springs.



Critical Parameters Checked

- Dimension "D" (Distance Between Ends Of Lattice Tube)
- Lattice Location
- Trimming Length
- End Fitting Heating Temperature
- Grayloc Orientation
- Expander Reach
- Lt-pt Gap
- Spring Back
- Pwtr (Percentage Wall Thickness Reduction)
- Helium Leak Rate
- Videoscapy Of Rolled Joint



Feedback And Improvement

● Alignment Rig for End Fittings

An I-beam-type linear roller guideway was introduced to reduce wear and tear, lower maintenance and significantly decrease the alignment time between the PT and end fitting. This improvement could address the misalignment issue due to scoring on the material surface while using a dual-rod guide-type alignment rig.



● Locating and Handling Tool Failure

The procedure and checklist were revised to include a reach measurement hold point under QA surveillance, ensuring successful completion of calandria tube rolling.



● CS Bellow Attachment Ring Installation

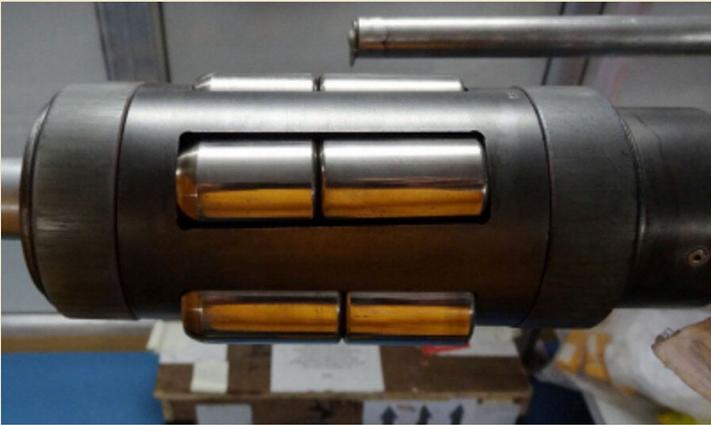
A vertically guided insertion method with a hydraulic jack arrangement was introduced, reducing operator dependency and misalignment risks. Not a single shrink fit failed during the air hold test.



● Rolling Tool Durability

Indigenous rollers were developed at CTR, Ludhiana, meeting design specifications. Additionally, at RAPP-768, procedural improvements included:

- Visual inspection of rollers before each rolling operation (QA hold point).
- Videoscapy of every PT rolled joint.
- Dye Penetrant Testing (DPT) of rollers after every 20 rolled joints.



CHALLENGES & RESOLUTION

● Cut Marks and Deformation on Rollers

Indigenous rollers were developed and tested at CTR, Ludhiana. Not a single roller was deformed or chipped off during rolling operations of all 392 channels.

● Half-Moon Marks on Some AGMS Bellows

Rectified by moving rollers on convolutions, followed by helium leak testing in concurrence with the designer (HQ).

● Deviation in Grayloc Orientation

A mock-up was performed to assess potential feeder erection difficulties in concurrence with the designer (HQ). After successful mock-up the feeder alignment was adjusted as per Grayloc hub orientation.

● HPFC Coupling Fouling with Grayloc Hub Corners

Corner deburring was performed on both units in concurrence with the designer (HQ). The procedure and checklist were revised to incorporate feedback and QA hold point was made during alignment of End-fitting hub and HPFC coupling.

● Industrial-Grade Kerosene Unavailability

Normal-grade kerosene was tested for halogen and sulphur content before being used for end fitting cleaning and degreasing.

Conclusion

The installation of coolant channels requires precise dimensional tolerances and the qualification of tools, instruments and personnel involved. Monitoring critical parameters as per design specifications is a challenging task. The improvement in overall time of CCA installation at RAPP-768 (5 channels/day to 8 channels/day) was made possible through the implementation of previous projects feedback and recommendations of the design group, HQ which resulted in the avoidance of failures and re-work due to improvement in procedures and practices.

Following are the lessons learned for implementation in subsequent fleet mode projects:

- During plant layout finalization, the distance between RCA (Reactor Coolant Channel Assembly) shop and RAB (Reactor Auxiliary Building) should be minimized to reduce the transportation time and for ease of handling CCA.
- Age hardened plastic caps should be replaced with rubber coated material to avoid surface marks in CSTS bore for achieving better leak tightness of CT rolled joint.
- Indigenous development of expander and cage should be carried out to enhance compatibility with indigenously developed rollers.
- PVC pipes required for garter spring installation should be replaced with stiffer and more durable material to avoid ovality, bend and surface marks on the pressure tube OD surface.
- Laser, optical or ultrasound techniques may be implemented for precise and accurate alignment between End-fitting insertion carriage and pressure tube.



SHRI ASHISH KUMAR GUPTA (Scientific Officer/F), is a Mechanical Engineer joined the 19th Batch of NPCIL training school in 2010. After successful completion of one year training from MAPS, he was posted as a Field Engineer in RAPP-768. Since then, he has been responsible for providing engineering support to technical issues faced at project site during fabrication, erection & testing

of Nuclear piping and components. He ensured design intent is met in every activity through review and implementation of procedures, QAPs, WPS/PQR, drawings & technical specifications during installation of Coolant channels at RAPP-768. He has coordinated for implementation of feedbacks of KAPP-364 project & Design group, HQ which resulted in saving project time & cost.

SHRI K. SHRIKANT (Technical Officer/F), is a Mechanical Engineer joined NPCIL in 2010. After one month induction training in NTC-RR Site, he joined Reactor Erection group, RAPP-768. He has been responsible for preparing database of dimensions of End-fitting & Coolant channels to achieve zero clearance rolled joint during rolling operation.



His involvement in study & conceptualization of coolant channel installation tools for 700MWe paved the way for successful completion of coolant channel installation for both units of RAPP-768.



New Technologies Used For Radiation Monitoring In 700 MWe

Kunal Singh, Executive Engineer, **Sharad S. Pise**, Additional Chief Engineer, **Anupam Halder**, Additional Chief Engineer, (Section: C&I)

Introduction

Radiation monitoring is required to continuously monitor and detect any potential release of radioactive material in the surroundings. It helps to control and minimize the radiation exposure to plant personnel and the population.

Portable Heavy Water Vapour Analyzer-Sniffer

The Use Case

In a nuclear power plant, heavy water leakages arise due to spillages and leakages from the Primary Heat Transport System, Moderator System and Fuelling Machine circuits of PHWRs. The leakages may occur both in liquid and vapour phase. Detection of these leakages is crucial to avoid significant loss of D_2O as it is expensive and also to prevent the build-up of activity inside the plant.

On-line systems have already been provided to detect leakages of heavy water in vapour phase. However, for rapid deployment, quick response and use during shutdown, a need was felt to develop a portable heavy water vapour analyser (Sniffer).

The newly introduced sniffer (shown in Fig.1) is used for sniffing the presence of heavy water (D_2O) vapour in air. The system is required for identification of D_2O leakages in vapour phase and is useful for locating leakage hotspots. Additionally, it serves as an alternative for leak identification in case of unavailability of online tritium-in-air monitoring system and tritium bubbler.

Operating Principle

D_2O detection is based on the infrared absorption principle. InfraRed (IR) beam from an IR source is focused through a process measuring cell by a focusing mechanism. Sample air is drawn through this cell. The IR beam is absorbed depending on the D_2O concentration in the air. The signal output from the IR detector is processed and displayed locally in the control room.

Heavy Water and light water have specific absorption bands in the infrared region. Absorption of the infrared (IR) Rays due to heavy

water is maximum at a specific wavelength, whereas that due to light water is negligible. At a distinct wavelength, absorption of IR Rays due to heavy water and light water is the same and negligible. The above characteristics are used for measuring heavy water concentration in sample air. The former is used as the measuring wavelength and the latter is used as the reference wavelength. Absorption signal at the reference wavelength is used to compensate for the changes in the optics.

The system is introduced for the first time in 700 MWe PHWRs. The system, by design, is very handy, portable and lightweight, is extensively used by the site and is working satisfactorily.

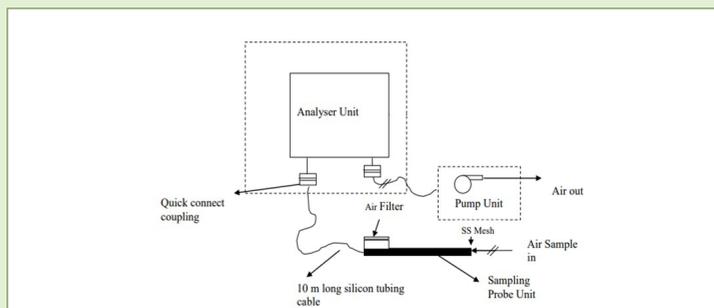


Fig 1: Block Diagram of Sniffer & image

Personal Contamination Information System (PCIS)

The Use Case

Zoning philosophy is adopted in a nuclear power plant to confine and minimize the spread of radioactive contamination. The areas inside the Reactor building and Reactor auxiliary building are divided into 3 zones (Zone-1/2/3) according to the likelihood of contamination occurring/existing. Various personnel contamination monitors are installed at different inter zonal crossing points with the objective of frisking the instruments and personnel to check radiation contamination on the instruments, clothes, hand, foot and body.

Personnel Contamination Monitors are classified into

- Contamination Monitors (Friskers)
- Hand & Foot (H&F) Contamination Monitors
- Portal Monitors

Portal Monitors are installed at the final exit of the Nuclear Building (NB) for full body monitoring of the personnel. Friskers and H&F contamination monitors are located at inter zonal crossing points in the Waste Management Plant, Reactor auxiliary building, etc.

In existing 220 MWe & 540 MWe PHWRs, monitoring of all personnel contamination monitors is being done physically at the installed location by HPU. In 700 MWe PHWRs, the design of the monitors was changed. To facilitate remote centralized monitoring of personnel contamination monitors, these monitors are provided with Ethernet Communication with Personnel Contamination Information System (PCIS) Server located at HPU shift room. This system is introduced for the first time in 700 MWe PHWRs.

Architecture of PCIS

Architecture of PCIS is shown in Fig.2. PCIS is a computer-based information system which receives data from personnel contamination monitors (viz. Hand and foot Contamination monitors, Friskers and Portal monitors) installed at different locations through MODBUS TCP/IP Ethernet link and provides information about their health status, alarm messages, high voltage value, current reading, alarm set point value, etc. Due to the introduction of PCIS as centralized data acquisition system, diagnostic information, activity and analysis of contamination monitors data at a single location is available. The PCIS software is developed in-house. The system is commissioned in 700 MWe PHWRs and is working satisfactorily.

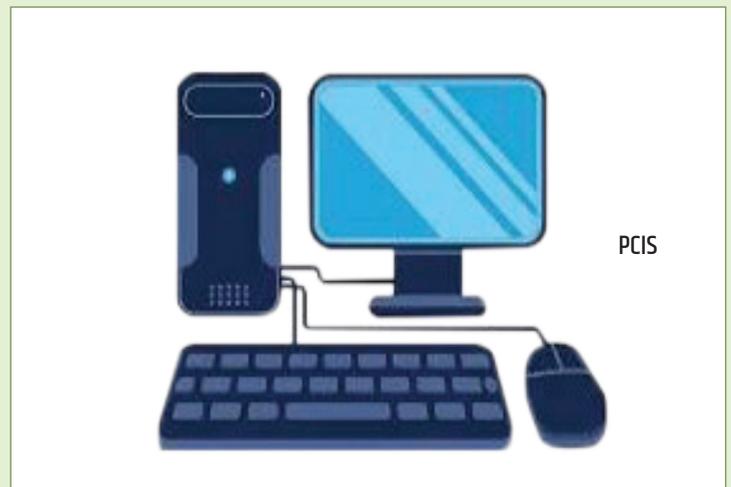


Fig 2: Interconnection of PCIS with various personnel contamination monitors





SHRI SHARAD S. PISE (Scientific Officer/G), is an Instrumentation Engineer and joined NPCIL in 2002. He was involved in the design and development of 700 MWe Computer Based Systems software, Network & Serial data communication etc and contributed in the design, engineering, and support for projects & operating plants for Radiation Monitoring Systems & Real Time Online Decision Support System.

SHRI ANUPAM HALDER (Scientific Officer/G), is an Instrumentation Engineer from the 13th Batch of NPCIL Training School. He has contributed in design, engineering & support for projects & operating plants (220 MWe, 540 MWe & 700 MWe) for systems pertaining to Radiation Monitoring, Heavy Water Leak detection & Away from Reactor/Additional Away from Reactor-Spent Fuel Storage Facility.



SHRI KUNAL SINGH (Scientific Officer/D), is an Electronics & Communication Engineer from 26th Batch of NPCIL training school and branch topper. His work involves design & engineering of systems associated with Tritium in Air and Water Monitoring, Process Activity Monitoring, Heavy Water Leak Monitoring & Away /Additional Away from Reactor-Spent Fuel Storage Facility.



Nuclear Power Is A Reliable And Safe Energy Option

Today, nuclear power is a reliable and safe energy option. With newer safety features, constant technological advancements and a more robust regulatory oversight, nuclear power is only going to be safer in the future, including in India, where thanks to the diligence of our scientists and engineers, we have a commendable record of operating our nuclear fleet for over 50 years without any serious incident.

- Nuclear Power Myths and Facts, DAE



When Nuclear Energy has been successfully applied for power production, in say a couple of decades from now, India will not have to look abroad for its experts but will find them ready at hand.

-Dr. Homi Jehangir Bhabha





Indigenous Technology Development Of Strong Motion Seismic Instrumentation System For Rajasthan Atomic Power Project (RAPP)-7&8

Sohini Agrawal, Additional Chief Engineer, Manoj Kumar Sonavani, Additional Chief Engineer, Shiju Vargese, Additional Chief Engineer, A. S. Mathur, Associate Director, (Section: Procurement, C & IP)

Introduction

The Strong Motion Seismic Instrumentation System (SMSIS) is used in nuclear power plants to ensure safety during seismic events. This system continuously monitors ground acceleration and records the resulting floor spectra. If the ground acceleration exceeds specified thresholds, the system triggers alarms classified as "High" or "Very High," alerting personnel in the Main Control Room (MCR). These alarms help in quickly assessing the severity of the seismic event and deciding on the necessary operational measures to protect the facility.

This system is used for the following analyses

- Evaluate ground motion data and the need for post-inspection of important components.
- Collect data on Structures, Systems and Components (SSCs) for Floor Response Spectra during earthquakes for verification of design analysis.
- Generate alarms in the control room for assessing the degree of severity of the seismic event and to decide whether the plant shall be shut down.
- The alarm setpoint for "Very high" is kept at Operation Basis Earthquake (OBE) level of earthquake and the "High" alarm is kept at half of the OBE level..

Background

The existing Seismic Instrumentation Systems at various operating stations are imported. There was a growing need for indigenization to achieve self-reliance, ensure continuous availability, and gain economic advantages. By developing and implementing locally-produced systems, the goal is to reduce dependency on foreign vendors for support and maintenance, thereby enhancing the autonomy and reliability of these critical safety systems.

Efforts were made to indigenise this system with the support of BARC through a few Indian vendors. Three Indian vendors were identified through the BARC Incubation system. One prototype unit for the Seismic Instrumentation System was developed by BARC and the functioning of the system was demonstrated to these Vendors. Technical compliance for meeting the technical requirements was taken from these Indian vendors and they were given clearance was given to go ahead with the development of a prototype unit.

Out of these three vendors, one vendor completed the Proof of concept (POC) and demonstrated the main functionalities of the system as per NPCIL Technical Specification requirements. Subsequently a Purchase Order was placed on them for the development and supply of this system to RAPP-7&8.

Details of system

The SMSIS (Seismic Instrumentation System) consists of the following sub systems:

- Seismic Sensor Unit (SSU) – Digital Seismic Sensor
- Local Control Panel for Local Recorder (LR)
- Central Recording System (CRS) located in the Control Cabinet
- Control Cabinet

Seismic Sensors and Local Recorders are strategically placed at six different locations, including in the free-field and at various floor levels within the facility. The Central Recording System (CRS) is located in the Main Control Room, where it records seismic event data from all six local recorders. This centralized system allows for comprehensive data collection and analysis, enabling a detailed assessment of seismic activity and its impact on the facility. The overall System architecture is given in Figure 1. The Central Recording System is capable of taking outputs from nine sensors as shown in the figure, out of which only six sensors are connected in the field and three are kept as spares.

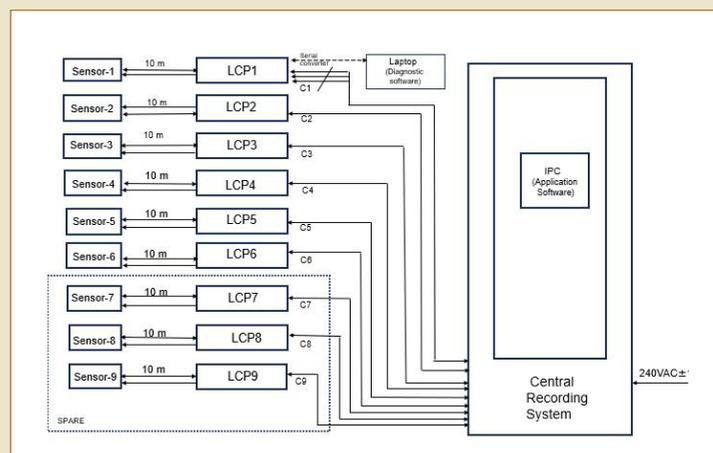


Figure 1: Overall System architecture of SMSIS



System Description With Salient Features

● Seismic Sensor Units (SSU)

These SSUs are located at six field locations and house the MEMS (Micro Electro-Mechanical System) tri-axial accelerometer sensor, power conditioning and signal conditioning and communication circuits to transmit data to a local recorder. These units communicate with the respective Local Recorders through a high-speed Serial Peripheral Interface bus. The power supply to the sensor is provided from the respective Local Recorder unit.

The three-axis signals are converted to digital values using a 20-bit analog to digital converter. These three-axis signals are synchronized during sampling and conversion.



Figure 2: Seismic Sensor unit with its enclosure and mounting

The digital communication interface to the sensor unit consists of high speed isolated RS485 transceivers for the SPI signals. The transceivers are protected against EMI interference. The various parameters of the data acquisition and signal processing are also set up through this high-speed bus.

● Local Recorders (LRs)

There are six LRs located within ~10 meters' distance of Sensor Units, These LRs are housed in the Local Control Panel (LCP) and have the following features:

- Provide operational power to the seismic sensor units including a 72-hour power backup with SMF VRLA rechargeable battery, in case of power failure.
- Communicate with the sensor units to receive real time seismic data in the 3- orthogonal axes and signal conditioning parameters.
- Implement automatic periodic self-test of MEMS sensor.
- Implement the alarm set points and operate alarm outputs through application software.
- Provide diagnostics functionality of MEMS sensor units.
- Provide annunciation for system diagnostics.

- Communicate with the CRS, send status and other signal data, receive and implement set points, diagnostics etc.
- Provide non-volatile storage of seismic event data for pre and post event time periods as specified.
- In Normal operation the 24 VDC supply is connected from Control Room to the field, 72 hours' battery back is also provided by the battery. During an emergency condition provision of local supply of 240 VAC is also provided, in case of any connection break between field and Control Room and on battery backup time completion.

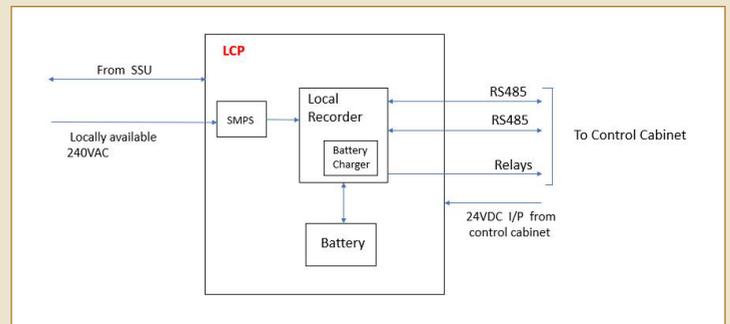


Figure 3: Schematic of the Local Control Panel



Figure 4: Photograph of the Local Control Panel

● Central Recording System (CRS)

The CRS unit is housed in a Control Cabinet (located in the Control Equipment Room) around > 500 meters distance from the various Local Recorders and has the following features:

- The CRS is capable of communicating with up to 9 LR units through two RS485 serial links.
- The CRS implements the collection of seismic data, recording of events and to generate alarm status from each of the LRs. It also triggers other LRs in the event of a seismic trigger in any one (or multiple) LR.
- During normal conditions (whenever no seismic data is detected) signal data is overflowing in the memory, in case of any event trigger the data starts recording for the defined pre-event and post event time of an event.
- The CRS maintains time synchronization across all the LRs and with itself both automatically and manually commanded.

- The CRS provides the setting and management of set points for events on individual LRs.
- Non-volatile storage of event data from all the LRs.
- Alarm and other event trigger conditions trigger respective outputs on the CRS.
- The CRS is connected to a monitoring computer (Industrial PC) with appropriate software for the collection, storage and display event data.
- The CRS provides diagnostic data to the monitoring computer to allow network maintenance.
- CRS provides the facility to calibrate, configure, test the seismic sensor unit & LR from the Control Room.

● Control Cabinet

The Control Cabinet is an EMC-qualified Standard Electronic Cabinet, which houses the CRS and other subsystems offering the following features:

- The control cabinet consists of UPS, power supply for IPC (Industrial PC), printer, CRS & LRs.
- Backup battery is also provided in the Control Cabinet for providing a power backup for a period of 72 hours of operation.
- The control cabinet consists of relays for multiplication of contacts of the alarm outputs triggered from the LRs.
- It also houses all the connections provided with respective connectors & terminal blocks.

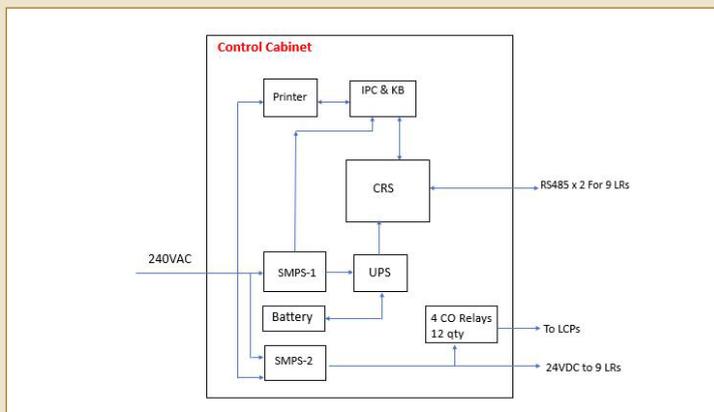


Figure 5: Schematic of the Control Cabinet

Challenges Faced During Development

● For qualification of EMC test of High Surge Immunity

EMC tests were to be performed on this system. High Surge Immunity test was to be conducted as per IEC-61000-4-5. The test was performed on the single phase AC input (240VAC) port at both Differential Mode and Common mode. The system successfully passed in Differential mode in all the parameters in Criteria A but during the common mode range, following response was observed:

- While applying surge voltage of -2000V, 270° coupling phase between line to earth, the system passed in Criteria -C (Recovered after manual intervention), whereas the requirement for the EMC test was Criteria-B (Recovered without any manual intervention).

System Response during testing: Channel 1 at CRS: P1 (Port1) and Channel 2 at CRS: P2 (Port2) LEDs stopped blinking in the Communication module of CRS and the data was not saved in the SD

Card of CRS during this period. The manual power restart was required to bring back CRS to normal operating condition.

- While applying surge voltage of -2000V, 270° coupling phase between Neutral to earth, the system was not recovered even after manual intervention, and hence the system could not pass the requirement of Criteria-B or better.

System Response during testing: Channel 1:P1 and Channel 2:P2 LEDs of the Communication module of CRS stopped blinking. The data was not saved in the memory card of CRS during this period. After manual power restart the CRS did not recover to the normal condition.

Modification done: During the above two EMC tests, the system was not meeting the requirement of Class-B criteria for EMC testing. Continuous

After the modification in the CRS circuit design, the High Surge Immunity test had been repeated between line to earth and Neutral to earth in common mode test as above and the system successfully passed those test in Criteria-A (No intervention during the test) however the requirement was only of Criteria-B (Recovered without any manual intervention)

● Modification in Tilt Table design

Static calibration was required to be conducted on Seismic Sensors. A tilt table was required for conducting static calibration at various angles and the accuracy of acceleration was measured on these different angles. Event trigger generation is also a feature of the Seismic Sensor. The tilt table elevation method was improved by introducing a Dowel pin for sensor accuracy and these angles were calibrated (5-point calibration) in a coordinate measuring machine. A micrometer is used for event trigger generation and the same was calibrated in a coordinate measuring machine.

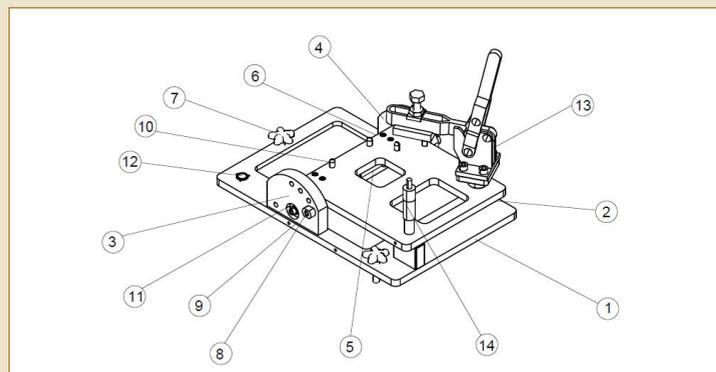


Figure 6: Tilt Table used for calibration of the sensor

● Modification in the LCP Mounting structure for Seismic testing

Modification in mounting structure of Local Control panel (LCP) for Seismic shake-table testing was done to make the structure more rigid and to simulate the actual wall mounting condition for LCP.

Qualifications Testing

The following qualification tests have been conducted on this system:

- Climatic Testing at ELCA LAB, Mumbai
- EMC Testing at ECIL, Hyderabad, at ERTL, Mumbai and at IDEMI, Mumbai
- Seismic Qualification Testing at SERC, Chennai
- Independent Verification and Validation (IV&V) under the category of "Newly Developed System" by NPCIL IV&V team.



Figure 7: Test Set up for Integration testing of Seismic Instrumentation System

All of the above tests have been successfully completed on the prototype unit of the Seismic Instrumentation System.

Production

The seismic Instrumentation system has been successfully developed, manufactured, tested, supplied and commissioned at the RAPP-768 Site within a timeline of one and a half years.

Key Takeaways

From technical & cost point of view, comparison with respect to the Foreign and Indian makes for the Seismic Instrumentation System has been carried out and these are as follows:

Comparison between Indian make vs Foreign make System:

● Technical Benefits

Parameters	Indian Make	Foreign Make	Remarks
Seismic Sensor			
Type of sensor	Micro Electro Mechanical Sensing element (MEMS)	Analog force feedback accelerometer	Advance technology
Temp. Range	-40 deg C to +125 deg C	-40 deg C to + 85 deg C	Higher temp range
Communication	Digital communication	+/- 4V single ended	Noise free communication
Current consumption	25 mA at 5 V Dc	45 mA at 6.5V to 12V	Less power consumption
Mounting Base structure	Maintenance friendly enclosure, accessible from top for servicing in-situ	Base of sensor need to be removed for maintenance of Sensor PCB	Ease of maintenance
Local Recorder			
SD card memory	32 GB	1 GB	Higher storage size
Sampling	250Hz	200Hz	Higher sampling
Pre event time	upto 180 secs	Upto 100 seconds	Higher Pre and post event time can be set
Post Event time	upto 180 secs	Upto 100 seconds	
Communication to CRS	2 x RS485 galvanically isolated links	current loop, 4-20mA	Redundancy provided
RTC drift	3.5 ppm upto 85 deg C	20 ppm	better
Central Recording System			
Protocol	High speed Polling (57.6 Kbaud)	9600 baud	Higher speed
Communication to LR	2 x RS485 galvanically isolated links	current loop, 4-20mA	Redundancy provided
RTC drift	3.5 ppm upto 85 deg C	20 ppm	Better
Display LEDs	39	32	For better information



● **Cost Benefit**

Description	Rates based on Budgetary offer from Foreign Vendor - 2018	Rates based on P.O. on Indian Vendor - 2022	Cost Benefit Savings
Cost for one Project i.e. RAPP-7 & 8	~Rs 8.24 Crs including Custom Duties and GST @18 %	~ Rs 3.1 Crs including GST @18 %	~ Rs 5.14 Crs

In view of the above mentioned Technical and Cost benefits, it is beneficial to use Indian-Manufactured Seismic Instrumentation Systems in Nuclear Power projects and Stations in future.

Way Forward

A Seismic Instrumentation System has been indigenously developed and aligns with the Make in India initiative. System manufactured by the vendor will be monitored for long-term operating experience at the Rajasthan Atomic Power Project Units 7&8 (RAPP-7&8). Based on the performance, further modifications or updates will be considered before implementing the system in future projects.

Two other Indian vendors are also developing Seismic Instrumentation Systems. These efforts are part of a broader initiative to have multiple manufacturers who can indigenously supply SMSIS with advanced features to enhance the reliability and availability of seismic monitoring systems in nuclear power plants.

Conclusion

Through coordinated efforts and continuous technical support, an Indian vendor has successfully been developed to handle the full scope of manufacturing, testing, Independent Verification & Validation (IV&V), delivery, installation, and commissioning of the Seismic Instrumentation System at the RAPP-7&8. This process ensured that all requirements set by the Nuclear Power Corporation of India Limited (NPCIL) were met, aligning with the project's schedule and specifications. This achievement marks a significant step toward self-reliance in critical safety systems for nuclear power plants in India.



SMT. SOHINI AGRAWAL (Scientific Officer/G), completed her B.Tech in Electronics and Telecommunication and joined NPCIL in 2005 through ET Batch-14. Her work experience at site includes Control and Maintenance in RAPS-3&4 and subsequently at NAPS. Since, from 2014 in HQ, she is working in C&I-Procurement-Directorate

and responsible for Nuclear Instrumentation systems for 700 MWe PHWR projects, C&I cables and Seismic instrumentation Systems. She has developed vendors for C&I special cables and other Field related instruments. One of her main contribution is Indigenisation of the Seismic Instrumentation system, which involves prototype qualification, manufacturing, testing, Erection and Commissioning at RAPP-7&8.

References

- PC-E-403, Rev-0, Technical Specifications on Strong Motion Seismic Instrumentation System for 700 MWe PHWRs
- PP-P-1819, Rev-0, Technical Specification on Methods and Procedures for Seismic Qualification of Valves; Panels, Devices; Rotating and Reciprocating Equipment; Tanks, Vessels and Supports
- IEEE Std 344™-2004 IEEE Recommended Practice for Seismic Qualification of Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations
- IEC-61000-4-5, 2005-11 Electromagnetic compatibility (EMC) –Part 4-5: Testing and measurement techniques –Surge immunity test
- AERB/NPP-PHWR/SG/D-25: AERB Safety Guide on Computer Based Systems of PHWRs, January-2010 and its addendum on guidance on use of FPGAs and CPLDs in computer based systems for NPPs, October-2019.
- AERB/SG/S-11 guide “Seismic Studies and Design Basis Ground Motion for Nuclear Power Plant Sites”
- USNRC- Regulatory Guide 1.12, “Nuclear Power Plant Instrumentation for Earthquake.”

SHRI MANOJ KUMAR SONAVANI (Scientific Officer/G), completed his B.E. (Electronics) from MIT and joined NPCIL in 2007. He is working in C&I-Reactor Control Group. He has made contribution in design & development of various systems in 700MWe IPHWR like, Seismic switch for Reactor Trip, Strong Motion Seismic Instrumentation, Flux Mapping System (FMS), Star-up Instrumentations System, Travelling In-core Probe (TIP) Drive System, Low power Flux Logger (LPFL) System, Online CHF Computation System . He has won NPCIL Group Achievement Award for the year 2020.



SHRI A. S. MATHUR (Scientific Officer/H), completed his BE (Electrical & Electronics) and joined in 1989 and worked at Rajasthan Site up to 1997. During his tenure at RAPP-3&4 site, he was responsible for Erection of C&I items and Systems for 220 MWe. At TAPS-3&4 he was EIC of Instrumentation Erection for 540 MWe units which were commissioned in a record time. He has been awarded with NPCIL Unit recognition & group achievement award. At HQ, Mumbai, is presently heading the Control & Instrumentation- Procurement Group.



Rajasthan Atomic Power Project (RAPP) - 7 Full Scope Operator Training Simulator

Harsh Vardhan Jha, Senior Executive Engineer, Saurabh Sharda, Additional Chief Engineer
Charushila Harer, Additional Chief Engineer, (Section: Simulator)

Introduction

The RAPP-7 Simulator is a replica Full Scope Training Simulator (FSTS), for training the operators of the twin 700MWe units of RAPP-768. The reference plant for this simulator is RAPP-7. It is the second such 700MWe simulator after KAPS-3 Simulator which was released for operator training at NTC KAPS in the first quarter of 2019. The first version of the RAPP-7 simulator was released for testing at NTC in 2021. Subsequently, two more versions have been validated by the Simulator Validation Team (SVT) and an independent Site Simulator Validation Team (SSVT) and released for training and licensing of plant operators in May 2022 and September 2023.



RAPP-7 Simulator Control Room

Simulator training enables the development of operator skills and reflexes for various states of plant operation (e.g. Start-up, Fuelling/Refuelling, Power operation, Shutdown, Anticipated Operational Occurrences (AOO) and Design Basis Events (DBE). Simulator training is a mandatory requirement for licensing, qualification and re-qualification of plant operators. The RAPP-7 Simulator can also be used to recreate plant events and identify possible causes and test new system designs before their implementation in RAPP-768. The need for a simulator is further underlined by WANO peer review recommendations that mandate one simulator for every twin unit station and the regulatory requirement as per AERB SC-0 (clause 5.1.7 and 5.1.11) and SG-0-1 (Sec 4.2 and 4.3).

Simulator design, development, installation, commissioning and validation:

The RAPP-7 Simulator design, development, installation, commissioning and validation activities were completed in the following stages:

Stage 1A: Design & Construction of the Simulator Building at RAPP-768

The Simulator Building was constructed at RAPP-768 by the site Project Group based on engineering inputs provided by various working groups at NPCIL HQ in 2018-19.



RAPP-7 Simulator Building

The simulator building houses the Simulator Facility comprising the Simulator Control Room which is a replica of the RAPP-7 Main Control Room (MCR), Shift Charge Engineer (SCE) and Additional Shift Charge Engineer (ASCE) Rooms, Back-up Control Room (BCR), Computer Room, Uninterrupted Power Supply (UPS) Room, Battery Room for the UPS batteries, Simulator Server Room that houses the simulation servers, the Simulator Instructor Room from where the simulations are initiated & controlled, Document Room, Classroom and Briefing Room as depicted in Fig-1: Simulator Facility Layout.

The simulator civil design layout for RAPP-7 is the base document for all other civil and hardware infrastructure drawings and documents like location, foundation, elevations and plans for beams, columns and partitions of the simulator building, location of High Voltage AC (HVAC) units and routing of the ventilation ducts, Embedded Parts (EP) location and sizing layout, cable trench sizing and layout for electrical and Local Area Network (LAN) cables, Simulator Main Control Room layout, etc.

The electrical local Distribution Boards (DBs) are provided so as to divide the equipment in various zones with respect to the distance from the nearest DB and cabling trench. The electrical receptacles are provided in all the rooms depending upon the location and number of equipment in various rooms.

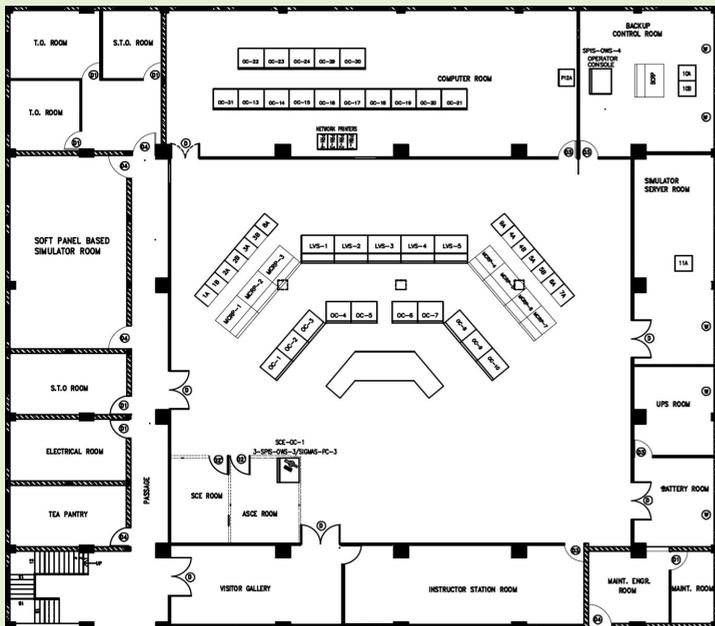


Fig 1: Simulator facility layout

Stage 1B: Simulator Control Room Hardware Erection, Installation & Commissioning

The Simulator Control Room is the central 23.6 m X 20.07 m area shown in Fig-1. It houses twelve (12) Main Control Room Panels (MCRP), ten (10) Operator Consoles (OC), a start-up dolly and an Operator Desk that are replica of those in the RAPP-7 MCR. The MCRPs and OCs are identical to those in the RAPP-7 MCR in dimension, layout, material and panel device composition, arrangement and functionality. The OCs house the same Operator Work Stations (OWS) as in the reference plant MCR. Five of the MCRPs have Large Video Screens mounted on their vertical part as in the RAPP-7 MCR. Additionally, the simulator control room replicates the reference plant MCR in various aspects like physical location of panels with reference to its entrance, lighting, noise levels, flooring and roofing. This exactness of the simulator control room with respect to the reference RAPP-7 MCR makes the RAPP-7 Simulator a Replica Operator Training Simulator.

The Simulator Back-up Control Room (BCR) is a 6.89 m X 6.89 m room situated diagonally behind the Simulator Control Room as shown in Fig-1. It houses one simulator Back-up Control Room Panel (BCRP) and one OC that are a replica of those in the RAPP-7 BCR. The BCRP and OC are identical to those in the RAPP-7 BCR in dimension, layout, material and panel device composition, arrangement and functionality. The OC houses the same Operator Work Stations (OWS) as in the reference plant BCR. The simulator BCR is, however, not dimensionally identical to the reference plant BCR.

The Simulator I/O System consists of the simulator I/O panels, associated cables interconnecting simulator control panels and OCs with their respective I/O panels and the simulator LAN connecting the I/O panels to the simulator server/s through network switches. Simulator I/O components are mounted inside standard electronic cabinets that are fixed onto the I/O panels. The number of I/O panels is decided based on

the number of hardwired devices on the simulator control panels and OCs. These I/O panels (1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B, 4A, 4B, 5A, 5B, 6A, 7A, 8A, 9A, 10A, 10B, 11A, 12A, 13A, 13B, 13C, 13D, 14A, 14B, 15A) are located behind the simulator control room panels as shown in Fig-1. Total I/O load for different types of signals is: Analog Input (AI)-57, Analog Output (AO)-326, Digital Input (DI)-2156 and Digital Output (DO)-3046.

The I/O System connects to the simulator server through an Application Program Interface (API) residing in the simulator server. This API receives the operator inputs from input devices on the simulator panels and OCs like Hand switches, Push buttons, Controllers and Hand controllers through the simulator I/O LAN, processes and writes them to the shared memory in the simulator server. Similarly, computed responses from all plant system models are read from this shared memory and communicated by this API to the I/O system through the I/O LAN, for driving output devices on the simulator panels and OCs like Indicating Meters, Lamps, Window Alarms, Recorders, etc.

All activities from procurement to commissioning of the RAPP-7 simulator hardware were carried out as part of the Control Centre Instrumentation Package (CCIP) for RAPP-7&8. The fabrication and erection of the simulator control panels, OCs and the I/O panels was carried out as part of CCIP for RAPP-7&8. The GAS, TLs, WDS and BOQs for the RAPP-7 Simulator Control Room Hardware were prepared by the Simulator Group at HQ, based on which the hardware installation, commissioning and testing was completed by the end of 2019.

Stage 2A: Development, Testing & Commissioning of Plant System Model Software

Simulator model software for various plant systems of RAPP-7 consists of:

- Mathematical models for simulation of plant equipment, instrumentation and systems
- Logic and Control models for simulation of plant system interlocks and controls
- Models for simulation of Computer Based Systems (CBS) like Reactor Regulating System (RRS), Flux Mapping System (FMS), Test and Monitoring Systems for both shutdown systems etc.
- Soft emulations for MCRPs, BCRP, OCs and the TG-HMI
- Development of soft panels for simulation of field operations and controls for various plant systems
- Development of communication APIs for various CBS
- Development of HMIs for Secondary Cycle Systems and Turbine Generator and its Auxiliaries

The following plant systems were simulated (broad listing):

- Reactor Kinetics (developed by the Reactor Physics Group and adapted by the Simulator Group)



- Reactor Regulating System
- Flux Mapping System
- Liquid Zone Control System (LZCS)
- Reactor Shutdown Systems (SDS) #1 and 2
- Channel Temperature Monitoring System (CTMS)
- Thermal Power Monitoring System (TPMS)
- Shut-off Rod Drive Control System (SRDCS)
- Moderator Main & Auxiliary Systems
- Moderator Liquid Poison Addition System (MLPAS)
- PHT Main Circulation System and Auxiliary Systems
- Shutdown Cooling System
- Emergency Core Cooling System (ECCS)
- Reactor Auxiliary Systems- End-shield Cooling System (ESCS), Calandria Vault Cooling System (CVCS), Annulus Gas Monitoring System (AGMS), ECCS Sump Recirculation System, Spent Fuel Storage and Purification System, D₂O Addition and Transfer System, D₂O Vacuum Mopping System.
- Secondary Side Water Systems- Main feed water System, Main Condensate System etc.
- Secondary Side Steam Systems- Main Steam System, Turbine and its Auxiliary Systems
- Electrical Systems and Electrical Supervisory Control and Data Acquisition System (ESCADA)
- Process Water Systems
- Ventilation Systems
- Compressed Air System
- Process Alarm System (PAS)-1 and 2
- Regional Overpower Protection Alarm System (ROPAS)-1 and 2
- Test and Monitoring System (TMS)- 1 and 2
- ECCS Test Facility (ETF)
- ECCS Alarm System (EAS)
- Containment Monitoring System (CMS), Containment Spray System (CSS) and Containment Spray Alarm System (CSAS)

All system models were developed and tested in the Simulator Development and Support System (SDSS) at HQ in stand-alone and integrated modes. To begin with, the KAPS-3 Simulator—the first 700 MWE PHWR simulator—models were utilized as base models and subsequently RAPP-7 specific design modifications were carried out. Some systems like ESCADA and Plant Water System were modeled afresh, while in other systems like Service Water System, Secondary Cycle Systems etc. specific changes were implemented. The first version of all plant models was completed by October 2021 and released at NTC along with the latest available versions of the OWSs for detailed testing. Subsequently, two more versions with implementations of Emergency Operating Procedures (EOPs) have been released in 2022 and 2023 after validations by the Simulator Validation Team for training of operators.

Stage 2B: Commissioning of Operator Work Station (OWS) & Human Machine Interfaces (HMI)

The 64-bit OWSs developed by the R&D-ES Group for the RAPP-7 MCR have also been used in the RAPP-7 Simulator Control Room in order to realise the replica nature of the RAPP-7 Simulator. These OWSs are housed inside various OCs and are used for testing, monitoring and operating various plant systems. The following OWSs have thus been simulated-

OWS#1 comprising of Safety Test & Monitoring System (STMS)-1A & 1B

OWS#2 comprising of Reactor Control & Monitoring System (RCMS)

OWS#3 comprising of Reactor Process Control & Monitoring System (RPCMS)

OWS#4 comprising of Containment Ventilation & Common Services Control and Monitoring System (CVCS-CMS)

OWS#5 comprising of RADAS (Radiation Data Acquisition System) and Beetle Monitoring System (BMS)

OWS#6 comprising of ESCADA

OWS#8 comprising of Disturbance Recording System (DRS)

These OWSs were first installed in the SDSS at HQ, integrated with their associated plant system models, verified and tested for various system operations as per design. Each OWS connects to the simulator server through a dedicated interface PC called the Auxiliary Node or AuxNode. Each AuxNode primarily has two Application Program Interfaces (APIs) to connect the OWS to the simulator server. The AuxNode also processes the data packets received from the simulator server before passing them on to the OWS and hence effectively reduces the data processing load on the simulator server.

The Secondary Cycle Systems are operated through a separate soft HMI called the Secondary Cycle System HMI (SCSHMI). This is basically an operator interface for the METSO Distributed Control System (DCS) for the Secondary Cycle System in RAPP-7&8. As these DCS functionalities have been simulated in the RAPP-7 Simulator, its HMI was emulated through a separate contract awarded to M/s ECIL and integrated with the simulator.



Fig-2: Representative LAN network in Simulator Control Room shows the LAN architecture of the I/O System, OWSS, SCSHMI and the simulator server at NTC. This LAN architecture for the RAPP-7 Simulator follows a distributed star network topology. It is evident that the I/O LAN and OWS LAN are two independent networks. While the I/O LAN establishes communication between the simulator server and all simulator hard panels (MCRPs and BCRP) through their respective I/O panels, the OWS LAN is used for communication between the simulator server and OWSS through the Auxiliary Nodes. The key simulator session control utilities like Instructor Station and Field Device Terminal (FDT) are also connected to the OWS LAN. The Remote Online Support System (ROSS) PCs connect the simulator at NTC with the SDSS at HQ through a leased line.

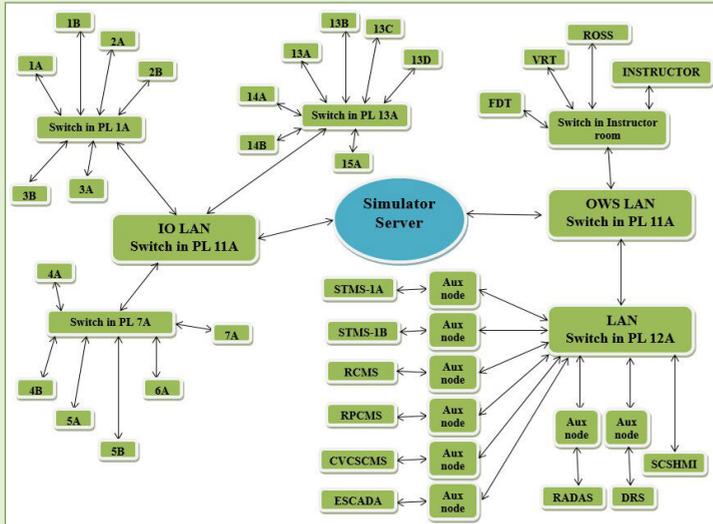


Fig 2: Representative LAN network in Simulator Control Room

Every simulator version includes installation of corresponding RAPP-7 MCR version of the OWSS along with the plant system model software.

Stage 3: In-house Validation of Integrated Simulator Software at HQ

In-house validation of the integrated simulator software along with all OWSS and SCSHMI is carried out before the installation and release of each simulator version. These validations are conducted by the Simulator Version Release Testing -Task Force (SVRT -TF) formed within the Simulator Group. The SVRT-TF certifies if the simulator version is fit for release at NTC.

The simulator is run from two initial conditions viz. 100% FP Initial Condition (IC) for various transients and exercises related to the equilibrium core and a COLD Xenon free IC for the exercise on the First Approach to Criticality (FAC) using the fresh core version of the space- kinetic model along with start-up instrumentation. The following Benchmark Transients (BMT) are tested by the SVRT-TF-

- Power manoeuvring and Restoration: Power lowering from 100%FP to 70%FP by initiating a setback and further lowering from 70% to 2% through RRS power reduction.
- Restarting the Reactor, Turbine rolling, synchronisation and restoring Reactor Power to 100 %FP.
- Gross Load Rejection
- Net Load Rejection

- Class-IV power failure
- Station Blackout
- Partial Failure of Process Water System Circulation [One loop of Active Process Water System (APWS)]
- Small Break LOCA
- Large Break LOCA
- Station Blackout (SBO)

These In-house validations have been carried out for the last two versions of the RAPP-7 Simulator as the SVRT-TF was constituted in 2022.

Stage 4: Independent Simulator Validation at NTC and Release for Operator Training

The Simulator Validation Team (SVT) is the nodal agency constituted to verify and validate the FSTS for all 700MWe projects. It carries out Simulator Verification and Validation as per the Simulator Validation Procedure (SVP). The SVP is used as the guiding document to verify plant system model configuration, equipment characteristics, logics and interlocks and OWS mimics and validate the simulator behaviour for various EOPs and Simulator Lesson Plans. The SVT submits its report to AERB.

Due to the COVID pandemic related travel restrictions, the SVT constituted a Site Simulator Validation Team (SSVT) to verify and validate the plant system models. The following activities were carried out by the SSVT for the R0 version at NTC from October 2021 onwards and separate system-wise reports were generated:

- **Verification of plant system model configuration and correctness of operator interfaces w.r.t.**

- The Scope of Simulation Document (SSD) for each system
- Simulator drawings used for model development like FSs and LDs
- OWS Mimic Diagrams



Release of RAPP-7 simulator R0.1 version by SVT at the site

- **Verification of equipment characteristics**

- Equipment like pumps, valves, tanks, compressors, steam generators, deaerator, condenser, generator, etc. were operated from OWS/MCRP/BCRP and verification of their characteristics was carried out as per approved Operating Procedures cum Checklists (OPCCs).



● Verification of Major Equipment & Systems and Logics & Interlocks

- Equipment logic and interlocks were validated as per the approved OPCs to confirm whether the simulated equipment behaviour was as per the design intent.

The SSVT tested 139 Simulator Lesson Plans (SLPs) and 44 EOPs identified by NTC in the R0 version. All observations reported by NTC based on SSVT testing were addressed and tested in the SDSS at HQ. Subsequently, in June 2022, RAPP-7 Simulator software version R0.1 was offered by Simulator Group to SSVT for testing.

Following Initial Conditions (ICs) were created at NTC by the SSVT as per SVP

- Reactor with fresh core, Prior to First Approach to Criticality (FAC)
- Reactor under Poison Shut Down (PSD) at 10^{-5} FP
- Reactor Critical at 10^{-4} FP (0.01% FP), PHT cold depressurized
- Reactor Critical at 1% FP, Unit on hot standby
- Reactor at 80 %FP
- Reactor at 100 %FP

These validations were conducted using the standard IC for equilibrium core except for FAC activity, where Fresh Core IC was used for validation.

SSVT carried out validations for the simulator behaviour in 148 SLPs and 48 EOPs in the R0.1 version. Simulated scenario progressions for various transients were compared with the analysis as described in EOPs and Preliminary Safety Analysis Report (PSAR) and found to be closely matching. Based on the satisfactory simulator responses, after due approval from the SVT, MODULE#1 of simulator training was imparted with 80 SLPs to Candidate Control Engineers (CCE) and Control Engineers (CE). Training was completed successfully on 20th May 2023 for 17 CCEs/ CEs in six groups and for Candidate Assistant Shift Charge Engineer (CASCE)/ Shift Charge Engineer (SCE) in twelve groups at RAPP-7 Simulator.

The SSVT submitted its final report to the SVT in June 2023. The SVT in its meeting conducted at NTC RR site on 14th June 2023 tested a selected list of transients and exercises for validation.



Meeting of Simulator Validation Team at RR site

Some of these exercises are listed below

- Spurious Calandria Box Up
- Loss of Feed Water to one SG
- Deaerator Inlet Control Valves Failed Close
- Tripping of Running BFP and Standby Fail to Start at 100%FP
- Turbine Trip on Class-A Protection
- Single PCP Trip
- Running PPP Trip and Stand-by Failed to Start at 100%FP
- SUT Tripping at 100%FP
- Condenser Vacuum Falling at Fast Rate
- Power Failure of One 6.6 kV Class-IV Bus
- Class- IV Power Failure Condition and subsequent restoration of Power Supply
- Net Load Rejection
- Gross Load Rejection
- Inadvertent Closure of One Or More HP Stop Valve
- Large CSDV Stuck Open
- Tripping of Running Moderator Pump and Discharge MV Stuck Open

The SVT reviewed the reports submitted by SSVT and concluded that the simulator response was found to be satisfactory and declared the simulator fit for conducting MODULE#2 training. This was a major milestone for the RAPP-7 Simulator in particular and RAPP-7&8 project in general. Subsequently, six batches of Operators (CCEs and ASCEs) have been successfully trained well before the scheduled RAPP-7 FAC as per AERB mandate.

World Association of Nuclear Operators (WANO) Corporate Peer Review (CPR) at RAPP-7 simulator at NTC RAPP was also conducted in October 2023. The scenarios selected for Crew Performance Observations (CPO) were successfully carried out in RAPP-7 Simulator and no major observation was reported during the CPO. This validation from an external agency has reinforced the confidence and demonstrated the capability of simulator development in NPCIL.

Conclusion

The RAPP-7 Simulator project is a completely indigenous, multi-disciplinary, well-coordinated activity, which was successfully realised only due to the close cooperation and commitment from various design groups in NPCIL HQ, construction and commissioning groups at project site, Nuclear Training Centre, Simulator Validation Teams (SVT/SSVT), multiple vendors/ sub-vendors across India and the modellers in Simulator Group.

References

- REPORT ON SIMULATOR VALIDATION & COMMENCEMENT OF TRAINING (MODULE -2) dated 09/11/2023
- INTERIM REPORT ON SIMULATOR VALIDATION & COMMENCEMENT OF TRAINING dated 28/02/2023





SMT. CHARUSHILA HARER (Scientific Officer/G), holds a B.E. in Computer Science and Engineering from Shivaji University, Kolhapur. She began her career in 2001 as a Trainee Scientific Officer with the 45th batch of BARC Training School. In 2002, she joined the NPCIL's RAPS Simulator Upgrade Project

(RSUP) group. In 2005, she transitioned to the Software Quality Assurance Group, where she was involved in the review of software documents and code for Computer-Based Systems. Since September 2010, she has been a part of the Simulator Group, contributing to the development of Computer-Based Systems and communication APIs for 220, 540, and 700 MWe simulators. Notably, she developed a structured and standardized communication API facilitating communication between the simulator server and operator workstation through a single Auxiliary Node.

SHRI SAURABH SHARDA (Scientific Officer/G), is an Electronics and Communication engineer from G.B. Pant Engineering College, Pauri-Garhwal, Uttarakhand. He joined NPCIL and Simulator Group in the year 2002. He is involved in the Simulator facility design coordination, design of simulator control room & Input/ Output interfaces, simulator infrastructure, Computer Based System simulation and interface development, Quality Management system implementation and various procurement related activities in Simulator Group. He is also the coordinator for RAPP-7 simulator and responsible for periodic version upgrade, version release, NTC coordination and associated activities.



SHRI HARSH VARDHAN JHA (Scientific Officer/E), holds a degree in Electrical Engineering from Jamia Millia Islamia, New Delhi. In 2013, he joined the BARC Training School as part of the 57th batch, and subsequently, in 2014, he became a member of the Simulator Group at NPCIL.

He completed his M.Tech in Electrical Engineering from Homi Bhabha National Institute (HBNI) in 2015. Shri Jha has been instrumental in designing and developing simulation software, which includes creating mathematical models for process dynamics and logic models for control and interlock simulations across various plant systems for PHWR simulators at NPCIL. His key responsibilities include simulating systems such as the Moderator Main and Auxiliaries, Reactor Auxiliaries, Common Services Systems, and first-of-a-kind systems like the Annulus Gas Monitoring System and Delayed Neutron Monitoring System for PHWR simulators.



Nuclear is an important (in fact, inevitable) option for long-term sustainable availability of electricity - in the context of both the climate change threat and the depletion of fossil fuels.

-Dr. R. Chidambaram



Energy that inspires. Stories that matter.



Npcil-Official



NpcilOfficial



Npcil-Official



NpcilOfficial



न्यूक्लियर पावर कॉर्पोरेशन ऑफ इंडिया लिमिटेड
Nuclear Power Corporation of India Limited



NpcilOfficial



At Nuclear Power Corporation of India Limited (NPCIL), we are proud to power India with safe, reliable, and sustainable nuclear energy. From cutting-edge innovations to our commitment to safety and sustainability, every milestone brings us closer to a cleaner, greener tomorrow.

Now, stay updated with our achievements, initiatives, and stories of impact, anytime, anywhere. Follow us on our official social media handles and be part of India's nuclear journey.

www.npcil.nic.in | www.npcilcareers.co.in



स्टीम जनरेटर का नीचे उतारते हुए करीबी दृश्य
A closer view of lowering of Steam Generator





स्टीम जनरेटर का स्थापन
Erection of Steam Generator



जनरेटर स्टेटर का स्थापन
Erection of Generator Stator

Cams Software Module For Tracking And Monitoring Of Corrective Actions Of Rajasthan Atomic Power Project (RAPP) - 7 & 8

Adarsh Sharma, Deputy Chief Engineer, (Section: ERP)

Corrective actions are improvements to an organization's processes taken to eliminate causes of non-conformities or any other undesirable situations. It focuses on the systematic investigation of the root causes of identified problems or risks in an attempt to prevent their recurrence.

The Apex Committee for Review of Operating Stations Safety (ACROSS) formed a Task Force for defining a Corrective Action Program (CAP) for NPCIL. The Task Force studied various existing systems at stations for the purpose and submitted a report on the same suggesting a common approach and an integrated Corrective Action Management System (CAMS) to be implemented.

A web-based in-house software application was developed by NPCIL HQ's IT group to track and monitor corrective actions originating from different sources until their closure for every station. It also provides management with insights into overall system improvements. This decentralized application is used at stations and HQ according to their various functions.

The system is implemented in a phased manner at all operating stations across NPCIL. The latest version of CAMS for RAPP-7&8 was implemented in May 2024 for tracking and monitoring of corrective actions originating from different sources, e.g., various Committee recommendations, Job observation programs, Low level events, Audits, Reviews etc.

Functional Features:

CAMS is developed as a set of functionally independent modules. Each module automates a process/source which originates the corrective actions.

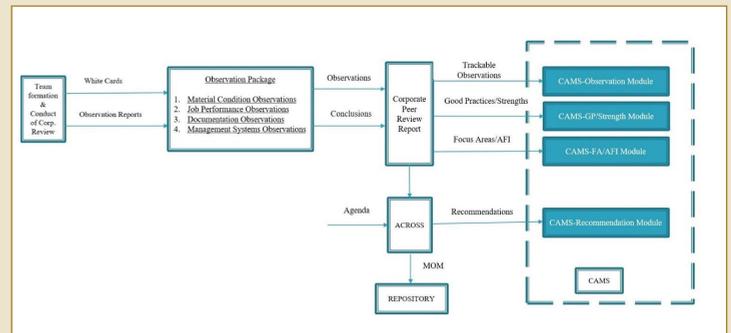
The major modules which cater to different sources originating corrective actions are:

- **Corporate Reviews:** Corporate Reviews are conducted periodically at all the NPPs for identifying the weaknesses in the policies, programmes and practices, by means of review of activities performed by employees, documentation and material condition at stations/projects. The entire corporate review process has been automated starting from review team formation, issue of notification, assigning host coordinator / area counterparts, entry of white cards (for reporting material condition deficiency) / observation reports, area summary reports and issue of Corporate Peer Review (CPR) report

This automation makes the Corporate Review process paperless, allowing

reviewers to record observations online and reducing the effort required for documentation and compilation.

Besides the Corporate Peer Review (CPR), other review processes such as CPR Follow-up Review, CPR during BSD, Restart Review, and Pre-Start-up Corporate Peer Review have also been fully automated. This reduces the time and effort needed to report, compile, monitor and track review outcomes.



Corporate Peer Review Process Automation in CAMS

- **Salient features and benefits of Corporate Review Automation:**
 - Standardized and uniform format for recording of white cards and observation reports.
 - Online recording of facts, observations, good practices and areas for improvements.
 - Dashboard for each role (e.g. Reviewers, Team Leader / Assistant Team Leader, Counterparts for reviewers, Host coordinator) for real-time monitoring and tracking.
 - Automated email notifications for user information and participation.
 - Central repository with appropriate access control for all the review records in one place.
 - Reduced manpower, time, and effort needed for documentation, with one-click generation of the Corporate Peer Review Report.
- **ACROSS Meeting Module:** Outcome of the different corporate review processes are discussed in ACROSS Committee meetings where recommendations are generated.

This module allows users to:

- Schedule meetings by online submission and circulation of meeting agendas.
- Online preparation and submission of minutes of meeting (MoM).
- Mark recommendations as tracking items in MoM.
- **Low Level Event (LLE) Module:** Low level events have no immediate significant impact on nuclear safety or plant performance, but have the potential to cause events or produce undesirable results under unfavourable circumstances or in combination with other coincident minor events. These events have minimal or sometimes no consequence.

With this module, any station employee can raise a LLE online. The system generates an online trend analysis of reported LLEs, helping management in identifying the weak areas. A quarterly LLE report can be generated with a single click and distributed via email to predefined designated recipients. This module is also used for reporting the safety related deficiencies and near misses.

- **Job Observation Module:** Job observations are the observation reports for finding gaps in the desired and actual work practices within a section. These observation reports are filled either through management field rounds or Job Observation Program (JOP) teams.

This module enabled the JOP teams to:

- Record observations online
- Mark observations as trackable, allowing further monitoring and closure by respective JOP process manager in the CAMS tracking module.

- **Recommendation Module:** Recommendations are 'action guidelines' proposed by authorized teams or committees at either the station or HQ level. Station Committee recommendations are recorded by process managers in CAMS and assigned to various agencies. HQ committee recommendations are recorded in the HQ server and automatically transferred to site CAMS server through scheduled jobs. Stations update the status of action taken, which is reflected in the HQ CAMS server for monitoring and tracking.

- **Scheduler Module:** Time-bound repetitive tasks such as equipment maintenance and document revisions are managed through this module. Once schedules are defined in the master data, jobs are automatically generated on the due date. These jobs are tracked and monitored within CAMS.

- **Monthly Performance Report:** Monthly Performance Reports are submitted every month from the operating stations to HQ for performance monitoring and analysis. This module provides the facility for stations to upload the monthly performance report in MS Word format with embedded parameters defined in Word format itself.

- **Tracking Module:** This module is used for tracking and monitoring of corrective actions generated through various sources/modules. The tracking module is integrated with the work management system (iWMS) which is being used across NPCIL operating stations for work management. For each corrective action generated in CAMS there is a respective job created in iWMS.

Technical & Security Features: CAMS is developed using Coldfusion as the front end and SQL Server as the back-end database. The modular design ensures that each module functions independently with minimal interaction with other modules, enhancing maintainability. The decentralized architecture reduces dependence on communication links between sites and HQ. Additionally, CAMS interfaces with other station systems to minimize data duplication and workload repetition.

A holistic approach was taken to incorporate information security at every stage of software development, following the principles of defense-in-depth.

The salient technical & security features of the application are as follows:

- Security controls as per OWASP web application security guidelines are incorporated in the design and development to prevent SQL Injection, Cross Site Scripting attacks and other web application vulnerabilities.
- Multi-level authorization for administration activities.
- Comprehensive logging mechanisms including audit logs, exception logs, and activity logs to track user actions

Organizational benefits: CAMS serves as a single-window solution for managing corrective actions across NPCIL. Key benefits include:

- Standardization of observation recording practices across NPCIL.
- Single window for tracking and monitoring of corrective actions.
- Trend analysis to identify effective corrective actions and prevent recurrence.
- Real-time status updates on corrective actions.
- Facilitation of good practice sharing across NPCIL.
- Improved visibility of outputs and results across multiple departments and management levels.
- Gives a bird's eye view to focus on areas for improvement.

Future plan

Currently, CAMS generates analyses and trends at the station level. In future, corporate level analysis and trending can be done for identified parameters. Additional modules can be developed as and when needed to automate the processes generating corrective actions.

References

OWASP. (2021). OWASP Top 10: 2021. <https://owasp.org/Top10>



SHRI ADARSH SHARMA (Scientific Officer/F), is an M. Tech (Info. & Comm. Technology) graduate and full stack web application developer. He has extensive experience in design & development of secure web applications using Coldfusion and .NET technologies and is a Certified ISO 27001 Lead Auditor. He is responsible for design, development and maintenance of critical business applications used at operating plants.



Merits And Demerits Of Low Back Pressure In Condenser

Abdul Rehman (Technical Officer/F), **Srinivasarao Adari** (Technical Officer/F & Head FE),
(Section: Field Engineering)

Objective

A comprehensive study of the merits and demerits of lower back pressure than the design value in the low pressure (LP) turbine (i.e. more vacuum in the condenser than the design value) for more power output at the generator end corresponding to the steam parameters at High Pressure (HP) HP turbine inlet, which are the same as the design values.

Introduction

Nuclear power plant as well as thermal power plants are more or less same in design except for the source of energy for steam generation. Turbines are used to convert this potential energy of steam into mechanical energy in the form of the rotation of the turbine shaft and an electrical generator is also coupled with the turbine shaft to convert this mechanical energy into electrical energy at the end of the electrical generator.

The demineralised (DM) water is used to capture the potential energy at high pressure and temperature from the energy source and convert it into steam form when the temperature becomes equal to or more than the boiling point temperature corresponding to the pressure. A part of this energy is used for the rotation of the turbine shaft and the remaining energy is released/ discharged in the condenser at low pressure and low temperature which is called “useless energy.” Further this useless energy is transferred to the Condenser Cooling water

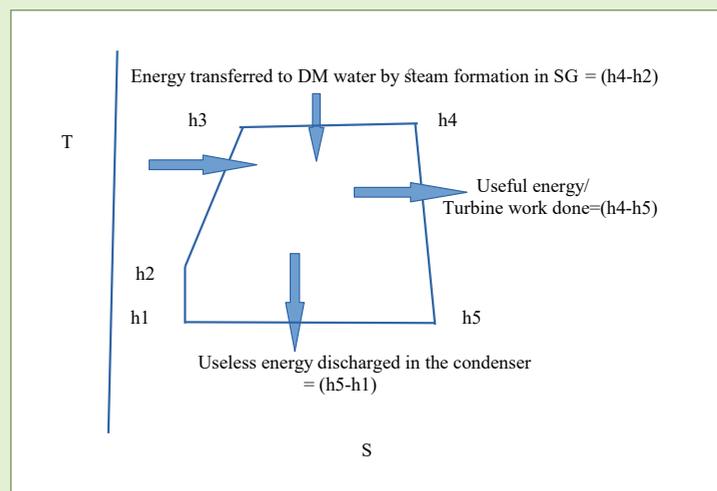
(CCW) by a heat exchanging process in the condenser between turbine outlet steam and condenser cooling water. This steam at low pressure and low temperature is converted into water form and the same is collected in the hot well of condenser. This water with the help of Condensate Extraction Pumps (CEP) is delivered into the De-aerator Tank. This De-aerator tank is directly connected with a condensate storage tank, which is just below it. The suction of the Boiler Feed Pump (BFP) is connected with the condensate storage tank and its delivery pipe is connected with the Steam Generator (SG) in case of a nuclear power plant and the boiler drum in case of a thermal power plant. The steam generated in the SG is withdrawn through pipes and fed into the turbine for the turbine shaft rotation. This is a brief description regarding the closed cycle which is used to convert the heat (one more cycle is also used in the case of a nuclear power plant, i.e. heat generated in the reactor is

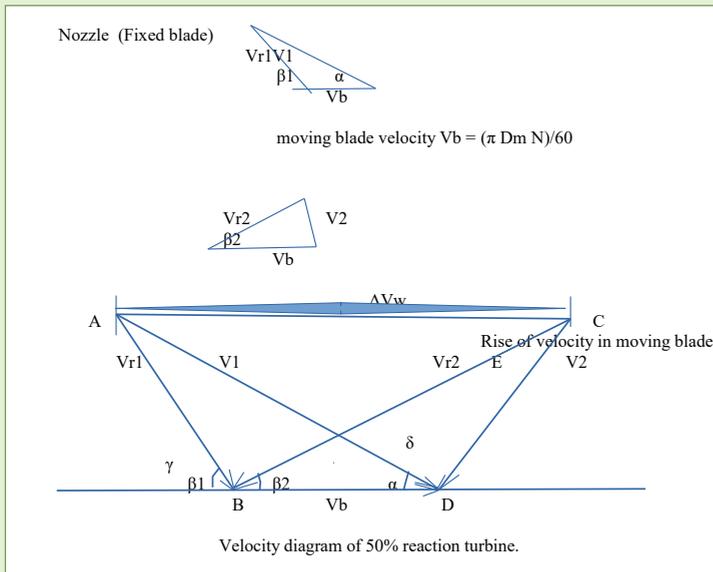
carried out by the Primary Heat Transfer (PHT) system and the same is exchanged/transferred to the secondary cycle in the SG) of the prime energy source to electrical energy.

Design data as mentioned in drawings

- The expansion goes from 42.9 bar abs (Absolute) upstream of the HP admission valves, down to 0.090 bar Abs (absolute) in the main condenser.
- To guarantee active power at the generator output of 716 MW at 100% Turbine Maximum Continuous Rating (TMCR) conditions considering the live steam input of: Parameters HP admission steam Pressure (bar abs) 42.9 Temperature (°C) 254.5 Enthalpy (kJ/kg) 2794.25 Mass flow rate (kg/s) 1075.95 System design data at 100% TMCR .
- Protection against high pressure in the condenser- pressure transmitters located at each of the LP exhausts [1]:
 - a) $P > 250$ mbar abs TRIP of the Turbine Generator Unit (TGU) The pressure is detected through 3 (per LP) pressure transmitters dedicated to the turbine protection system. The trip signal is a 2 of 3 voted order that triggers the immediate shutdown of the turbine and the automatic opening of: a) The spray water shut-off valve, b) All the shut-off drain valves.
 - b) $P > 1.4$ bar abs – Bursting of the rupture disks.

Calculation methodology





Notations:-

- A0 Average annulus area at last stage
- V Total volume of steam at LP exit
- D2 Outer diameter of last stage of LP
- D1 Inner diameter of last stage of LP
- Sv Specific volume of steam at LP outlet
- Sm Mass flow rate of steam at LP outlet
- V1 Absolute velocity of steam at inlet of last stage of LP
- V2 Absolute velocity of steam at outlet of last stage of LP
- Vr1 Relative velocity of steam at inlet of last stage of LP
- Vr2 Relative velocity of steam at outlet of last stage of LP
- Vf1 Axial velocity of steam at inlet of last stage of LP
- Vf2 Axial velocity of steam at outlet of last stage of LP
- Vw1 Velocity of whirl at entry of moving blade, which is a tangential component of V1.
- Vw2 Velocity of whirl at exit of moving blade, which is a tangential component of V2.
- Fv Force acting on turbine blades for revolution
- alpha Nozzle angle
- beta1 Blade angle at inlet
- beta2 Blade angle at exit.
- Dm Mean diameter of blade
- N RPM of turbine.
- (Δhs)fb Isentropic Enthalpy drop across the fixed blade.
- (Δhs)mb Isentropic Enthalpy drop across the moving blade.

For 50% Reaction turbine, the manufacturing advantage is that the both fixed blade and moving blade are similar in shape and they can be extruded from the same set of dies.

Again, the difference of axial velocity of steam at inlet and outlet of last stage of LP turbine is zero (i.e. ΔVf=0), there is no axial thrust imposed on the blades due to change in axial velocity in a 50% reaction turbine (i.e. Axial velocity at inlet and outlet will be almost the same to avoid axial thrust /force along the shaft axis). However, there will be considerable axial thrust produced due to the pressure difference across the blades in each rotor disc.

Since Isentropic Enthalpy drop across the fixed blade= Isentropic Enthalpy drop across the moving blade and Absolute velocity of steam at inlet of last stage of LP= Relative velocity of steam at outlet of last stage of LP (Δhs)fb=(Δhs)mb and V1= Vr2

Again, from similar geometry $\alpha = \beta_2 = 180 - \gamma$(1) Ref. Fig-1

The triangle ADB and DBC are similar hence, Vr1= V2 and $\beta_1 = 180 - \delta$ or $\delta = 180 - \beta_1$(2) Ref. Fig-1

Steam properties at different temperature and pressure are taken from steam table (Ref. Table no.-1)
The steam flow required for 700MWe can be calculated as

Annulus area (A0) in the last stage of turbine:-

Average annulus area at last stage = $[(\pi/4) * (\text{square of outer dia of last blade} - \text{square of inner dia of last blade}) - (\text{number of blade} * \text{width of blade} * \text{height of blade})]$

$$A0 = [(3.14/4) * \{(D2)^2 - (D1)^2\} - (N * W * Hb)]$$

All above parameters were fixed when the turbine was designed. Hence A0 has a constant value for the turbine which has been manufactured for a particular design data.

The velocity of steam can be calculated as:-

Total volume of steam at LP turbine outlet (M³/sec) = specific volume of steam at outlet (M³/kg) * mass flow rate of steam (Kg/sec) = Annulus area (M²) * velocity of steam at outlet (M/sec)

$$V = Sv * Sm = A0 * V2 \dots \dots \dots (3)$$

or
 $V2 = (Sv * Sm) / A0 \dots \dots \dots$ The rearrangement of (3).....(4)

From velocity diagram (Ref. Fig.-1)
 $Vw1 = V1 \cos(\alpha) \dots \dots \dots (5)$

$$Vw2 = V2 \cos(\delta) \dots \dots \dots (6)$$

$$Vf1 = V1 \sin(\alpha) \dots \dots \dots (7)$$

$$Vf2 = V2 \sin(\delta) \dots \dots \dots (8)$$



$\Delta V_f=0$, there is no axial thrust imposed on the blades due to change in axial velocity in a 50% reaction turbine. Hence,

$$V_{f1}=V_{f2} \dots\dots\dots (9)$$

The values of V_{f1} and V_{f2} are substituted in (9) from (7) and (8)

$$V_1 \sin(\alpha) = V_2 \sin(\delta) \text{ or } V_1 = V_2 \sin(\delta) / \sin(\alpha) \dots\dots\dots (10)$$

The value of δ is substituted in (10) from (2)

$$V_1 = V_2 \sin(180-\beta_1) / \sin(\alpha) = V_2 \sin(\beta_1) / \sin(\alpha) \dots\dots\dots (11)$$

and

$$\Delta V_w = V_{w1} - V_{w2} = V_1 \cos(\alpha) - V_2 \cos(\delta) \dots\dots\dots (12)$$

The values of V_1 and δ are substituted in (12) from (11) and (2) then

$$\begin{aligned} &= \{V_2 \sin(\beta_1) \cos(\alpha) / \sin(\alpha)\} - V_2 \cos(180-\beta_1) \\ &= V_2 \{\sin(\beta_1) \cot(\alpha) + \cos(\beta_1)\} \dots\dots\dots (13) \end{aligned}$$

The force acting on turbine blades for revolution of turbine shaft as well as electrical generator can be represented as

$F_v =$ steam mass flow rate * Difference of tangent component of velocity at inlet and outlet

Here, only the last stage of LP turbine is considered.

$$F_v = S_m (V_{w1} - V_{w2}) \dots\dots\dots (14)$$

The value of $(V_{w1} - V_{w2})$ is substituted in (14) from (13)

$$F_v = S_m * V_2 \{\sin(\beta_1) \cot(\alpha) + \cos(\beta_1)\} \dots\dots\dots (15)$$

The value of V_2 is put in (15) from (4)

$$\begin{aligned} F_v &= S_m * S_v * S_m \{(\sin(\beta_1) \cot(\alpha) + \cos(\beta_1)) / A_0\} \\ F_v &= (S_m * S_v * S_m) * C \dots\dots\dots (16) \end{aligned}$$

where $C = \{(\sin(\beta_1) \cot(\alpha) + \cos(\beta_1)) / A_0\}$ is a constant value because all these parameters are fixed at the time of turbine design stage

Hence

$$F_v = (S_m * S_v * S_m) * C \dots\dots\dots (17)$$

When the unit is run/ operated at design parameter (back pressure in condenser is 90mbar abs) then force on last LP blade

Suppose X force is acting on the last stage blade of LP turbine when back pressure in condenser is at design value (90mbar abs)

$$F_{v1} = (S_{m1} * S_{v1} * S_{m1}) * C = X \dots\dots\dots (18)$$

When the unit is run/ operated at other than design parameter (back pressure in condenser is less than 90mbar abs) then force on last stage blades of LP turbine.

$$F_{v2} = (S_{m2} * S_{v2} * S_{m2}) * C \dots\dots\dots (19)$$

The increased value of force on LP last stage blades due to lower back pressure in condenser with respect to design value is calculated in the form of percentage.

$$= (F_{v2} - F_{v1}) * 100 / F_{v1} \dots\dots\dots (20)$$

The values of ' F_{v2} ' and ' F_{v1} ' are substituted in equation (20) from (19) and (18)

$$\begin{aligned} &= \{(S_{m2} * S_{v2} * S_{m2}) * C - (S_{m1} * S_{v1} * S_{m1}) * C\} * 100 / (S_{m1} * S_{v1} * S_{m1}) * C \\ &= \{[(S_{m2} * S_{v2} * S_{m2}) - (S_{m1} * S_{v1} * S_{m1})] * 100 / (S_{m1} * S_{v1} * S_{m1})\} \dots\dots\dots (21) \end{aligned}$$

In calculation, a constant factor is applied for steam flow rate reduction (since turbine work output will increase due to lower back pressure in the condenser. So, to obtain the same output from the generator end i.e. 716 MWe, which is the value at design data, the steam flow rate will have to be reduced) at HP inlet, LP outlet as well as all extractions taken between SG outlet and LP outlet for each case of back pressure in the condenser with respect to design data when back pressure in the condenser is 90 mbar abs.

Description

It is desired that more output is obtained from less input. The ratio of output to input is known as the efficiency of a system. The efficiency of a power plant can be increased by two ways:

- First way is, by increasing the average temperature of steam formation in the SG but there are limitations due to material properties at high temperature and pressure required to sustain the forces and stresses for the plant lifetime.
- Second way is by decreasing the average temperature of heat discharge in the condenser (i.e. decreasing / lower the back pressure in the condenser) but limitations arise as number of low pressure (LP) turbines as well as condensers are to be increased (To handle the volume of steam corresponding to the back pressure in the condenser and to keep the forces on the last stage blades of LP turbine within design limit) which is not preferable because it requires more capital cost as well as more space is required in comparison to the increase of power output.

For the design of a turbine, following input data is required:-

- a) Output required from the electrical generator end.
- b) Temperature and Pressure of steam at the turbine inlet.
- c) Back pressure at the turbine outlet in the condenser.
- d) Steam quality acceptable at the last stage of LP turbine to avoid the pitting effect and erosion.
- e) Ready availability of material and their properties at high temperature and pressure.



First of all, the first and last stage blade of the turbine are designed and their height is fixed based on the available material and its properties corresponding to the pressure, temperature and Rotation Per Minute (RPM) of the turbine.

The number of LP turbines are decided based on the annulus area required to handle the volume of steam flow per second required for the generation of electrical power as required (i.e 700MWe In the case of RAPP-768) relative to the annulus area of one LP turbine which is capable of handling the maximum volume at design parameters.

The force on the last stage blades of LP turbine is assumed as X when the unit is being operated at full load and on design parameters. The back pressure in the condenser is at design value i.e. 90 mbar(abs) and the corresponding saturation temperature of steam which is to be discharged into the condenser is 43.9 °C.

The vacuum/back pressure in the condenser is controlled by the temperature of condenser inlet water to a certain extent. Hence, if the circulating cooling water (CCW) inlet temperature is reduced from design value i.e 32°C to lower than design value i.e. 30°C or 25°C or 18°C or lower than 18°C, the difference between CCW inlet temperature and temperature of steam which is being discharged into the condenser increases. Second point is that less heat will be discharged in the condenser with respect to design value i.e 416.91*10⁶ Kcal/hr because turbine output will increase by the same amount of heat discharged has reduced in the condenser with respect to the same input to HP turbine i.e the value of pressure and temperature at HP inlet is maintained at the same as the design value). From the condenser performance curve, we can read the value of back pressure in the condenser with respect to CCW inlet temperature and the heat quantity transferred in the condenser to CCW.

The following questions may arise in the approach discussed above:

How will low back pressure be achieved in the condenser?

The answer to the above question is: if the same heat load is being discharged in the condenser as the design value i.e 416.91*10⁶Kcal/hr (each condenser) and only CCW inlet temperature is reduced from design value i.e 32°C to 18°C, the back pressure in the condenser will be approximate 50mbar abs as per the condenser performance curve. Another point is that turbine work output has been increased due to less back pressure / more vacuum in the condenser. Hence, the condenser

heat load will definitely decrease. Finally, we can say that back pressure in the condenser will be less than 50mbar abs when CCW inlet temperature is 18°C.

Is it possible that the CCW inlet temperature can be 18°C?

The answer of above question is yes - the temperature of environment becomes less than 10°C in the winter season and especially in night hours around 2 to 5 o'clock in North India (Rawatbhata site also). So the temperature of air which carries out the heat from CCW is also around it, and it is possible that CCW temperature may be 18°C or less and in the case of IDCT, the velocity of air is also increased by the induced force of the fan.

Dryness fraction of steam also plays a vital role in the turbine work Output, cycle efficiency, force on the last stage blades of LP turbine and back pressure in the condenser, etc.

As the dryness fraction is already mentioned in the Heat Balancing Diagram (HBD) at back pressure of 90 mbar (abs) in the condenser, and for other than 90 mbar (abs) back pressure in the condenser, a vertical straight line drawn from the dryness fraction corresponding to 90 mbar abs pressure on the T-S diagram and values are read from the chart at different back pressure in the condenser for calculating the specific volume of steam and enthalpy at the outlet of LP turbine.

The values which are considered for dryness fraction of steam corresponding to back pressure in the condenser other than design value may have some error in it.

The answer to the above question is yes and there are two possibilities:

- 1) The value of dryness fraction may be slightly more than what has been taken corresponding to the back pressure in the condenser.
- or
- 2) The value of dryness fraction may be slightly less than what has been taken corresponding to the back pressure in the condenser.

In Case 1, when the specific volume is more than the value has been considered in calculation, more force will act on LP last stage blades compared to what is mentioned in Table-1 and the same may be seen in Table-2 when the dryness fraction is considered the same as design value 0.909 for all the cases of different back pressure in the condenser. Hence, the forces mentioned in Table-1 are corresponding to ideal conditions and are lower than actually/really required to be handled by LP last stage blades .



In Case 2, when the specific volume is less than the value has been considered in calculation, the water content is to be increased in steam and as a consequence, the hammering effect will occur on the blade which is moving @3000RPM along with slightly less force as mentioned in table -1 and it is more dangerous than case one.

Observations

It may be seen from table-1, the force experienced by the last stage blades of LP turbine is X when it is being operated at design parameters and back pressure in the condenser is 90mbar (abs). The force increases by a factor as 0.53 %, 12.59 %, 35.71%, 61.45% and 69.88 % of X when back pressure in the condenser becomes as 81.99, 69.91, 53.18, 42.42, 40.04mbar (abs) respectively for the same output as the design value (716 MWe as per HBD) from generator end and steam flow rate reduces by a factor as 3.2%, 4.7%, 7.5%, 9.07% and 9.22% respectively of design value because turbine output has increased by the same amount of heat discharged in the condenser has reduced. The efficiency of the system increases by a considerable figure as shown in table-1, simultaneously, the force to be experienced by the last stage blades of LP turbine also increases by the values as mentioned above and it may lead to failure of turbine blades.

From table -3 and the HBD of 716 MWe, it may be seen that the force experienced by the last stage blades of LP turbine is reduced by (-)14% and (-) 28% of X (i.e. less force is being experienced by blades) when back pressure in the condenser is 84.9mbar (abs) and 80.06 mbar (abs) with respect to the design value at partial load as 90% and 80% of thermal power respectively (i.e. Generator output is 637 MWe and 558 MWe respectively as mentioned in HBD of 700 MWe) because steam flow rate has been reduced by a factor of 11.21% and 22.26% respectively of the design value instead of steam flow rate reduction as 3.2, 4.7, 7.5, 9.07% and 9.22% when back pressure in the condenser is

81.99, 69.91, 53.18, 42.42, 40.04mbar abs at full load. It is observed in the HBD of 716 MWe, several cases are considered at different operating parameters and conditions but no single case is taken for heat balance with back pressure in the condenser is less than 90mbar abs at full load of the unit.

When back pressure in the condenser is low or other than design value, the specific volume of steam w.r.t. design value will change and it may increase or decrease depending on the back pressure in the condenser. The absolute velocity of steam at inlet of the blade is a function of specific volume of steam and steam flow rate (i.e. total volume of steam flow) because annulus area is constant. It may be seen from the velocity diagram that nozzle angle and moving blade angle are constant so whenever absolute velocity changes, the relative velocity at inlet of the moving blade will also change and steam will blow at an angle other than the designated blade angle of the moving blade at inlet. It will cause an increase in the turbine shaft vibration.

It is also observed that the protection against high pressure in the condenser is mentioned in drawings as pressure transmitters located at each of LP exhausts

- a) $P > 250$ mbar abs TRIP of the TGU The pressure is detected through 3 (per LP) pressure transmitters dedicated to turbine protection system. The trip signal is a 2 of 3 voted order that triggers the immediate shutdown of the turbine and the automatic opening of: 1) The spray water shut-off valve 2) All the shut-off drain valves-
- b) $P > 1.4$ bar abs: Bursting of the rupture disks.



Table -1

HP turbine inlet temp: 254.5 and pressure: 42.9bar (abs) and generator output 716 MWe in all cases at different back pressure in the condenser.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sr. no.	Total steam flow (through 1HP turbine) at HP inlet (kg/sec)	Total steam flow (through 3 LP turbine) at LP outlet (kg/sec)	Specific volume of steam at LP outlet (m ³ /kg)	Back pressure In condenser / LP turbine exit pr. (mbar) abs.	Dryness fraction at LP exit	GT out with respect to turbine work done (%)	Turbine work done with respect to HP inlet energy (%)	GT out with respect to HP inlet energy (%)	Force experienced by last stage blades of LP turbine at different back pr. (see col.-566)
1	1038.61	665.11	14.759	90.0	0.909	98.11	25.15	24.67	Suppose it is X
2	1005.38	643.83	15.834	81.99	0.895	98.11	25.98	25.49	100.53 % of X
3	989.80	633.85	18.296	69.91	0.89	98.11	26.39	25.89	112.59% of X
4	960.72	615.23	23.409	53.18	0.88	98.11	27.18	26.67	135.71% of X
5	944.49	604.84	28.813	42.42	0.875	98.11	27.65	27.13	161.45% of X
6	942.85	603.79	30.423	40.04	0.875	98.11	27.7	27.18	169.88% of X

Table -2

HP turbine inlet temp.: 254.5 and pressure: 42.9bar (abs) and generator output 716 MWe in all case at different back pressure in condenser and dryness fraction is kept fixed as 0.909 in all cases.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sr. no.	Total steam flow (through 1HP turbine) at HP inlet (kg/sec)	Total steam flow (through 3 LP turbine)at LP outlet (kg/sec)	Specific volume of steam at LP outlet (m ³ /kg)	Back pressure In condenser / LP turbine exit pr. (mbar) abs.	Dryness fraction at LP exit	GT out with respect to turbine work done (%)	Turbine work done with respect to HP inlet energy (%)	GT out with respect to HP inlet energy (%)	Force experienced by last stage blades of LP turbine at different back pr. (see col.-5)
1	1038.61	665.11	14.759	90.90	0.909	98.11	25.15	24.67	Suppose it is X
2	1036.12	663.51	16.082	81.99	0.909	98.11	25.21	24.73	108.44% of X
3	1030.61	659.79	18.686	69.91	0.909	98.11	25.34	24.86	124.67% of X
4	1021.37	654.07	24.180	53.18	0.909	98.11	25.57	25.09	158.44% of X
5	1014.00	649.35	29.933	42.42	0.909	98.11	25.76	25.27	193.32% of X
6	1012.12	648.5	31.605	40.04	0.909	98.11	25.81	25.32	203.36% of X



Table -3

HP turbine inlet temp.: 254.5 and pressure: 42.9bar (abs) and generator output 637 MWe i.e.: 90% thermal as per data given in HBD Sr. No. 1 and 558.06 MWe i.e.: 80% thermal as per data given in HBD at Sr. No. 2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Sr. no.	Total steam flow (through 1HP turbine) at HP inlet (kg/sec)	Total steam flow (through 3 LP turbine) at LP outlet (kg/sec)	Specific volume of steam at LP outlet (m3/kg)	Back pressure In condenser / LP turbine exit pr. (mbar) abs.	Dryness fraction at LP exit	GT out with respect to turbine work done (%)	Turbine work done with respect to HP inlet energy (%)	GT out with respect to HP inlet energy (%)	Force experienced by last stage blades of LP turbine	Gen. End Load (MWe)	Load in %
1	922.2	599.5	15.622	84.9	0.912	98.55	25.08	24.72	86% of X	637	90%
2	807.4	534.04	16.474	80.06	0.916	98.46	25.12	24.74	72% of X	558	80%

Conclusion

Table -4 description

Force experienced by the last stage blades of LP the turbine when operated /run at a low back pressure than the design value in LP turbine (i.e. more vacuum in condenser than design value) for 100% output .

1	2	3	4	5	6	7
Sr. no.	Generator end load (MWe)	Back pressure In condenser / LP turbine exit pr. In mbar (abs.)	Dryness fraction at LP exit	Total volume to be handled by LP last stage blades (M3/sec) (3 Nos LP turbine of RAPP768)	Force experienced by last stage blades of LP turbine	Remarks
1	716	90.9	0.909	9816.36	Suppose it is X	100% load and force is X
2	716	81.99	0.895	10194.70	100.53% of X	100% load and force is greater/more than X
3	716	69.91	0.89	11596.92	112.59% of X	100% load and force is greater/more than X
4	716	53.18	0.875	17427.25	161.45% of X	100% load and force is greater/more than X
5	716	42.42	0.875	17427.25	161.45% of X	100% load and force is greater/more than X
6	716	40.04	0.875	18369.10	169.88% of X	100% load and force is greater/more than X
7	637	84.9	0.912	9365.39	86 % of X	90% load and force is less than X
8	558	80.06	0.916	8797.77	72% of X	80% load and force is X



It may be seen from Table No.-4, the last stage blades of the LP turbine are not handling more than the design value of steam volume at partial load as per HBD of 716 MWe. But in the case of full load at the generator end and low back pressure in the condenser, they have to handle more than the design value in all cases.

Hence, the unit can be run or operated at back pressure less than 0.900 mbar abs in the condenser but at partial load. The force on the last stage blade the of LP turbine is a function of the steam volume to be handled by it. Hence, The data regarding the maximum volume which can be handled by each LP turbine without exceeding the design value of forces on the last stage blades of LP the turbine and the corresponding lowest back pressure in the condenser, considering the number of LP turbines are (dedicated for a single unit) is to be run/operated at full load and partial load, as mentioned in the operation manual of the unit.

Turbine shaft vibration may increase if the total volume of steam flow rate to be handled by the LP turbine, is other than the design value and one reason of this may be low back pressure in the condenser.

A protection system against lower back pressure or high vacuum in the condenser should be used to prevent failure of the last stage blades of the LP turbine in the winter season.

At sites located in areas where environmental temperature drops significantly in winter (while LP the turbine is designed for environmental temperatures corresponding to the summer season), temperature variation affects the temperature of condenser cooling water at the condenser inlet.

Advantages

- 1) The possibility of failure of LP turbine blades decreases.
- 2) The possibility of Turbine shaft vibration decreases.

Limitation

- 1) An additional device has to be installed in the condenser to maintain the lower limit of vacuum in the condenser

Reference

- 1) KAPP-364-41119-6001/DM
- 2) KAPP-364-40000-6002/SK
- 3) KAPP-364- 41010-6277/DC
- 4) Power plant note book and steam table.

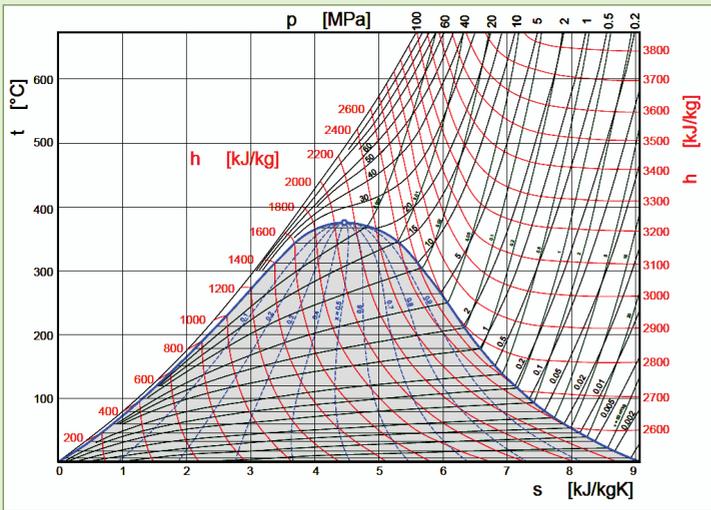


Fig 1

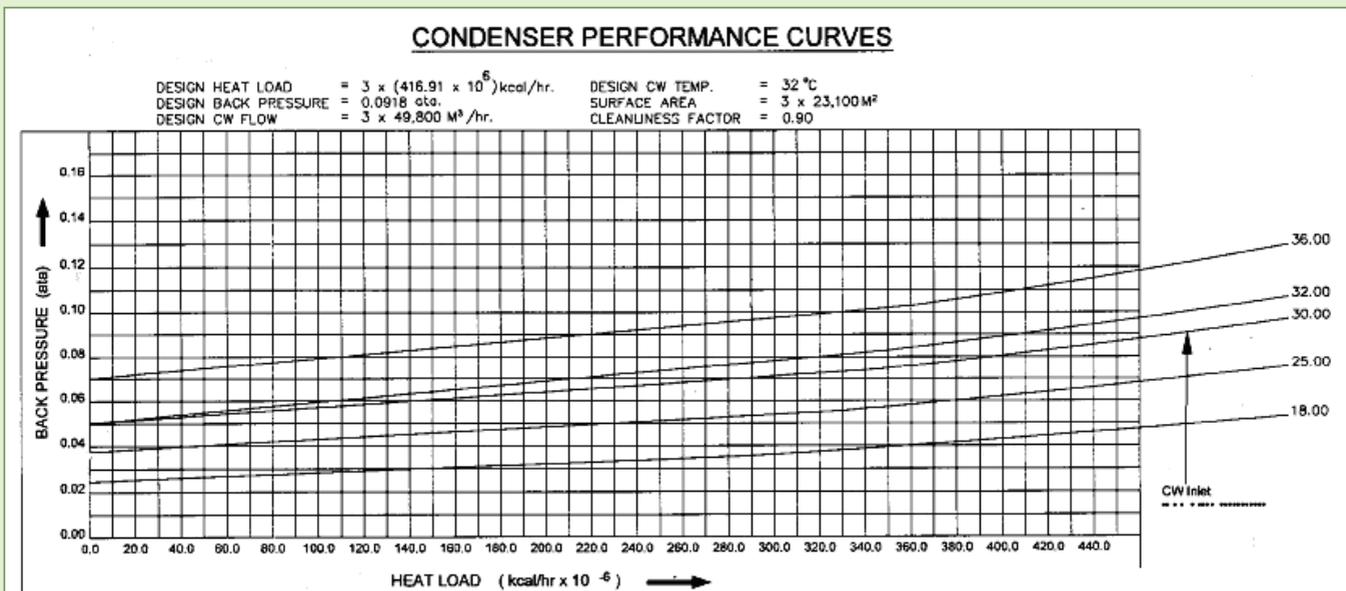


Fig 2





SHRI SRINIVASARAO ADARI (Technical Officer/F), is a Chemical Engineer. He has previous work experience in steel & power sector. After completion of 2 years working with Engineering directorate, JNPP, he worked in Field Engineering group at KAPP#364 project. He was actively involved in reviewing and resolving various technical & interference issues during fabrication, erection, installation of Embedded

parts, RB Liner, piping & equipment under Conventional, Nuclear, Waste management, Upgradation and Secondary cycle systems. He contributed immensely for successful completion of PHT Feeder erection at both FM vaults followed by PHT Hot Hydro test of main circuit & PHT Hot Conditioning at KAPP#364 and RAPP#7. He also contributed in resolving high temperature issue at Pump room by installing provision of Independent Chilled water system at KAPP#364 as well as RAPP#768. Presently he is working as Head-Field Engineering group, RAPP#768, where he worked as Member Secretary for Reactor building leak test (RB#8 - ILRT), box-up committees for ECCS sump, Calandria & Calandria vault and Independent Expert Committee for High Enthalpy area structural platform modification at Pump room and ensured that site works were successfully completed meeting Design Intent.



SHRI ABDUL REHMAN (Technical Officer/F), is a mechanical engineer. He has previous experience in Power sector. In KAPP-364, he was posted in Main Plant Civil group to manage the mechanical related work. There he contributed significantly towards smooth fabrication of embedded parts (EPs), steel liner in RB, SFSB liner modules etc. and erection also. In January 2020, he was transferred into Field Engineering (FE) group. There he was actively involved to resolve interferences issues as well as to review the Circuit Release Reports (CRRs) and Construction Completion Certificates (CCCs) of various system (TG, BOTIP, Ventilation system etc.) in the first 700 MWe Indian PHWR which are prerequisite requirement for commissioning of any system. In March 2024, he was transferred from KAPP-364 to RAPP-768. Presently he is working in Field Engineering (FE) group at RAPP-768.



Nuclear energy, together with renewable energy, is and will be the essential part of our energy mix. Nuclear is a cost-effective way to decarbonization. It brings grid stability and security of supply. It is the only way to reach our energy independence.

-Petr Fiala





Experience Of Indigenized Three Pitch Integral Coaxial Inconel SPNDs In 700 MWe Indian Pressurized Heavy Water Reactor

Vinay Kumar Soni, Additional Chief Engineer, **Amresh Dinesh Prasad**, Additional Chief Engineer, **Manoj Jain**, Chief Engineer, **Nita Singh**, Associate Director, (Section: Reactor Control, C & I)

Introduction

In-core Neutron flux monitoring employing prompt responding three-pitch Integral Coaxial Inconel SPNDs in 700MWe IPHWRs is important as 25% more power is extracted from the similar core of 540 MWe. Existing single-pitch SPND may lead to spurious trip during on-power refuelling. Thus, three-pitch SPNDs are essential for Regional Overpower Protection (ROP) and also for regulation functions. These SPNDs have been manufactured indigenously employing rugged coaxial geometry. Several in-pile experiments were carried out to establish emitter sensitivity and lead current.

● Manufacturing technique

For manufacturing, Inconel tubes, Inconel rods (refer to Figure 1), and baked MgO hollow blocks (refer to Figure 2), conforming to ASTM standards, were used.



Figure 1: SPND Inconel Tube and Rod

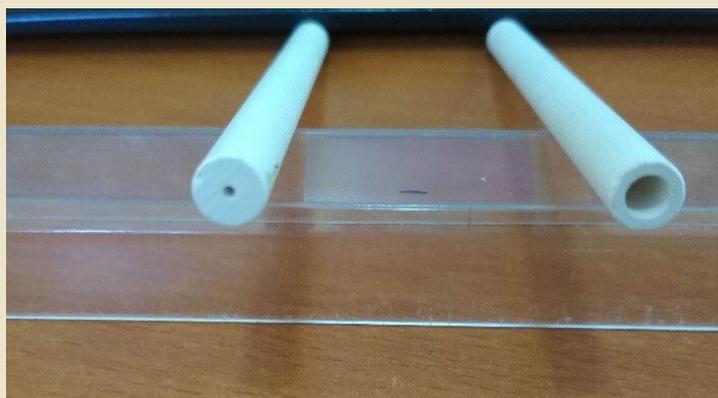


Figure 2 : MgO Insulator

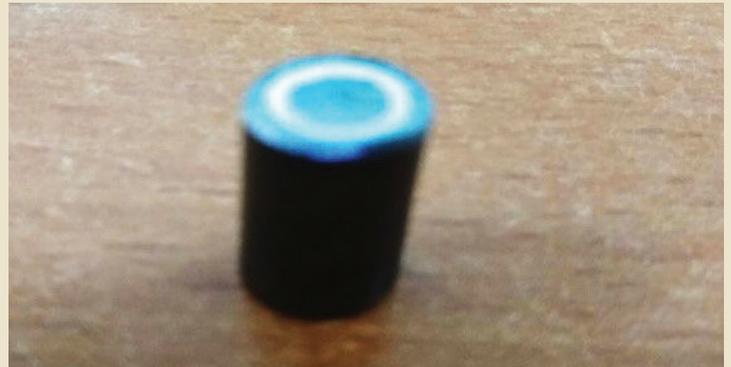


Figure 3: Detector Assembly



Figure 4: Finished SPND

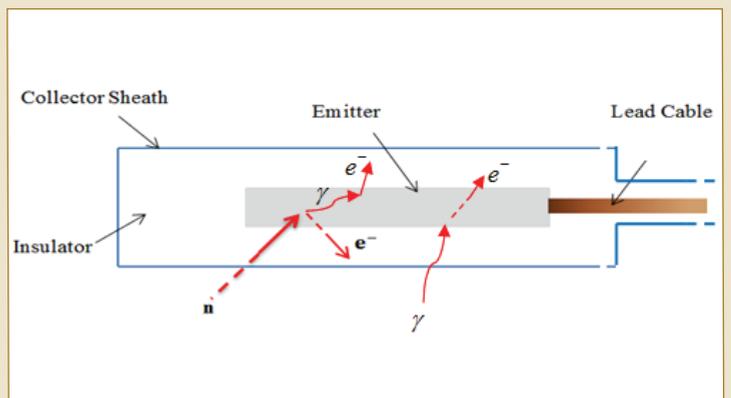


Figure 5: SPND (n, γ, e) Interaction



Inconel rod is inserted in MgO blocks and further into Inconel tube, this assembly (refer to Figure 3) was swaged at both ends before undergoing multi-pass cold drawing, followed by annealing in a cracked ammonia furnace at 1050°C. Each drawing stage reduces the outer diameter of the Inconel assembly by 10-15%, and the cold drawing is continued till required dimension were achieved. Radiography was performed to check the emitter, lead dimensions, eccentricity and continuity. The detector's cold end was terminated using brazing and ceramic-to-metal sealing, while the hot end was sealed with a laser welded end plug. To confirm sheath integrity, steam tests, water immersion tests, and helium leak tests were conducted as per ASTM standards (E839). After connectorisation, surface cleaning was performed to remove iron contamination, and insulation resistance of 1×10^{12} ohms was ensured. Refer to Figure 4 for finished SPNDs. Current generation in SPNDs occurs through the (η, γ, e) interaction (refer to Figure 5).

● Experimental Validation Of SPNDs

SPND sensitivity and construction ruggedness were experimentally validated by installing prototype SPNDs of similar dimensions in neutron flux of the order of 1×10^{14} i.e. emitter diameter, lead diameter and insulation and sheath thickness. The insulation resistance and emitter current were periodically monitored. Integral SPNDs do not have a lead to compensate for the current generated from the cable section. To ensure negligible contribution from the lead, the ratio of lead to emitter diameter was kept low. This was validated by placing an additional Inconel cable, similar to the SPND lead, into the core. Dynamic performance was established during reactor trip by comparing SPND signals with Ion Chamber signals. The lead current from the Inconel cable was also computed for maximum insertion in the active core region of the nuclear reactor. The observed lead current contribution was less than 1.5% of the total emitter current.

● In-situ Performamce Of SPNDs

More than 100 three-pitch SPNDs were installed in each 700MWe reactor to perform regulation and protection functions. Performance was assessed during Low Power Physics experiments, pre-boiling and boiling regimes, steady-state variations, reactivity device movements, setbacks, and reactor trips.

Measurements of Ion Chamber and ROP SPND signals were taken during power rises from 0% FP to 15% FP and from 15% FP to 18% FP. SPND and Ion Chamber signals were recorded and are shown for comparison in Figures 6 and 7. The results demonstrated that SPNDs responded linearly to reactor power changes, consistent with Ion Chamber signals.

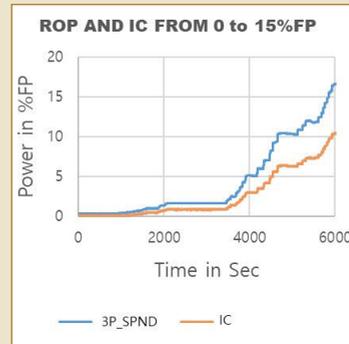


Figure 6: SPND and Ion Chamber plot during Reactor Power Raise from 0% FP to 15% FP



Figure 7: SPND and Ion Chamber plot during Reactor Power Raise from 15% FP to 18% FP

The dynamic performance of three-pitch SPNDs and Ion Chambers during a reactor trip at 50% FP is shown in Figure 8. It can be observed that the SPND response is prompt and in good agreement with the Ion Chamber signal. It can also be noted that the IC signal reaches zero immediately after the trip unlike the SPND signal, which is attributed to the delayed component of current contributed by the impurities present in the Inconel alloy.

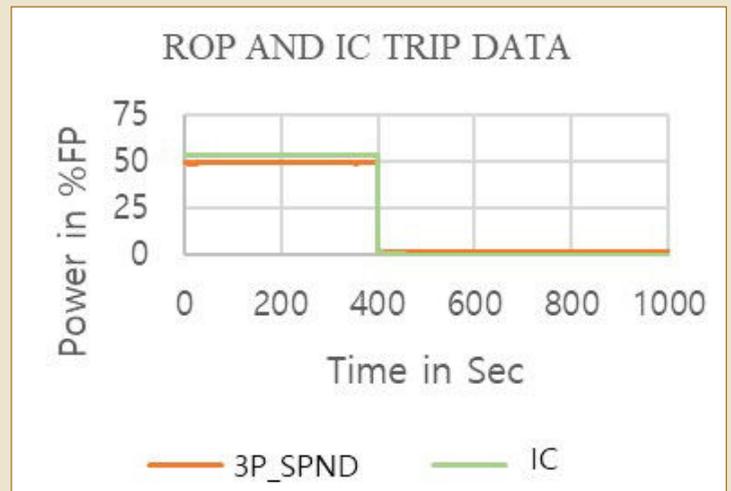


Figure 8: SPND and Ion Chamber plot after Reactor Trip at 50% FP

Conclusion

The dynamic performance of indigenously designed and manufactured three-pitch Integral coaxial Inconel SPNDs was in good agreement with Ion Chamber signals. Zero in-situ operational failures over the past five years demonstrate the robustness of their construction, and make them an appropriate choice for power measurement in the protection and regulation systems of 700 MWe reactors. Their successful development signifies a crucial advancement towards self-reliance in Nuclear Technology for NPCIL.



References

Internal Report on SPND and Ion Chamber performance
CGI-HQ/KAPP-364/63720663730/2021/M/100 January 31, 2021



SMT NITA SINGH (Scientific Officer/H), is an Electrical & Electronics Engineer and is from the first Batch of NPCIL Training School. She has contributed to the design and development of Reactor Protection Systems, Test and Monitoring Systems, Shutdown System Instrumentation, Radiation Monitoring System and Heavy Water Leak Detection Systems, Decision Support Systems of 220 MWe, 540 MWe and 700 MWe.



SHRI AMRESH DINESH PRASAD (Scientific Officer/G), is an Electronics Engineer. He joined in 2002 of . He has contributed in design, engineering & support for projects & operating plants (220 MWe, 540 MWe) for systems pertaining to Shutdown System #2. He was actively involved in the successful commissioning of SDS #2.

SHRI MANOJ JAIN (Scientific Officer/H), is a Postgraduate Engineer in Electronics and is from the first M. Tech Batch of NPCIL Training School. He has contributed in design, engineering & support for projects & operating plants (220 MWe, 540 MWe & 700 MWe) for systems pertaining to Shutdown System #1 , SDS #2, Reactor Regulating System and Operator Information Systems .



SHRI VINAY KUMAR SONI (Scientific Officer/G), is Electronics and Telecommunication Engineer from the 49th Batch of BARC Training School. He has contributed in design, engineering & support for projects & operating plants (220 MWe, 540 MWe) for systems pertaining to Shutdown System. He was instrumental in the successful commissioning of SDS #1, RPS #1 & SRDCS with the new concepts of ROPAS #1 and three -pitch SPNDs in 700 MWe PHWRs.



“

To achieve net zero we need more nuclear power. That's the scientific consensus from the IPCC and other leading climate experts. Governments are starting to converge around this consensus, but we must act faster.

-Rafael Mariano Grossi

”



Design Of Modified Structured Text For Application logic of In-House 700 MWe Fuel Handling Control System (FHCS)

Anjana Goel Senior Executive Engineer, **Ch. Lakshminarayana Babu** Additional Chief Engineer, **Navnit Kataria** Technical Advisor to CMD, **Sujit Chattopadhyay** Additional Chief Engineer, **R. Balasubramanian** Associate Director, (Section: R & D-ES)

Abstract

Fuel handling system is an important part of natural uranium fuelled PHWR reactors. The inherently low excess reactivity of these reactors necessitates On-power Refuelling. This important function is carried out by a pair of remotely operated Fuelling Machines (FM) which work in unison, even when the reactor is operating. Besides this, there is a Fuel Transfer (FT) system with Mobile Transfer Machine (MTM) which is meant for loading and receiving the fuel bundles into/from Fuelling Machines in a 700 MWe PHWR. FT system also consists of a New Fuel Magazine (NFM) and Tray Loading Machine. The New Fuel Magazine transfers the fresh fuel to MTM, while the Tray Loading Machine receives the spent fuel from MTM and discharge it to the Tray Loading Bay (TLB) which is a Part of the Spent Fuel Storage Bay.

All these drives have a complicated robotic mechanism operated remotely using electrical and fluid power with D2O, H2O, oil and air. These operations are fully automatic and designed in such a way that the complete refuelling operation can be performed without the operator's intervention. The fuel handling system operates in a predefined manner. The entire operations are defined by a set of sequences consisting of several programs. Each program consists of several steps. Interlock logics are provided to ensure safety during operation. Each step checks for the permissive condition before issuing the commands. After issuing the command, each step waits for feedback for a defined time until it declares the completion of the step.

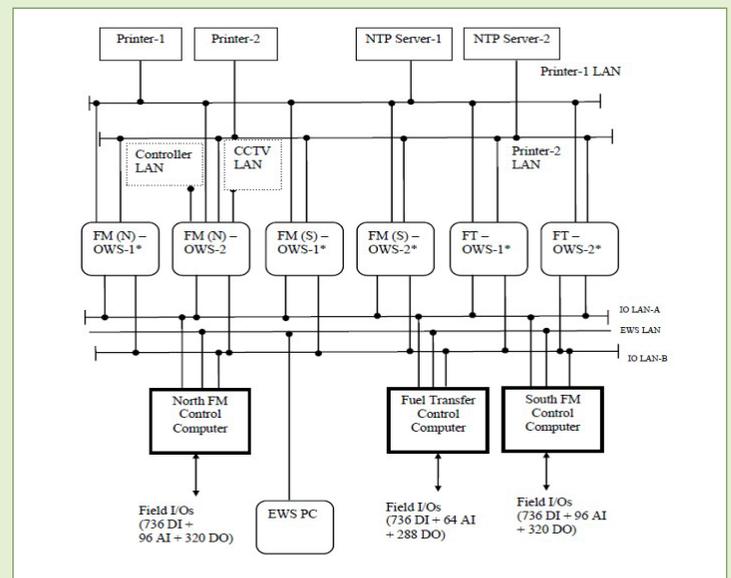
The language "Modified Structured Text" (referred as ST language in this paper) has been designed consisting of various constructs, arranged in a specific order, which enable us to perform various operations required by the Fuel Handling System. The "Modified Structured Text" language is inspired by standard Programme Logic Controller (PLC) language i.e., Ladder Diagram (LD) Logic/Structured Text (ST) /Sequence Function Chart (SFC), and is used to develop applications to run on customized in-house designed hardware. In earlier 220 MWe PHWR plants, Process Control Language (PCL) was used to write application programs for the FHCS system. PCL language is a proprietary language developed by BARC. After successfully installing the FHCS system at Kakrapar Atomic Power Station, Units-3&4 (KAPS-3&4), with operational feedback & optimization, efficient programs are made to reduce the refuelling time which matters the most for the 700 MWe reactor. It is now successfully installed in Rajasthan Atomic Power Project, Units-7&8 (RAPP-7&8).

This article brings out the salient features of this language and how it has helped NPCIL to implement and achieve the desired Fuel Handling Operations.

Digital I&C FHCS

The purpose of the Fuel Handling Control System (FHCS) is to carry out refuelling and subsequent discharge of spent fuel bundles to the TLB. The Fuel Handling Control System consists of control computers (one each for FM north & south and another for FT), an Engineering Work Station (EWS), PC based Control Display Units (CDU for each FM and FT) and PC based Status Display Units (SDU for each FM and FT). FHCS is interfaced with Manual and Safety Logic (M&SL) for independent checking of safety interlocks. The three Control Computers communicate with each other through a dual LAN. It is also possible for the operator to issue individual commands through the keyboard. Such commands are called semi-auto commands. The Manual and Safety Logic (M&SL) enables manual operations and ensures safety of operations in manual mode and in auto mode of operation in addition to checks done by control computers.

Like other Computer Based Systems (CBS) developed in-house by NPCIL; FHCS logic is built on standardized hardware and generic software developed in-house.



FHCS Architecture

Since FHCS contains so many drives for its operation, there is a lot of configurable data in the CC software that includes calibration data of various positions for various drives of the fuel handling system, Trip band data, zone flow information etc.

So, all of these require fuel handling related logic to be recompiled again on change and integrate with the IO node software. It leads to an extensive software verification and validation process after each modification.

Thus, there is a need to build an IO node for FHCS that is independent of any application related logic. The control platform is tested and qualified for its ability to interpret all possible logic defined by application software. Later an application logic that describes the required control algorithm is constructed and translated to the language interpreted by the control platform. Now this application logic is tested and qualified to implement the required control algorithm. This testing and qualification process is independent of the control platform testing and qualification. The translation is uploaded to the control platform for interpreted execution.

The same control platform can be loaded with various different configurations of application logic. Each time only application logic needs to be tested and qualified. This allows for partitioning of the Process Control Domain and Control Platform implementation domain. This also enables the IO Node of Fuel Handling Control System for the 700 MWE PHWR NPP, to be field programmable.

Engineering Work Station (EWS)

The Engineering Work Station is designed for editing, verification, translation, uploading / downloading of the Application program in compliance with IEC 61131-3. IEC 61131-3 defines various programming languages for PLC. The application logic for FHCS resembles logic implemented using SFC with LD. Besides this, all configurable data for various drive & their auto-positioning are passed from EWS.

In standard languages various constructs are provided to implement various types of logic. But for FHCS, simple constructs are required. If standard languages are used then corresponding PC interpreter will need to interpret all those constructs and it will lead to software complexity. Since the control platform for FHCS is indigenously developed, the language required to program this PLC is also indigenously developed. This language helps to implement all logic required for FHCS and the corresponding interpreter can also easily interpret it. The main requirement of FHCS logic is the auto-mode operation where refuelling is as per sequence defined & auto positioning of different FM & FT Drives.

The language developed for the FHCS control domain is Modified Structured Text, which is a textual representation of logic implemented using SFC with LD.

EWS Software Implementation

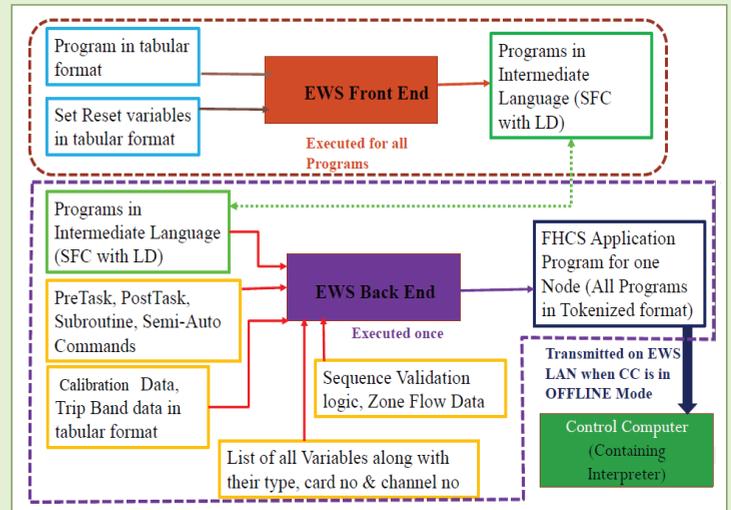
The EWS software is developed in two parts: Front-end translator and back-end translator.

The Front-end Translation converts the provided information about step number, permissive, commands, next step number, feedback, step time

out, interlocks etc. into an intermediate language (SFC with LD).

The Back-end Translator further tokenizes intermediate language Programs, Pre Task, Post Task, Subroutines & Semi Auto commands. It checks for semantics and parses it into an intermediate code which is interpretable at the Control Computer.

Application logic after being converted into Intermediate Code from EWS is passed to Control Computer through Communication Module in offline mode.

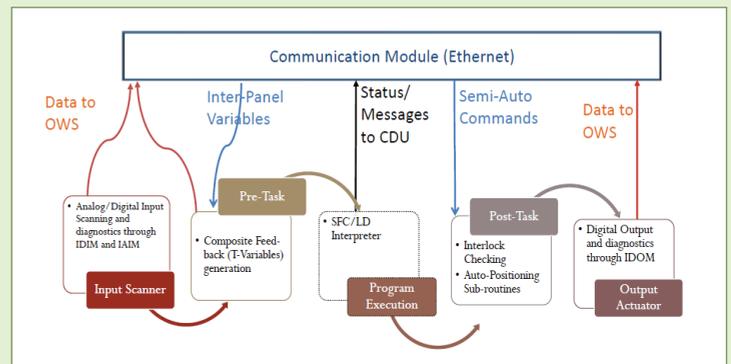


Block diagram of EWS

Typical Flow of Control Computer Software

All the functionalities of IONs (Input-Output Nodes) are to be achieved using a common set of software modules. Each module is intended to perform a specific function like scanning of inputs, signal processing, alarm generation, interlock generation, computation of outputs, diagnostics and communication with upper layer, signal output etc.

The module that generates the interlock and compute output signals, according to a set of programmed instructions, is the PC Interpreter. The PC Interpreter interprets application program, namely Pre Task, Post Task, Subroutines and Program Logic. When IONs execute application software, EWS can be switched off.



Inputs are scanned by the Common Software Platform Integration Module. Then the Intermediate variables are computed in Pre Task. After that Sequence logic for program execution is computed followed by auto positioning logic and interlock evaluation. After that outputs are issued and passed to Manual and Safety Logic.



PLC Programming using Modified Structured Text

The language was indigenously developed for PLC programming following the standards of IEC-61131.

Language Constructs

Following are the constructs in textual form which are required/used in ladder logic.

➤ AssignIf construct

AssignIf (expression) then do the Assignment statement. In this case if the expression is true it will do assignment statement otherwise it wouldn't.

➤ Assign construct

Binary value assignment to the binary variables
Analog value assignment to the Analog variables

➤ Expression constructs

Binary expression evaluation including logical and arithmetic
Analog expression evaluation including logical and arithmetic

Binary and analog mixed expression evaluation including logical and arithmetic

➤ Pulse construct

To generate onetime trigger for a variable change from 0 to 1

➤ Subroutine construct

It is calling a function

➤ Reset, Start Timer constructs

This construct will reset or start the timer

➤ On-delay timer constructs

This can be implemented in such a way that it will match the requirements of the FHCS. It involves mixing of the functions of the counter as well as the On-delay timer. In a permissive only one on-delay timer is allowed per step.

On-delay timer (Timer Number, Time, I/P to be checked)

Initial state of outputs of the On-delay timer is zero. This timer starts with Start I/P pulse type and then it will check for 'I/P to be checked' for specified Time duration. This gives two outputs. Once the output is set it wouldn't reset the outputs automatically. Once the time expires it wouldn't start automatically.

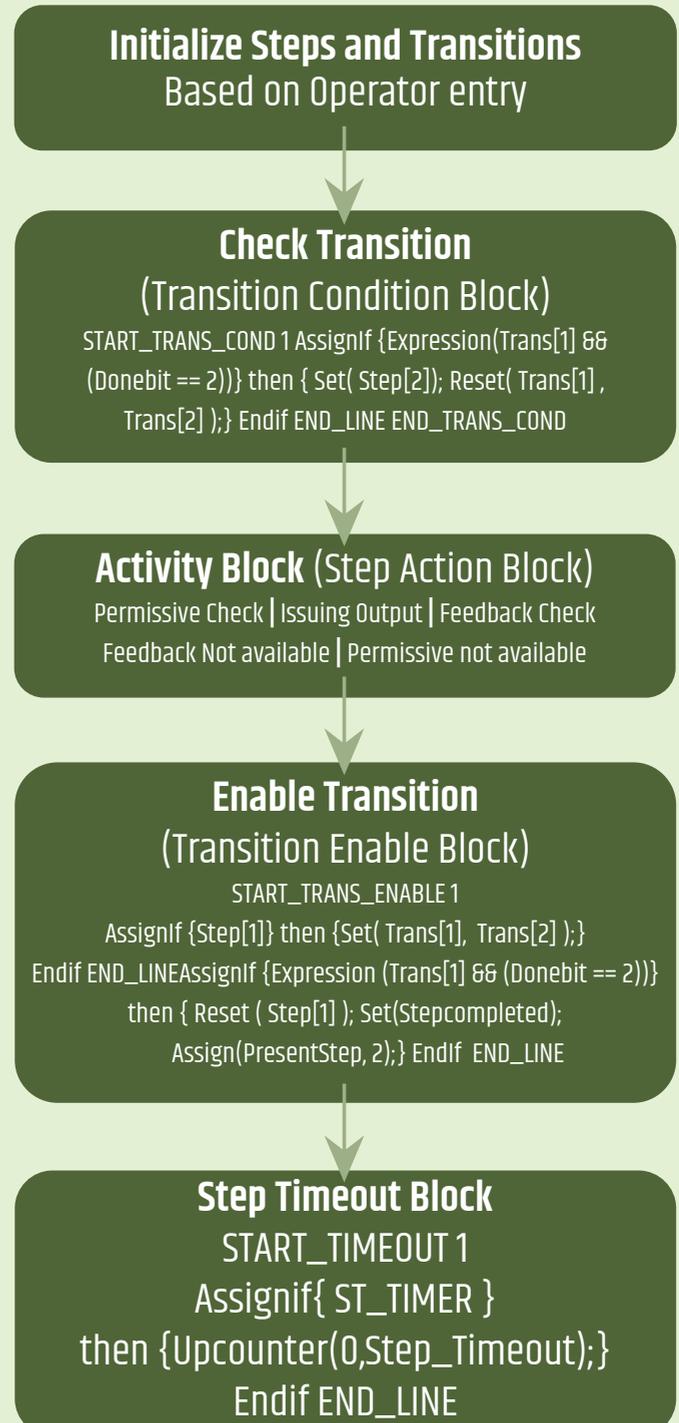
All these variables are global variables. We need to assign values to this variable and then we have to call this function.

➤ Timer enable O/P (EN) --- This output is set if the timer is started and stopped. This output is set if the I/P is active for the duration specified and it will remain in deactivated state if the I/P is not persisting for the specified duration.

➤ Print construct - This construct will print the message. Also it can be used to print the variable status required for any logic to be through.

Control Flow Using These Constructs for SFC with LD Implementation

After initialization of step & transition, condition for next step activation is checked. After that the action part of a step is executed followed by starting of a timer for the step to get complete. In the action part of a step, the flag for next step to be executed is set. It is followed by a transition enable block which enables the further transition possible from that step. Also, it disables the current step. This way textual SFC is implemented in Application Program Logic which controls the flow of execution.



Activity Block Explanation

Explained with Step 1 of Program 1

Step No	Permissive	Commands	Next Step	Feedback	Step Timeout(sec)
0101A	'TSNC1.IZB.IAR.IZSL.IFM1A. IFM2A.IFM3A.IER.THI	PFM1N. PFMN	0102	IFM1N. TFMN	600

Start_prog 01 Start_step

```

/*****STEP 01*****/
OST{ Step[1],Temp1 } END_LINE
Assign(ST_TIMER,OSTresult) END_LINE
Assignif{ OSTresult}
then {Assign(Step_Timeout,2400);
.....
} Endif END_LINE
/*****PERMISSIVE CHECKS *****/0101A*****/
Assignif{ OSTresult}
then {Assign (Temp2, Expression ('TSNC1 &IZB &IAR &IZSL &IFM1A
&IFM2A &IFM3A &IER &THI));} Endif END_LINE
.....
/*****SETTING OUTPUT*****/0101A*****/
Assignif{ Expression((OSTresult && Temp2)) }
then {Set ( PFM1N,PFMN ); Reset( PFM1F );
Print("Step no 0101A Program Commands Issued ");} Endif END_LINE
/*****FEEDBACK CHECKS*****/0101A*****/
Assignif{ Expression(Temp3 && (IFM1N &&TFMN ) )}
then {Assign(Donebit, 02 );} Endif END_LINE
/*****FBNA CHECKS*****/0101A*****/
Assignif{Expression( Timer1.output && Temp3)} //STEP TIMER
then{
Print("Step no 0101 FBNA ",Color:Red,Flash:Off);
PrintPMNA(IFM1N,TFMN);}Endif END_LINE
/*****PMNA CHECKS*****/
Assignif{Expression (Temp4&& ('Temp5)&& 'Temp3&&Temp6)}
then {Assign(PROGHOLD,7);
PrintPMNA('TSNC1,IZB,IAR,IZSL,IFM1A,IFM2A,IFM3A,IER,THI,TSNC1,TSRN,IZST);
} Endif END_LINE
End_step End_prog

```

In a typical step of a program, first the permissives are checked. If permissives are not available then PMNA is given. Else output is issued and program waits for feedback to come. If feedback arrives in step timeout then step is completed else FBNA is given and program HOLD.

Conclusion

With the above language definition, FHCS logic is successfully implemented and working successfully at KAPS-364 with over 1000 channels refuelled in KAPS-3 as of July 2024 itself. Also the first refuelling has been carried out in KAPS-4 on 09.08.2024. The system before deployment is validated thoroughly and various improvements are made based on site experience and other system improvements. Also IV&V of Fuel Handling System including integrated refuelling operation on RESF is successfully completed at RAPP-7&8 in June, 2024.



In the end, I would like to thank Shri L.N.Babu, ACE (R&D-ES), Shri Navneet Kataria, Technical Advisor (CMD Secretariat), Shri Sujit Chattopadhyay, SO/H (R&D-ES) & Shri R. Balasubramanian, AD (R&D-ES) for their continuous support and constructive feedback during preparation of this article.

Future Enhancements

The language can be enhanced by incorporating stack feature in subroutine call. Also currently the language is in textual form which can be enhanced with graphical representation. Also the language developed is based on LD logic. Other PLC programming language based on IEC-61131 standard can also be incorporated to build logic. The language can be enhanced more to develop logic for other types of control systems.

References

- Specification No.: PC-E-119, Rev. No. 4 SYSTEM REQUIREMENTS ON DIGITAL I&C FOR FUEL HANDLING SYSTEM
- R&D-ES-700/63500/FHCS/SAD Rev. 0, November 2014
- R&D-ES-700/63500/FHCS/EWS/SRS Rev. 0, September 2015
- R&D-ES-700/63500/FHCS/EWS/SDD Rev. 0, June 2020





SMT ANJANA GOEL (Scientific Officer/E), graduated in computer science from ITM, Gurgaon in 2012. She joined NPCIL in 2014 after completing training from BARC in 2013 (57th batch). She is working as Senior Executive Engineer at present in R&D-ES, NPCIL. She is involved in design, development, testing & successful commissioning of CBS for Fuel

Handling Control System for 700Mwe. She obtained a postgraduate degree in Computer Science from HBNI while working with NPCIL.

SHRI CH. LAKSHMINARAYANA BABU (Scientific Officer/G), is post graduate in Instrumentation Engineering from NIT Kurukshetra and joined NPCIL Training school in 2004. Presently he is working as Additional Chief Engineer (R&D-ES), NPCIL and his involved in the development of Fuel handling Control Digital I&C system Nuclear Power Plant.



SHRI SUJIT CHATTOPADHYAY (Scientific Officer/H), is post graduate in Instrumentation Engineering from University of Calcutta and joined BARC Training school in 1999. Presently he is working as Additional Chief Engineer (R&D-ES), NPCIL and involved in development of Digital I&C systems for Nuclear Power Plant regulation and protection & Fuel Handling.



SHRI NAVNIT KATARIA (Scientific Officer/G), is post graduate in Computer Science and Engineering from IIT Bombay and is associated with Department of Atomic Energy since 2002. He was working as Additional Chief Engineer (R&D-ES) till December, 2024 and was involved in development of Digital I&C systems for Nuclear Power Plants. Currently he is serving as Additional Chief Engineer (International Cooperation) and Technical Advisor to CMD.



SHRI R. BALASUBRAMANIAN (Out Standing Scientist), graduated in Electronics and Communication Engineering from Madurai Kamaraj University and joined 1st batch of NPCIL Training School in 1989. Presently he is working as Associate Director (AD) of Electrical & Instrumentation Group and heading

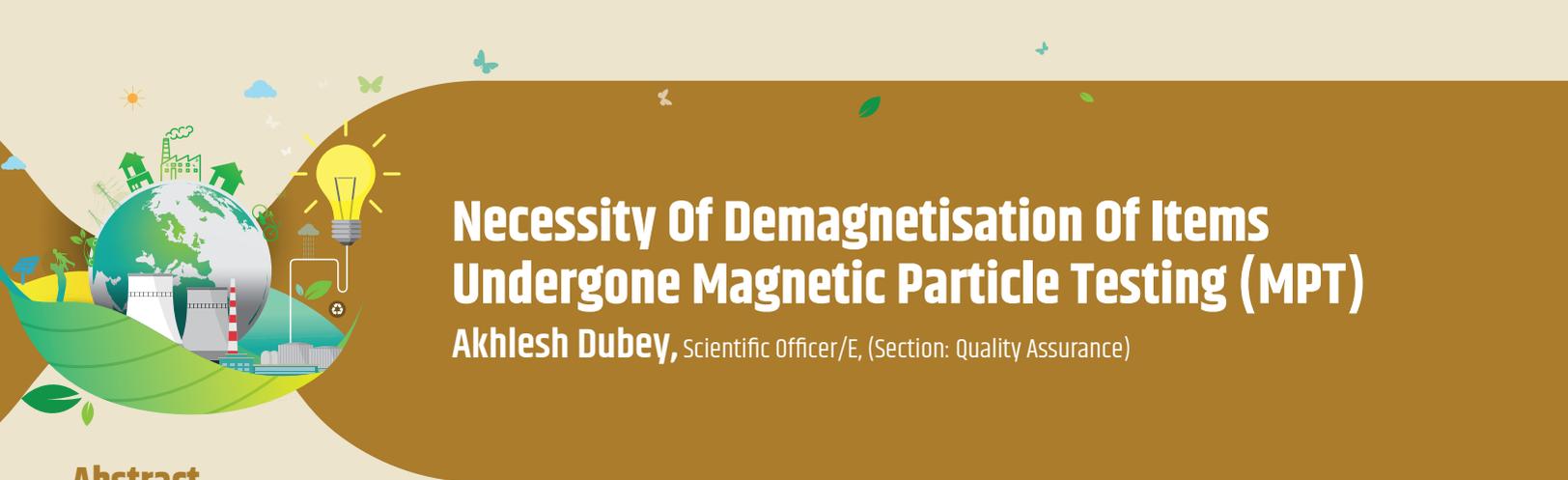
activities related to Electrical, Control & Instrumentation, R&D-Electronics System, Simulator & Information Technology group.



The MoU on Nuclear Cooperation is expected to enhance cooperation in the operation and maintenance of nuclear power plants, sourcing of nuclear goods and services from India, exploring mutual investment opportunities and capacity building.

-Press Information Bureau





Necessity Of Demagnetisation Of Items Undergone Magnetic Particle Testing (MPT)

Akhlesh Dubey, Scientific Officer/E, (Section: Quality Assurance)

Abstract

Non-Destructive Testing (NDT) plays a very important role in the detection of defects and subsequently the elimination of those which are detrimental to the material without affecting its functionality or serviceability. The reliability of any NDT technique depends on a judicious understanding and proper application of the technique as every NDT method has its advantages and limitations.

Every NDT method has to be applied with some essential requirements which are written in steps in the NDT procedure and if we fail to execute any of the essential steps until the interpretation of the indication is done, it might affect the sensitivity of the method used. Certain steps after inspection of the product are equally important such as post cleaning and “demagnetization in Magnetic Particle Testing”. If we overlook these post job activities, then this may interfere with the subsequent operation or use of the product.

This article describes a phenomenon which may be experienced on an item, if some residual magnetism after magnetic particle testing remains with the item and may lead to severe consequences if not identified. In this context, this article is prepared after the problem faced during “welding of the hook-up weld joint of the main steam line with the HP steam stop valve due to arc blow”, and its root cause analysis and resolution.

Introduction

The magnetic particle examination method is applied to detect cracks and other discontinuities on the surfaces of ferromagnetic materials. The sensitivity is greatest for surface discontinuities and diminishes rapidly with increasing depth of discontinuities below the surface. Typical types of discontinuities that can be detected by this method are cracks, laps, seams, cold shuts, and laminations.

In principle, this method involves magnetizing an area to be examined, and applying ferromagnetic particles (the examination's medium) to the surface. Particle patterns form on the surface where the magnetic field is forced out of the part and over discontinuities to cause a leakage field that attracts the particles. Particle patterns are usually characteristic of the type of discontinuity that is detected.

Whichever technique is used to produce the magnetic flux in the part, maximum sensitivity will be to linear discontinuities oriented

perpendicular to the lines of flux. For optimum effectiveness in detecting all types of discontinuities, each area is to be examined at least twice, with the lines of flux during one examination being approximately perpendicular to the lines of flux during the other.

One issue associated with MPT is that after completion of the magnetic particle test, it is essential to demagnetize the component, as a certain amount of magnetism is retained after MPT. Depending on the magnetic characteristics of the material such as permeability, retentivity and coercive force etc., the geometry of the component and strength of the applied magnetic field, if it is not demagnetized then it may interfere with subsequent operation, such as welding or machining of the item.

● Brief Description of Problem

In the Rajasthan Atomic Power Project-7, in the turbine building floor at 118-meter elevation, a fit-up for a weld joint between the HP steam stop valve and the Main Steam Line was prepared. This joint is between base metals P1 to base metal P1 (P1 is the nomenclature of the material composition as per ASME BPVC). The diameter of the joint is about 750 NB and the wall thickness is about 27 mm.

Preheating of the joint was carried out at 120°C, following which welding was initiated (using GTAW process). But the welder was unable to fuse the parent metals due to the issue of arc blow.

Welding was stopped and welding parameters were checked and were found satisfactory. It was ensured that there was no air draft near the welding zone and no other work was going on nearby. The power supply of the preheating coil was also cut off during the welding.

As there was no fault in the welding machine, the welder was replaced in order to rule out the human error issue. But the new welder was also unable to deposit a sound weld. Feedback from the welder was that the filler wire was also being attracted towards the bevel face of the valve metal. He showed that filler wire was hanging at its tip from the bevel edge of the valve (due to magnetization of the base material) as shown in the photograph below.





Fig 1: Metal hacksaw blade and filler wire hanging at its tip from bevel edge of the valve

This gave the idea that the valve body might have residual magnetism and this was confirmed by placing the calibrated Gauss meter on the valve and pipe surface. Although there was no residual magnetism in the pipe body, the Gauss meter showed a magnetic field in the range of 10 to 20 Gauss, in the valve body. As the range of the Gauss meter was from + 20 to - 20 Gauss, it was not able to show the exact value but it was assumed to be definitely more than 20 Gauss.

Now the question arises, from where this residual magnetic field develop? To find out the answer, the manufacturing history of the valve was checked through the History docket and it was found that the valve body went through Magnetic Particle testing at very high magnetic strength on the shop floor. The Site QA and execution team concluded that a residual magnetic field retained with the valve body and this may be the reason for the high residual magnetic field in the valve body.

This whole exercise and the situation were presented to the site management, after discussion, it was decided to demagnetize the area of interest.

● Arc Blow

Arc blow in welding refers to the phenomenon in which the arc gets deflected away from the intended path. It can cause problems with the quality of the weld, such as porosity, excessive spatter, and incomplete fusion.

Arc deflection can be caused by a distortion of the magnetic field produced by the current, through:

- Residual magnetism in the material.
- Earth's magnetic field.
- Position of the current return cable clamp (ground cable clamp).

Solutions to arc blow

- Turn amperage down.
- Keep a tighter (shorter) arc length.
- Weld using AC instead of DC.
- Weld away from the ground cable.
- Eliminate the presence of nearby magnetic fields.

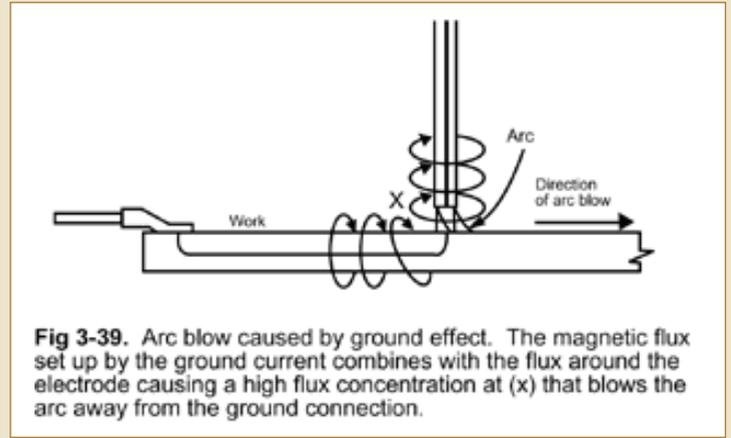


Fig 3-39. Arc blow caused by ground effect. The magnetic flux set up by the ground current combines with the flux around the electrode causing a high flux concentration at (x) that blows the arc away from the ground connection.

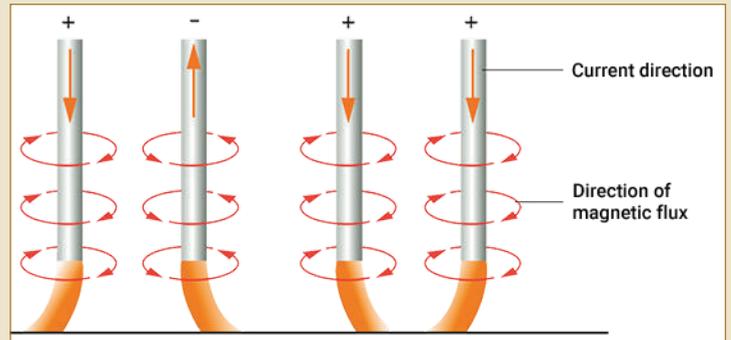


Fig 2: Solutions to arc blow

● Residual Magnetism

Parts fabricated from ferromagnetic material retain a certain amount of residual magnetism after exposure to a magnetization force. This field is dependent upon the following:

- Magnetic characteristics of the particular material, i.e. whether of high permeability or low reluctance.
- Strength of the applied magnetization force.
- Direction of the magnetization; longitudinal or circular.
- Geometry of the part.

The purpose of demagnetization is:

- Residual magnetism may interfere with subsequent machining, causing machined chips of material to adhere to the surface of the component or the tool.
- During welding with an electric arc, residual magnetism may cause deflection of the arc and hinder proper welding.
- The functioning of navigational instruments, which are sensitive to magnetic field, is affected by the proximity of ferromagnetic components having residual magnetism.
- Residual magnetism may interfere with the functioning of dynamic components if any chips are held on it like ball bearing-races, gear assemblies, etc. and may cause accelerated wear and tear.
- It can affect finishing operations like painting and plating.
- Residual magnetic field in rotating components can induce unwanted eddy current generation in the components.



● Demagnetization Methods

The basis of all demagnetization processes is subjecting the magnetized article to the influence of a continuously reversing magnetic field that gradually reduces in magnitude causing a corresponding reversal and reduction of the field in the article.

Figure shows graphically how the method works. The curve at the upper right of the drawing represents the flux in the part as indicated on diminishing the hysteresis loop. The sine wave or curve of a reversing current at the bottom of the graph is used to generate the hysteresis loop. As the current decreases in value with each reversal, the loop shrinks and traces a smaller and smaller path. When the current reaches zero, the remanent field in the part will also have approached zero.

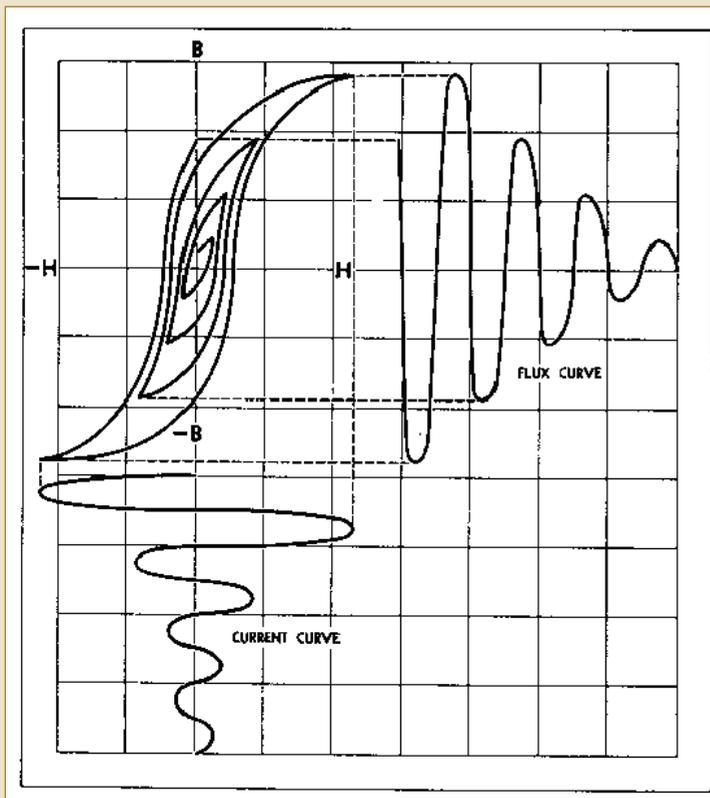


Fig 3: Demagnetization flux curve projected from hysteresis curve (Vertical Axis- B, Horizontal axis-H).

- **AC or reversing DC demagnetization:** Leave the part inside the coil and reduce the AC or reversed DC current to zero, or place the part inside the coil (constant AC current) and move the part away from the coil, or move the coil away from the part.
- **AC or DC Yoke demagnetization:** Yokes are usually used for demagnetizing small parts.
- **Vibration:** This means of demagnetization is not recommended, due to possible damage of the part under test.
- **Heating to Curie point:** When ferromagnetic materials are subject to heat treating or heating above 700°C, the molecules become agitated and revert back to their demagnetized state, effectively demagnetizing the part.

● Field Indicator

The relative intensity of the leakage field is measured by bringing the field indicator to the part and noting the deflection of the pointer. The required degree of demagnetization is usually specified as a maximum field indicator reading.

The amount of movement of the needle indicates the strength of the field. Some process specifications use this device to specify the degree of demagnetization desired. They often recommend a maximum of less than two divisions for critical inspection and less than five divisions for parts in which a somewhat higher residual field can be tolerated. The direction of deflection of the meter needle represents the polarity of the magnetic field.

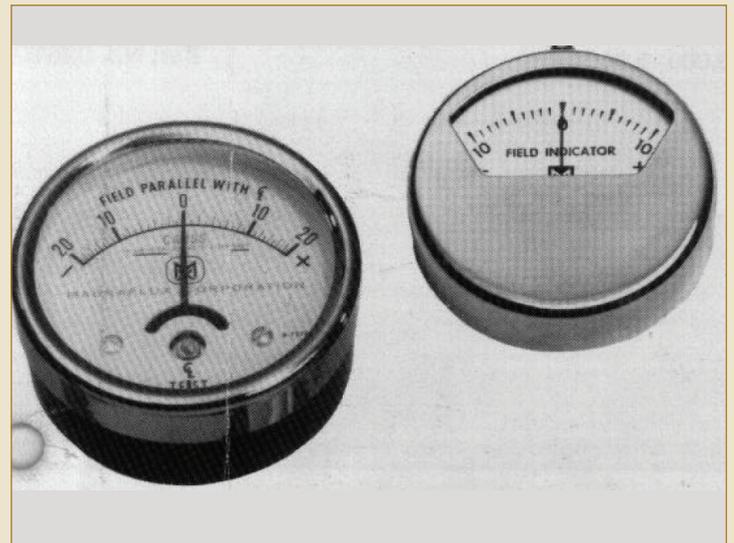


Fig 4: Field Indicator

● Demagnetization of bevel part of valve body

From the above-mentioned demagnetization method we had opted for demagnetization by the AC current coil method as other methods were not feasible. Demagnetization of the part was done in the following steps:

- Valve body was cleaned by a handheld wire brush.
- A coil was wrapped around the adjacent bevel part of the valve body (two turns).
- Applied AC current of about 2500 Amp magnitude and reduced the current gradually to zero.
- After every cycle, the residual magnetic field was checked with Gauss meter.
- After 6 repeated cycles the magnetic field reduced below 3 Gauss.

After reduction of residual magnetic field, the joint was preheated and the welder was able to perform welding without the problem of arc blow. Radiography inspection was conducted after welding and No Relevant indication was observed.



Lessons learnt from this event

- Any equipment/piping subjected to Magnetic Particle Testing (MPT) shall be demagnetized as per an approved procedure after the examination and shall be mentioned in the respective MPT report.
- It is always difficult to produce a sound weld in such arc blow condition.
- Whenever a welder is having any difficulty, the exact reason for the same shall be identified and corrective action should be taken accordingly.

Acknowledgement

The author pays his sincere gratitude to Executive Director (QA) & QAD, Project Director, RAPP-768, Chief Engineer (QA), ACE(QA) and PE(QA), RAPP-768, RR Site for their constant support and motivation in writing this article “Necessity of Demagnetisation of Items Undergone Magnetic Particle Testing (MPT) and Subsequently Subjected to Welding”. He also feels grateful to the construction QA team, BOTIP-Execution and L&T Power team for their support in the completion of this piece of work.

References

- ASME- American Society of Mechanical Engineer (B.P.V.C). Section-V.
- IAEA-TECDOC on Liquid Penetrant and Magnetic Particle Testing.
- Literature from internet.



SHRI AKHLESH DUBEY (Scientific Officer/E), is a B.E in Mechanical Engineering and joined NPCIL’s 23rd Batch of Training School in the year 2016. After successful completion of training, he was posted in Construction QA group at Rajasthan Atomic Power Project 768. He was responsible for Quality Assurance activities pertaining to

Balance of Turbine Island Package, IDCT package, Additional chilled water plant package, Common Services Package, WMP & UGP package, SFSB/TLB liner erection and NDCT & CWPH package. He has contributed significantly in completion of Pre-Service Inspection (PSI) and Flow Accelerated Corrosion (FAC) Program. He is holding ISNT NDT qualification Level II in VT, PT, MT, ET, RTFI and UT methods.

Today, Homi Bhabha's pledge stands vindicated by PM Narendra Modi with the launch of “Nuclear Mission” to meet India's increasing requirements through environment friendly clean energy.

–Dr. Jitendra Singh



A Study On Detecting & Sizing Of A Flaw By Two Conventional Non-Destructive Testing (NDT) Methods

Anant Kumar Jain, Technical Officer/E, Dipankar Bej, Additional Chief Engineer & Head, QA (Section: Quality Assurance)

Introduction

In a Nuclear Power Station, Primary Heat Transport (PHT) system is used to transfer the heat from reactor core to steam generator when reactor is at "on-power" mode of operation. The PHT system consists of several critical equipment and piping components. The system is made by joining pipes together and also joining the pipes with different equipment by welding processes. All these welding joints are tested with different Non-Destructive Testing methods such as Radiography Testing (RT), Ultrasonic Testing (UT), Penetrant testing (PT), Magnetic Particle Testing (MPT) and Visual Testing (VT). All these testing methods are applied based on type of expected flaws from the fabrication process, the capabilities of NDT methods to detect and size the flaws and feasibility of application.

This article is prepared based on experience gained during inspection of a weld joint of nuclear piping system of Rajasthan Atomic Power Project Unit-8, an indigenously developed 700 MW(e) capacity Indian Pressurised Heavy Water Reactor. The piping joint was welded (Fig. 1) with insert, root and subsequent two passes by the Gas Tungsten Arc Welding process and subsequently by the Shielded Metal Arc Welding process.



Fig 1: Weld joint in pipe line

Inspection after Welding

The weld joint was inspected by Non-Destructive Examination of root and final weld by visual and surface (MPT). Final weld was also inspected by volumetric (radiography) examination as per specification requirements.

Technique Used in Radiography

The joint was welded and after dressing of weld joint, the Radiography Examination was done on weld joint by the Double wall single image technique. The radiographic source was placed in touch with the weld and the film was placed diametrically opposite to the source (Fig. 2).

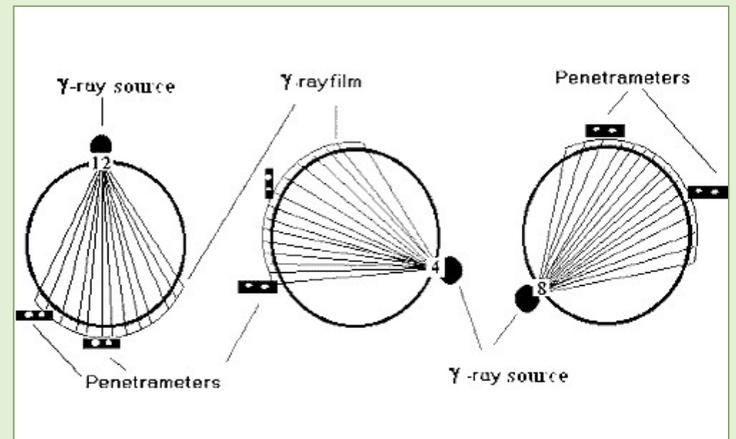


Fig 2: Location of Radiography Source and Film on weld joint

Acceptance Criteria for Radiography

Acceptance standard for welds in accordance with ASME code, Sec. III Class 1, class 2 and class 3 components and ASME. SEC. VIII DIVISION 1 components for full radiography shall be as given below:

Following type of indications shown on the radiographs of welds and characterized as imperfections are unacceptable under the following conditions:

- (a) Any indication characterized as a crack or zone of incomplete fusion or penetration.
- (b) Any other elongated indication that has a length greater than:
 - 1/4 in. (6 mm) for t up to 3/4 in. (19 mm), inclusive

- $1/3t$ for t from $3/4$ in. (19 mm) to $21/4$ in. (57 mm), inclusive
 - $3/4$ in. (19 mm) for t over $21/4$ in. (57 mm) where t is the thickness of the thinner portion of the weld;
- (c) Internal root weld conditions are acceptable when the density change or image brightness difference as indicated in the radiograph is not abrupt; elongated indications on the radiograph at either edge of such conditions shall be unacceptable, as provided in (b) above;
- (d) Any group of aligned indications having an aggregate length greater than t in a length of $12t$, unless the minimum distance between successive indications exceeds $6L$, in which case the aggregate length is unlimited, L being the length of the largest indication;
- (e) Rounded indications in excess of that shown as acceptable as per ASME Sec- VIII Div 1 Mandatory appendix 4.

Result of the Radiography Examination

The weld joint was accepted in all examination of root and final weld by visual and surface (MPT). During radiography film interpretation (Fig. 3), the elongated indication was characterized as a "slag inclusion" and the length of slag inclusion was estimated in radiography examination within the acceptable size (6mm) as per ASME section III subsection NB i.e., as per mentioned acceptance criteria point no. (b), the elongated indication (slag) was accepted.

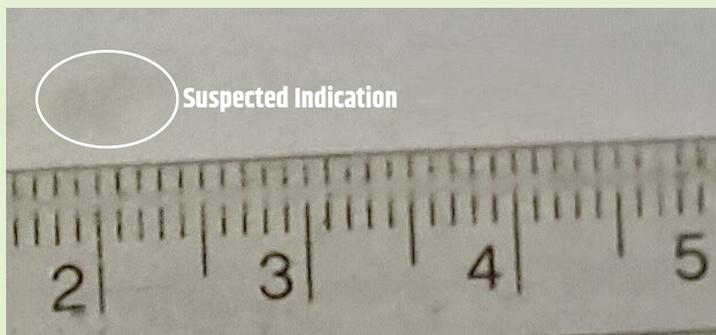


Fig 3: Indication as visible on a radiography film

Pre-Service Inspection (PSI) of Weld Joint

The plant's Systems, Structures and Components (SSC) must be assessed for any signs of deterioration to determine their suitability for ongoing safe operation or to identify the need for corrective actions. Special attention is focused on the examination of the pressure boundaries within the primary and secondary coolant systems due to their critical role in safety.

In-Service Inspection (ISI) aims to identify any deterioration, making it crucial to establish baseline data. Pre-Service Inspection (PSI) is conducted prior to the plant's start-up for all SSCs that shall be subjected to future inspections during ISI. The outcomes of the PSI for SSCs before the beginning of operations provide the necessary baseline data for comparison in subsequent ISI. To facilitate this comparison, it is important that the Non-Destructive Testing (NDT) techniques used during PSI are as similar as possible to those employed during ISI. During PSI of the weld joint. Visual, surface (MPT) and volumetric

(Ultrasonic) examination were done. The weld was accepted in visual and surface examination.

Technique Used in Ultrasonic Testing

The Angle Beam Pulse Echo manual contact technique was used for ultrasonic testing (Fig-4) during Pre service inspection of the same weld joint (Fig-1). The elongated indication was found and indication plotted on the graph (Fig 5). The depth of the indication was 7-8 mm from the top. The length of indication was more than 6mm length and was not accepted as per the below mentioned point no. (1).

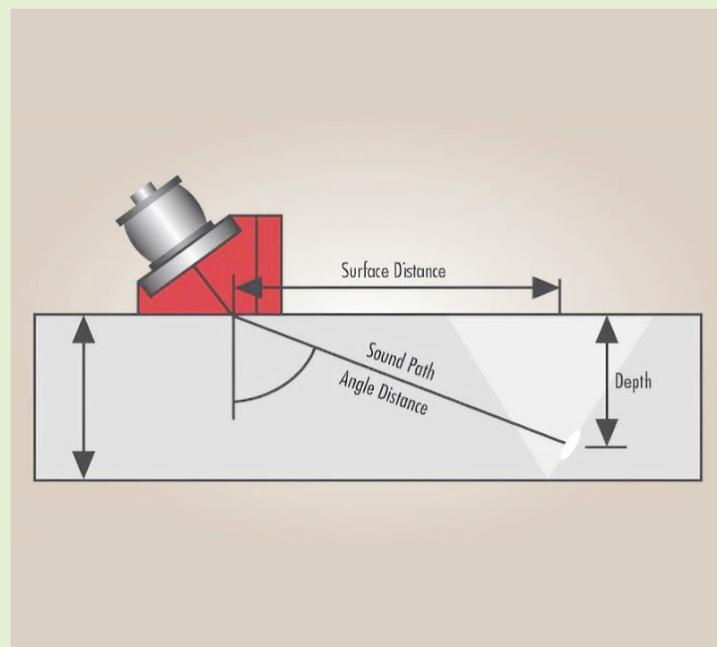


Fig 4: The Ultrasonic Examination Technique representation picture.

Acceptance Criteria for Ultrasonic Testing

- Imperfections are unacceptable if the indications exceed the reference level amplitude and have lengths exceeding:
 - (1) $1/4$ in. (6 mm) for t up to $3/4$ in. (19 mm), inclusive
 - (2) $1/3t$ for t from $3/4$ in. (19 mm) to $21/4$ in. (57 mm), inclusive
 - (3) $3/4$ in. (19 mm) for t over $21/4$ in. (57 mm) where t is the thickness of the weld being examined; if a weld joins two members having different thicknesses at the weld, t is the thinner of these two thicknesses.
- Indications characterized as cracks, lack of fusion, or incomplete penetration are unacceptable regardless of length.

Results of Ultrasonic Examination

A flaw was observed in ultrasonic examination. Flaw sizing was done by conventional ultrasonic examination (Fig 4) and plotted on a graph paper (Fig 5). The flaw length was found to be more than 6 mm and was found not acceptable as per ASME section III subsection NB, i.e., the length of indication was more than 6 mm length and not accepted as per the mentioned acceptance criteria point no. (a) of (1). Subsequently, the joint was repaired and repeat NDT examinations were carried out and found acceptable for use.



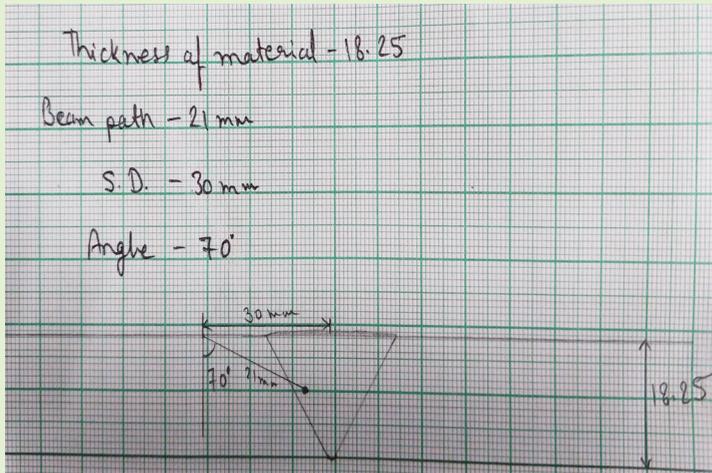


Fig 5: Plotting of Indication detected by UT

Conclusion

The length of the indication in conventional radiography was done by direct measurement of indication mark from one end to other end as per the contrast seen on the film and in conventional ultrasonic examination the length was measured by 6dB drop method. The indication length measured in conventional radiography may be less due to indication demise at the edges and measured up to the visible contrast on the film (Fig 3). Hence, an alternate volumetric examination must be adopted when there is a doubt on sizing of flaws by one volumetric examination.

Acknowledgement

The author is grateful to Executive Director (QA) & QAD from NPCIL, HQ, Mumbai, Project Director, Chief Engineer (QA-Construction), Additional Chief Engineer (QA-Construction) of RAPP- 7 & 8, RR Site for their constant support, valuable guidance and motivation throughout the work. We are also grateful to the construction QA and Execution team for their untiring support to NPCIL.

References

- NPCIL Procedures for radiography and PSI UT. Document for PSI program.
- ASME- American Society of Mechanical Engineer (B.P.V.C). Section-III, V and IX.
- ASTM- American Society for Testing Material



SHRI ANANT KUMAR JAIN (Technical Officer/E), is a B. E. graduate in mechanical engineering and joined NPCIL in October 2013 at RAPP-7&8, RR site Rawatbhata, Rajasthan. He was posted in QA construction group. He is since working in QA construction group performing QA functions pertaining to Primary Piping systems. He maintained quality during

fabrication, erection, testing and Pre-Service Inspection of RAPP-7&8 of Primary Piping systems. His experience with NDT involvement is more than 11 years. He completed ISNT Level III qualification in UT and Level II in VT, MT, PT, LT and RTFI.

SHRI DIPANKAR BEJ (Scientific Officer/G), is a B. Tech in Mechanical Engineering and joined NPCIL's 10th Batch of Training School in the year 2001. After successful completion of training, he was posted in O & M at Kaiga Generating Station-1 & 2. Initially he worked as a Field Engineer in Operation for more than one year and then posted at Fuel Handling



Section (FHS) of same plant as a Mechanical Maintenance Engineer. He has experience of nearly 10 years in FHS maintenance and operation. He also worked as Control Engineer (F) and Assistance Shift Charge Engineer (F) in FHS. In November 2011, he was transferred to QAD, HQ, Mumbai and started work-ing as a Quality Surveillance (QS) Engineer. Thereafter, he was posted at Regional QA Centre, Kolkata and worked as Head, QA from 2019 to July 2023, he has consolidated experience of QS activities at manufac-turing sectors for more than 12 years. In the year 2023, July he was transferred to Rajasthan atomic Power Project (RAPP)- 7 & 8 of RR Site, Rawatbhata, Rajasthan as Project Engineer (QA), in the year 2024 he was re designated as Additional Chief Engineer (QA). He is holding ISNT Level III qualification in UT, PT, MPT NDT methods and Level II qualification in RT, LT, VT NDT methods.



The importance of nuclear energy in providing clean and uninterrupted electricity, particularly in areas of concentrated demand, is well established.

-Dr. Sekhar Basu





आरएपीपी - 7 व 8 के तकनीकी भवन का विहंगम दृश्य
A bird's eye view of Technical Building of RAPP - 7 & 8



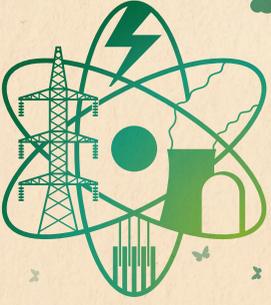


प्रेरित प्रवात शीतलन टावर (आईडीसीटी) - 8ए
Induced Draft Cooling Tower (IDCT) - 8A



राणा प्रताप सागर झील स्थित संयंत्र जल पंप हाउस
Plant Water Pump House at Rana Pratap Sagar Lake





अध्यक्ष एवं प्रबंध निदेशक का संदेश

प्रिय साथियों,

सभी सम्मानित पाठकों को नमस्कार एवं शुभकामनाएँ!

सबसे पहले, मैं वित्तीय वर्ष 2024-25 में 56,681 मिलियन यूनिट (एमयू) बिजली उत्पादन का रिकॉर्ड हासिल करने और राजस्थान परमाणु ऊर्जा स्टेशन (आरएपीएस-7, 700 मेगावाट) की इकाई-7 के वाणिज्यिक उत्पादन की शुरुआत करने के लिए एनपीसीआईएल के सभी सदस्यों और हमारे मूल्यवान हितधारकों के इस असाधारण योगदान की सराहना करता हूँ। कारकापार परमाणु ऊर्जा संयंत्र की इकाई 3 व 4 (केएपीएस-3 व 4, 2x700 मेगावाट) के बाद आरएपीएस-7 का सफल प्रचालन, भारतीय 700 मेगावाट दाबित विद्युत संयंत्रों के सुदृढ़ डिजाइन को स्थापित करता है, जो परिकल्पित विशाल परमाणु विस्तार कार्यक्रम का मुख्य आधार होंगे। इन उपलब्धियों ने एनपीसीआईएल को देश की बढ़ती ऊर्जा माँगों की पूर्ति में अग्रणी स्थान और एक उज्वल भविष्य की ओर अग्रसर किया है।

मैं इस अवसर पर कॉर्पोरेट संचार समूह एवं राजस्थान नाभिकीय विद्युत परियोजना, इकाई-7 व 8 (आरएपीपी-7 व 8, 2 x 700 मेगावाट) पर इस विशेष संस्करण के योगदानकर्ताओं को भी बधाई देता हूँ। यह बेहद सराहनीय है कि यह विशेष संस्करण केएपीएस-3 व 4 पर विशेष संस्करण के प्रकाशन के बाद आया है। मुझे उम्मीद है कि यह संस्करण परमाणु क्षेत्र में ज्ञान के आदान-प्रदान में योगदान देगा।

अंतर्राष्ट्रीय ऊर्जा एजेंसी (आईईए) के अनुसार, शहरीकरण, समृद्धि, शीतलन की बढ़ती माँग, उद्योगों द्वारा बढ़ती खपत, परिवहन के विद्युतीकरण और डेटा केंद्रों एवं कृत्रिम बुद्धिमत्ता के विकास के कारण विकासशील देशों में बिजली की माँग दोगुनी दर से और उल्लेखनीय रूप से बढ़ रही है। वैश्विक स्तर पर, परमाणु ऊर्जा से उत्पन्न बिजली कुल बिजली उत्पादन का लगभग 9% है, जबकि भारत में यह योगदान लगभग 3% पर स्थिर रहा है।

वैश्विक नाभिकीय ऊर्जा परिदृश्य एक परिवर्तनकारी दौर से गुजर रहा है, जो ऊर्जा सुरक्षा और जलवायु परिवर्तन शमन की दोहरी अनिवार्यताओं से प्रेरित है। जैसे-जैसे दुनिया कम कार्बन वाले भविष्य की ओर बढ़ने की चुनौतियों से जूझ रही है, परमाणु ऊर्जा स्वच्छ ऊर्जा मिश्रण के एक महत्वपूर्ण घटक के रूप में फिर से उभरी है। भारत में, नाभिकीय विद्युत अब केवल एक विकल्प नहीं है; यह स्थायी व विश्वसनीय बिजली की हमारी खोज का एक अनिवार्य पहलू बनता जा रहा है।

भारत, अपने महत्वाकांक्षी अनुक्रमिक त्रि-चरणीय नाभिकीय विद्युत कार्यक्रम (एनपीपी) के साथ, इस कहानी को आकार देने में एक महत्वपूर्ण भूमिका निभा रहा है। सरकार ने वर्ष 2047 तक 100 गीगावाट की परमाणु ऊर्जा क्षमता तक पहुँचने के लक्ष्य के साथ 'विकसित भारत' के लिए एक महत्वाकांक्षी 'परमाणु ऊर्जा मिशन (एनईएम)' की घोषणा की है।

भारतीय निजी क्षेत्र पहले से ही कोर रििएक्टर घटकों, उपकरणों व सामग्रियों के निर्माण एवं आपूर्ति, रोजगार सृजन और अनेक सेवाएँ प्रदान करके देश के परमाणु ऊर्जा कार्यक्रम में बड़े पैमाने पर योगदान दे रहा है। निजी क्षेत्र में न केवल बड़े उद्योग शामिल हैं, बल्कि कई एमएसएमई और महिलाओं द्वारा संचालित स्टार्ट-अप भी शामिल हैं। हालाँकि, आगामी बड़े पैमाने पर क्षमता वृद्धि के लिए निजी उद्योग की व्यापक भागीदारी की आवश्यकता होगी, जिसके लिए उन्हें आगे आने वाली चुनौतियों, विशेष रूप से बुनियादी ढाँचे और मानव संसाधनों के संदर्भ में बढ़ी हुई क्षमता, से निपटने के लिए तैयार रहना होगा।

ऊर्जा लक्ष्यों को प्राप्त करने के लिए, कार्यान्वयन के विभिन्न चरणों में चल रही नाभिकीय विद्युत ऊर्जा परियोजनाओं के क्रमिक समापन पर, एनपीसीआईएल का लक्ष्य वर्ष 2032 तक लगभग 22 गीगावाट की स्थापित नाभिकीय विद्युत क्षमता तक पहुँचना है। इसके अतिरिक्त, भविष्य में और अधिक रििएक्टरों की योजना है। साथ ही, जिन क्षेत्रों में कार्बन उत्सर्जन कम करना कठिन है, उन्हें कार्बन-मुक्त करने के प्रयास में, हमने भारत लघु रििएक्टरों (बीएसआर) की स्थापना के लिए 'प्रस्ताव हेतु अनुरोध (आरएफपी)' भी जारी किया है, जिन्हें मौजूदा कानूनी ढाँचे के भीतर क्रियान्वित करने की योजना है।

परमाणु क्षेत्र में नवाचार केवल वर्तमान माँगों को पूरा करने तक ही सीमित नहीं है, बल्कि भविष्य के लिए हमारी ऊर्जा अवसंरचना को सुरक्षित बनाने पर भी केंद्रित है। अत्याधुनिक अनुसंधान, उन्नत रििएक्टर डिजाइन और मानव पूंजी में निवेश हमें एक लचीले परमाणु पारिस्थितिक तंत्र की ओर अग्रसर कर रहे हैं। एनपीसीआईएल के पास दशकों से रििएक्टरों के संचालन में विशेषज्ञता व अनुभव है और उच्चतम स्तर की सुरक्षा सुनिश्चित करते हुए किसी भी प्रकार की परिचालन चुनौतियों का समाधान करने की क्षमता है। प्रौद्योगिकी निषेध व प्रतिबंध व्यवस्थाओं के बावजूद, हमने न केवल उन चुनौतियों का सफलतापूर्वक सामना किया, बल्कि अपनी क्षमता का प्रदर्शन भी किया।



लघु मॉड्यूलर रिएक्टरों (एसएमआर) की संभावनाओं को लेकर नया उत्साह है। वर्तमान में, दुनिया भर में कई एसएमआर डिजाइन प्रगति पर हैं। कुछ को छोड़कर, अधिकांश विकास के चरण में हैं। एनपीसीआईएल भी इस अवधारणा पर काम कर रहा है। हालाँकि, हमारा मुख्य आधार 700 मेगावाट के स्वदेशी दाबयुक्त भारी पानी रिएक्टर (पीएचडब्ल्यूआर) होंगे। क्षमता में तेजी से वृद्धि और ऊर्जा की माँग को पूरा करने के लिए, विदेशी सहयोग से बड़ी क्षमता वाले साधारण जल रिएक्टरों (एलडब्ल्यूआर) की भी परिकल्पना की गई है।

आगे का रास्ता चुनौतियों से भरा है, लेकिन साथ ही अपार अवसरों से भी भरा है। एनपीसीआईएल में, हम एक ऐसे प्रतिभा समूह का पोषण कर रहे हैं जो हमारे प्रतिष्ठित संगठन को अभूतपूर्व ऊंचाइयों तक ले जाने में सक्षम है। नवाचार को अपनाकर, सुरक्षा को प्राथमिकता देकर और परिचालन उत्कृष्टता एवं सतत प्रथाओं के प्रति प्रतिबद्धता के साथ, हम एक ऐसे भविष्य का निर्माण कर सकते हैं जहाँ परमाणु ऊर्जा प्रगति और विश्वसनीयता का प्रतीक बने।

आइए, इस निरंतर विकसित होते परिदृश्य में, हम नाभिकीय ऊर्जा के उद्देश्य को पूरे जोश और निष्ठा के साथ आगे बढ़ाएँ। हम सब मिलकर एक उज्ज्वल, स्वच्छ व समृद्ध विश्व का निर्माण कर सकते हैं।

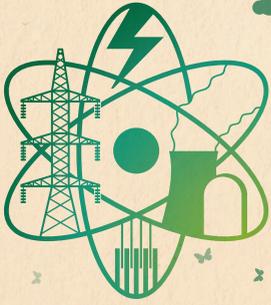
आइये नाभिकीय विद्युत से संचालित भविष्य के लिए तैयार हो जाएं!

शुभकामनाओं के साथ,

भुवन चंद्र पाठक

अध्यक्ष एवं प्रबंध निदेशक, एनपीसीआईएल





CMD's Message

Dear Patrons,

Greetings and good wishes to all the esteemed readers!

At the outset, I commend the exceptional contributions of all members of NPCIL and our valued stakeholders for achieving record electricity generation of 56,681 Million Units (MUs) in Financial Year 2024-25 and commencement of commercial generation of Unit-7 of Rajasthan Atomic Power Station (RAPS-7, 700 MWe). Successful operation of RAPS-7 following Kakrapar Atomic Power Station, Units-3&4 (KAPS-3&4, 2x700 MWe) establishes the sound design of Indian 700 MWe PHWRs, which will be the mainstay of the envisaged large nuclear expansion programme. These achievements have steered NPCIL to a position of leadership and a promising future in the service of the nation's growing energy demands.

I also take the opportunity to congratulate the Corporate Communication group & the contributors to this Special Edition on Rajasthan Atomic Power Project, Units-7&8 (RAPP-7&8, 2 x 700 MWe). It's a matter of appreciation that this Special Edition follows the publication of a Special Edition on KAPS-3&4. I hope this edition would contribute to enhanced knowledge sharing within the nuclear fraternity.

According to the International Energy Agency (IEA), demand for electricity is growing at twice the rate and significantly in the developing world due to urbanization, prosperity, higher demand for cooling, rising consumption by industry, electrification of transport and the growth of data centers & artificial intelligence. Globally, electricity generation from nuclear power contributes about 9% of total electricity generated, while in India its contribution has been steady at around 3%.

The global nuclear energy landscape is undergoing a transformative phase, driven by the dual imperatives of energy security and climate change mitigation. As the world grapples with the challenges of transitioning to a low-carbon future, nuclear energy has re-emerged as a critical component of the clean energy mix.

In India, nuclear energy is no longer just an alternative; it is becoming an essential facet of our quest for sustainable and reliable power. India, with its own ambitious sequential three-stage Nuclear Power Programme (NPP), is playing a pivotal role in shaping this narrative. The Government has announced an ambitious 'Nuclear Energy Mission (NEM)' for 'Viksit Bharat' with a target of reaching a nuclear power capacity of 100 GW by the year 2047. In this endeavor, NPCIL is poised to contribute significantly to the tune of over 50% of the targeted share.

The Indian private sector is already contributing in a big way to the country's nuclear power programme by manufacturing and supplying core reactor components, equipment & materials, executing jobs and providing numerous services. The private sector not just includes large industries but also many MSMEs and women-led Start-ups. However, the forthcoming large-scale capacity addition would require wider participation from the private industry, for which they will have to gear up to mitigate the challenges that lay ahead, especially the enhanced capacity in terms of infrastructure and human resources.

To pursue energy targets, on progressive completion of the nuclear power projects which are at different stages of implementation, NPCIL aims to reach about 22 GWe of installed nuclear power capacity by the year 2032. In addition, more reactors are planned in the future. Parallely, in an effort to decarbonize the hard-to-abate sectors, we have also floated 'Request for Proposal (RFP)' for setting up Bharat Small Reactors (BSRs) which are planned to be implemented within the existing legal framework.

Innovation in the nuclear sector is not just about meeting present demands but is also focused on future-proofing our energy infrastructure. Cutting-edge research, advanced reactor designs, and investments in human capital are driving us towards a resilient nuclear ecosystem. NPCIL has expertise and experience in operating reactors for decades and capability to address any kind of operational challenges, ensuring highest levels of safety. Despite technology denial and embargo regimes, we not only successfully overcame those challenges, but could also demonstrate our capability.



There is a new excitement on the prospects of Small Modular Reactors (SMRs). As of now, several SMR designs are in progress worldwide. Except a few, most of them are under development phase. NPCIL is also working on this concept. However, our mainstay would be 700 MWe indigenous Pressurized Heavy Water Reactors (PHWRs). For faster capacity addition and to meet the energy demand, large capacity Light Water Reactors (LWRs) with foreign cooperation are also envisaged.

The road ahead is filled with challenges, but also with immense opportunities. At NPCIL, we are nurturing a talent pool that is capable of steering our esteemed organisation towards unprecedented heights. By embracing innovation, prioritizing safety, and committing to operational excellence and sustainable practices, we can shape a future where nuclear energy stands as a beacon of progress and reliability.

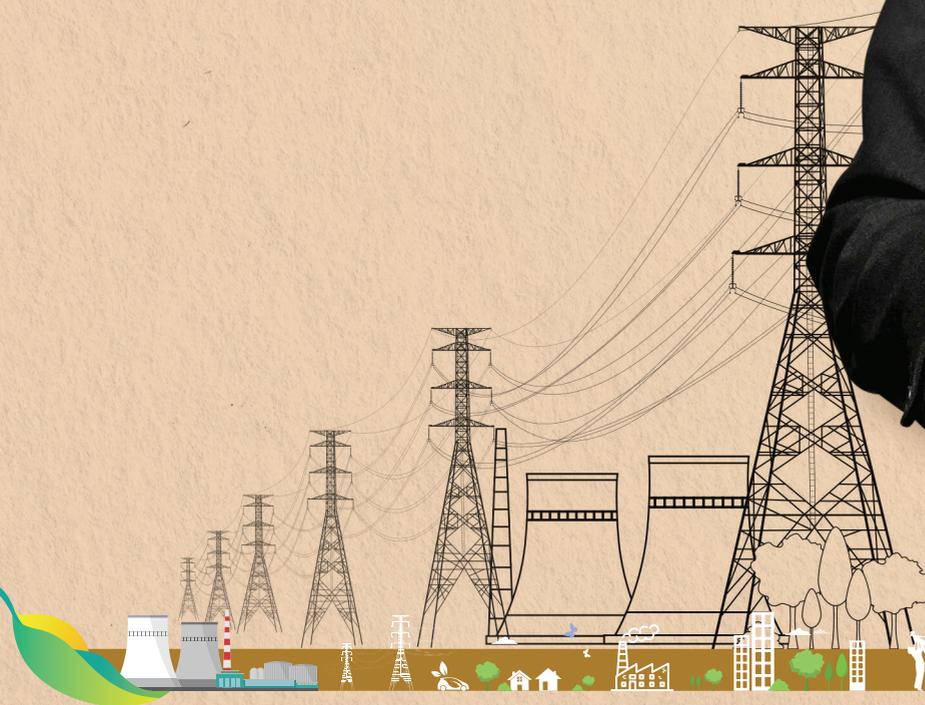
In this ever-evolving landscape, let us champion the cause of nuclear energy with zeal and integrity. Together, we can build a brighter, cleaner, and more prosperous world.

Let's get ready for a Nuclear-Powered Future!

With Best Wishes,

Bhuvan Chandra Pathak

Chairman & Managing Director, NPCIL





रिएक्टर भवन (आरबी) के आंतरिक भागों का एक दृश्य
A view of Reactor Building (RB) internals





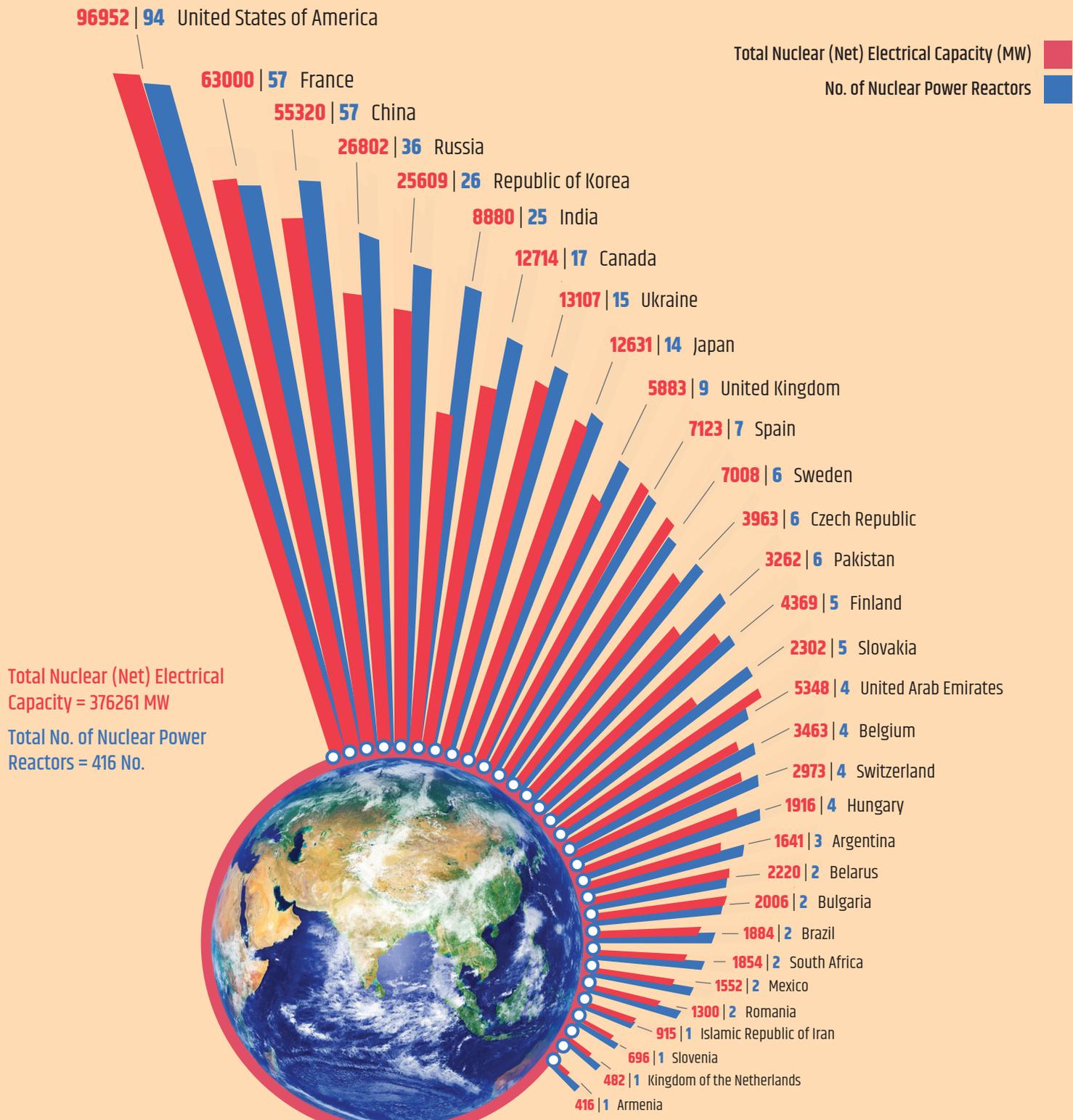
न्यूक्लियर भवन (एनबी), आरएपीपी - 7 व 8 मुख्य संयंत्र भवनों सहित
Nuclear Building (NB), RAPP - 7 & 8 along with Main Plant Buildings





विश्व में परमाणु ऊर्जा रिक्टरों की संख्या और कुल परमाणु विद्युत (नेट) क्षमता (मेगावाट) संबंधी आँकड़े

World statistics on number of Nuclear Power Reactors & Total Nuclear (Net) Electrical Capacity (MW)



Source: Power Reactor Information System (PRIS, IAEA)
Data as on 31st July 2025

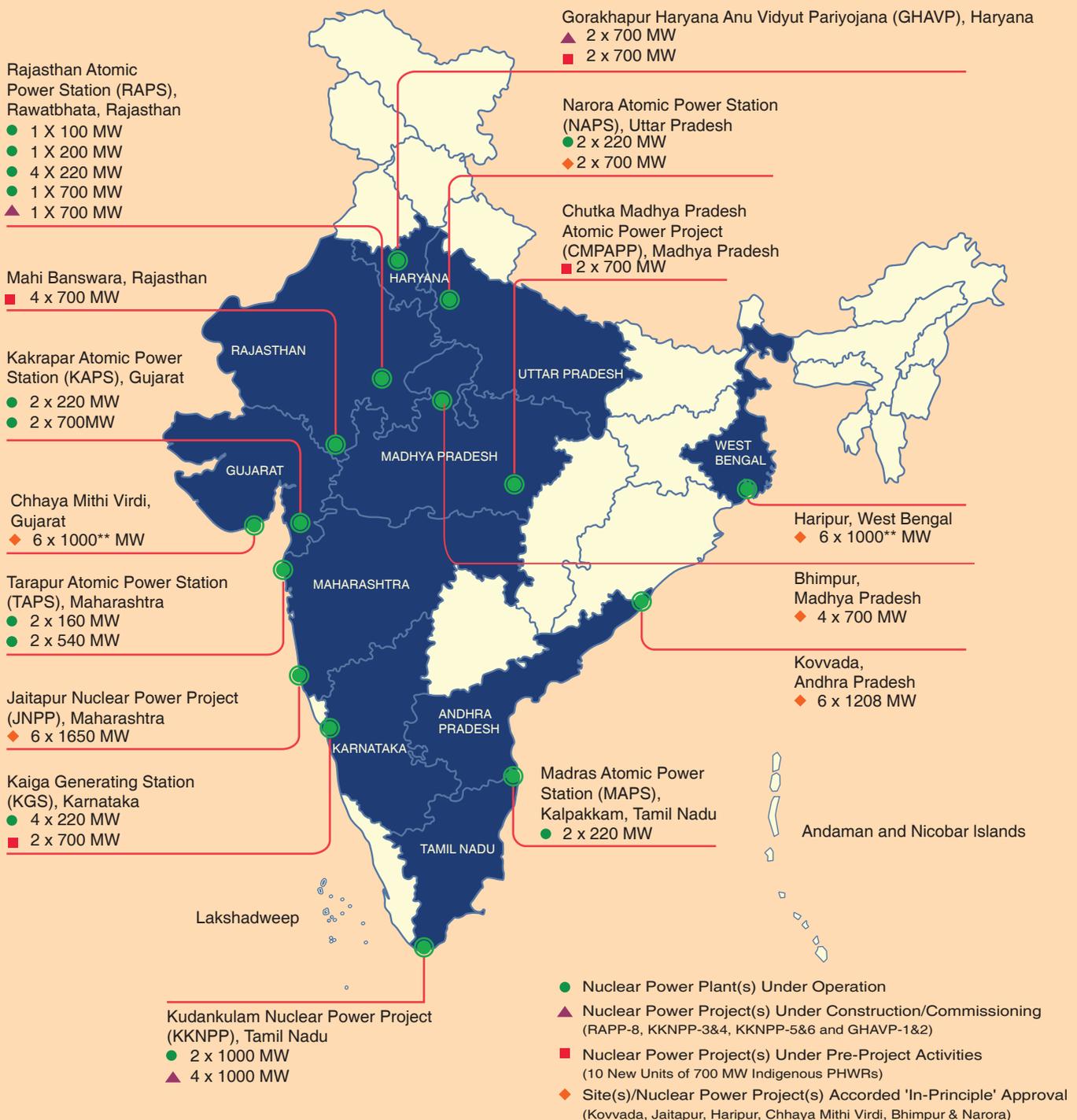
भारत में परमाणु ऊर्जा संयंत्र और स्थल

Nuclear Power Plants and Sites in India

Total installed capacity - **8780 MW** [excluding RAPS-1 (100 MW)]

Total capacity : Under construction - **6100 MW**

Under pre-project activities - **7000 MW**



- Nuclear Power Plant(s) Under Operation
- ▲ Nuclear Power Project(s) Under Construction/Commissioning (RAPP-8, KKNPP-3&4, KKNPP-5&6 and GHAVP-1&2)
- Nuclear Power Project(s) Under Pre-Project Activities (10 New Units of 700 MW Indigenous PHWRs)
- ◆ Site(s)/Nuclear Power Project(s) Accorded 'In-Principle' Approval (Kovvada, Jaitapur, Haripur, Chhaya Mithi Viridi, Bhimpur & Narora)

** Nominal Capacity

*RAPS-1 (100 MW PHWR, presently under extended shutdown) is owned by Department of Atomic Energy (DAE) and managed by NPCIL.

Note: Map for representation only. Not to scale.

परमाणु ऊर्जा: स्वच्छ, विश्वसनीय, संधारणीय

✿ THINK NUCLEAR ✿



THINK RELIABILITY



THINK SUSTAINABILITY

THINK CLEAN



www.npcil.nic.in | www.npcilcareers.co.in | contactus@npcil.co.in

Follow us at: [f](#) NpcilOfficial | [i](#) NpcilOfficial | [y](#) Npcil-Official | [in](#) Npcil-Official | [x](#) NpcilOfficial

