आईएसएसएनः 0971-9911
एलसी नं.: 99936677

न्यू-पावर

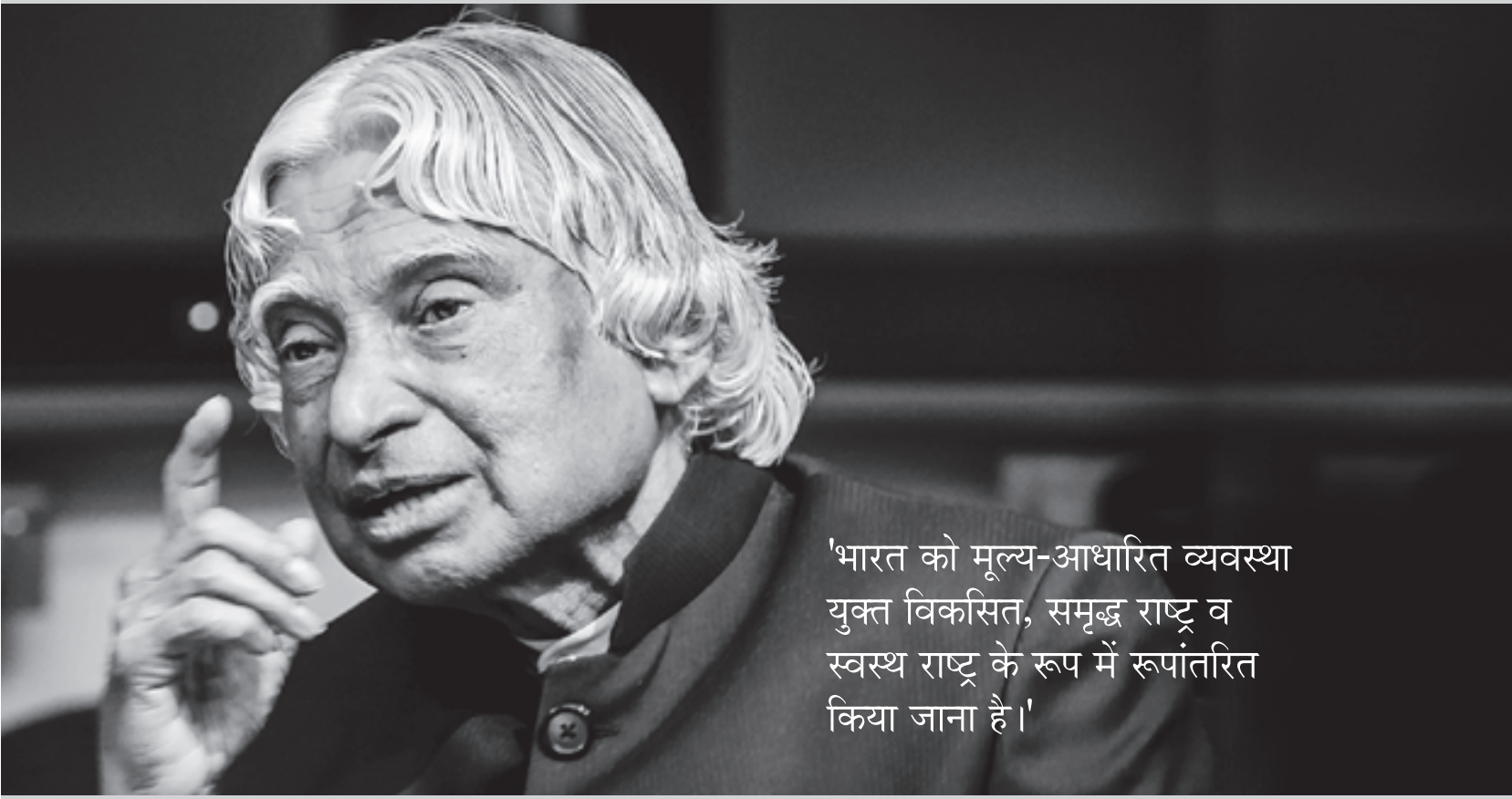
संस्करण 27 (1-2), 2015

न्यूक्लियर विद्युत की एक अंतरराष्ट्रीय पत्रिका

लाखों घरों में उजाला

भूतपूर्व राष्ट्रपति, भारत रत्न डॉ. ए.पी.जे.अब्दुल कलाम

श्रद्धांजलि

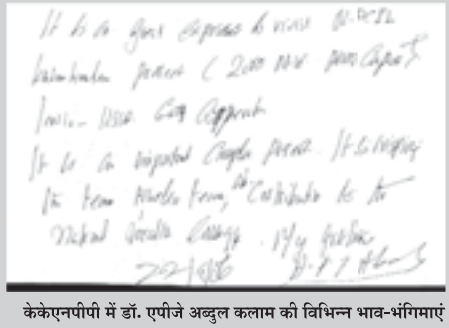


भारत रत्न एवं भारत के भूतपूर्व राष्ट्रपति एवं उत्कृष्ट वैज्ञानिक डॉ. ए.पी.जे.अब्दुल कलाम जी अपनी दिशानिर्देशक दूरदृष्टि से लाखों लोगों के प्रेरणा स्रोत रहे हैं। राष्ट्र के प्रति आपके प्रेम व अपने कार्य के प्रति समर्पण ने भारत की अनेक अविस्मरणीय वैज्ञानिक व प्रौद्योगिकीय सफलताओं की कहानियां रची हैं। भारत के अनेक सामरिक प्रौद्योगिकीय प्रयासों में आपकी अत्यंत महत्वपूर्ण भूमिका तो रही ही है, काफी पहले, वर्ष 1980 के दौरान किए गए भारत के प्रथम उपग्रह प्रक्षेपण यान, एसएलवी ।।। के विकास सहित नागरिक क्षेत्रों के अंतरिक्ष कार्यक्रमों में भी आपकी विशेष भूमिका रही है।

आप न्यूक्लियर विद्युत के प्रबल समर्थक थे। वर्ष 2011 में कुडनकुलम न्यूक्लियर विद्युत परियोजना के अपने भ्रमण के दौरान आपने इन रिएक्टरों की संरक्षा विशिष्टताओं के प्रति पूर्ण संतुष्टि व्यक्त की और आपने यह भी कहा कि केकेएनपीपी भविष्य की पीढ़ियों के लिए एक वरदान है।

'मनुष्य के लिए कठिन परिस्थितियां आवश्यक हैं क्योंकि उनसे सफलता का आनंद प्राप्त होता है।'

'आइए हम अपने आज का बलिदान दें ताकि हमारी भावी पीढ़ियों को एक बेहतर कल मिल सके।'



केकेएनपीपी में डॉ. एपीजे अब्दुल कलाम की विभिन्न भाव-भंगिमाएं

आईएसएसएनः 0971-9911
एलसी नं.: 99936677

न्यू-पावर

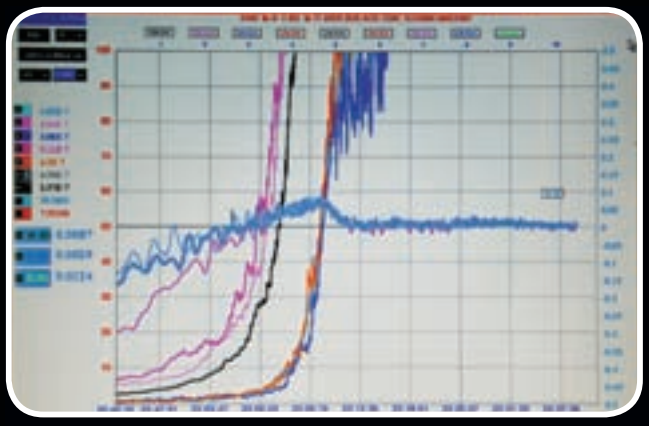
संस्करण 27 (1-2), 2015

न्यूक्लियर विद्युत की एक अंतरराष्ट्रीय पत्रिका

राष्ट्र-सेवा हेतु समर्पित कुडनकुलम -1

प्रथम क्रांतिकता: विखण्डन शृंखला अभिक्रिया का जादू

केकेएनपीपी की इकाई-1 ने 13 जुलाई, 2013 को अपनी पहली क्रांतिकता प्राप्त की।

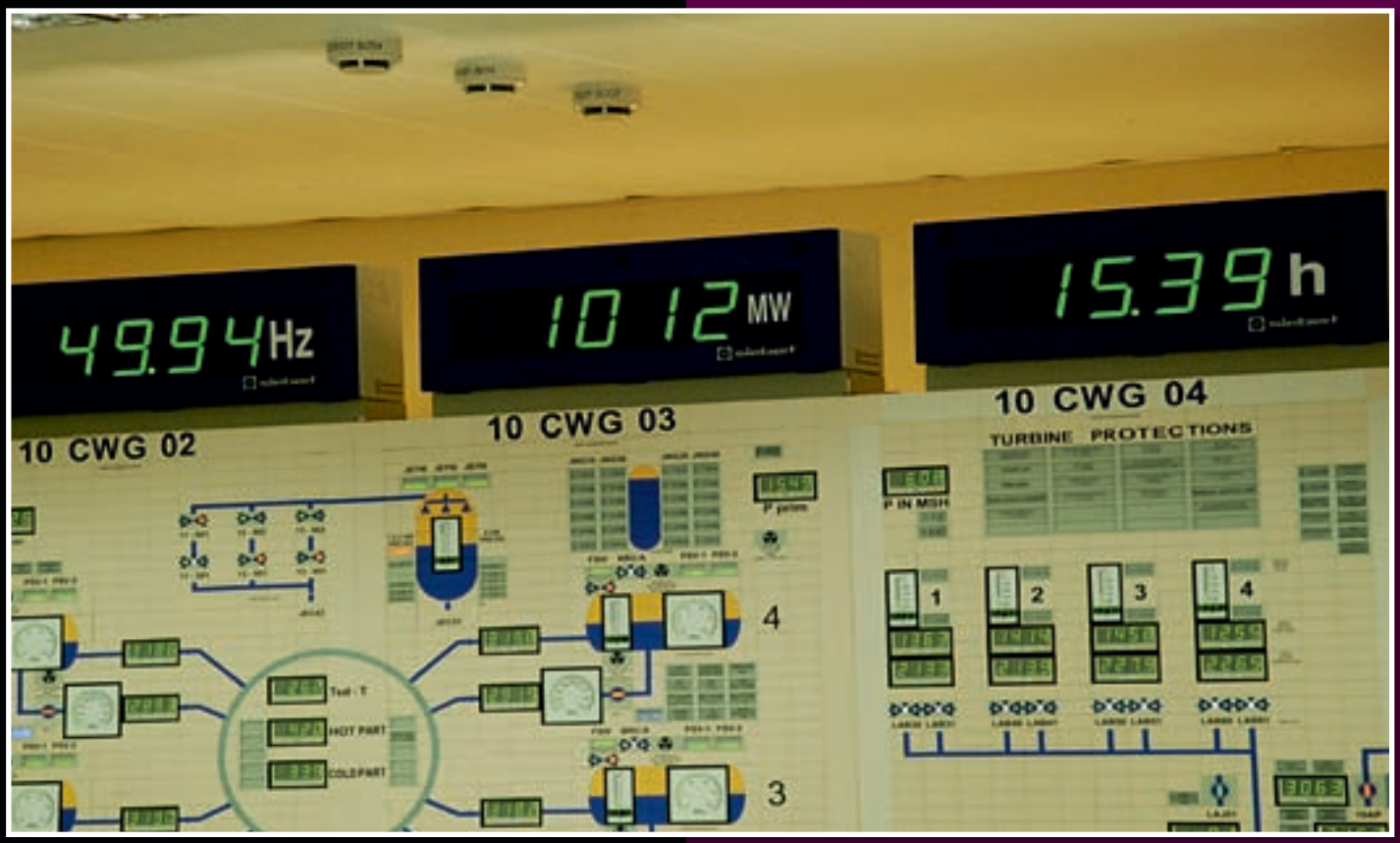


1000 मेगावाट विद्युत प्रत्येक की विशाल क्षमता वाली कुडनकुलम इकाई-1 व 2 भारत के अभी तक के सबसे विशाल न्यूक्लियर रिएक्टर हैं।

31 दिसंबर, 2014 को केकेएनपीपी-1 द्वारा वाणिज्यिक प्रचालन प्रारंभ करते ही भारत 21 न्यूक्लियर विद्युत रिएक्टर प्रचालित करने वाला देश बन गया और रिएक्टरों की संख्या के मामले में यह विश्व का 7वां सबसे अधिक न्यूक्लियर विद्युत उत्पादक देश हो गया है।

कुडनकुलम में उत्पादित विद्युत दक्षिणी ग्रिड से संबद्ध राज्यों जैसे तमिलनाडु, कर्नाटक, केरल, पुडुचेरी व आंध्र प्रदेश को वितरित की जाएगी।

रेडी, स्टेडी, गो



पूर्ण-शक्ति प्रचालन

7 जून, 2014 को 1320 बजे केकेएनपीपी इकाई-1 ने अपनी 1000 मेगावाट विद्युत की पूर्ण विद्युत शक्ति को प्राप्त कर लिया। विद्युत शक्ति का यह स्तर परमाणु ऊर्जा नियामक परिषद (एईआरबी) द्वारा प्रदत्त अनुमतियों के अनुसार चरणबद्ध रीति से प्राप्त किया गया। प्रत्येक अगले चरण पर, विभिन्न प्रकार के परीक्षण किए गए और एईआरबी से अगले चरण के लिए आवश्यक अनुमति प्राप्त की गई। पूर्ण शक्ति पर, विहित परीक्षण किए गए और इस इकाई को पूर्ण शक्ति पर प्रचालित करने के लिए समीक्षा तथा अंतिम अनुमति हेतु एईआरबी को इसकी रिपोर्टें प्रस्तुत की गईं। 22 अक्तूबर, 2013 से 24 जून, 2015 के बीच केकेएनपीपी-1 की इकाई ने 6873 मिलियन यूनिट विद्युत का सकल उत्पादन किया।

विषय-सूची

केकेएनपीपी: भारत में अनेक 'सर्वप्रथम' वाली परियोजना 6

संपादकीय 9

यादों के झरोखे से 10

आलेख

वीवीईआर प्रकार के रिएक्टरों का सिंहावलोकन: 1960 के दशक से प्रारंभ हुई एक यात्रा 12

आपातकालीन कोर कूलिंग प्रणालियों का एकीकृत परीक्षण 21

केकेएनपीपी में पोलर क्रेन का संस्थापन व कमीशनिंग 24

केकेएनपीपी डोम लाइनर का संस्थापन 49

केकेएनपीपी में काइसन गेट संरचनाओं की पानी के भीतर कटिंग 57

केकेएनपीपी में मेन कूलेंट पाइपिंग (एमसीपी) वेल्डिंग कार्य 64

केकेएनपीपी 1 व 2 में सेकेंडरी साइकिल सिस्टम पाइपलाइन के वेल्डिंग कार्य में विरूपण व अवशेषी तनाव नियंत्रण 74

केकेएनपीपी 1 व 2 में समुद्री जल पाइपलाइनों का आंतरिक कोटिंग 82

केकेएनपीपी-अभियांत्रिकी का एक अद्‌भुत प्रतीक: परियोजना की झलकियां

वीवीईआर: यह कैसे कार्य करता है 96

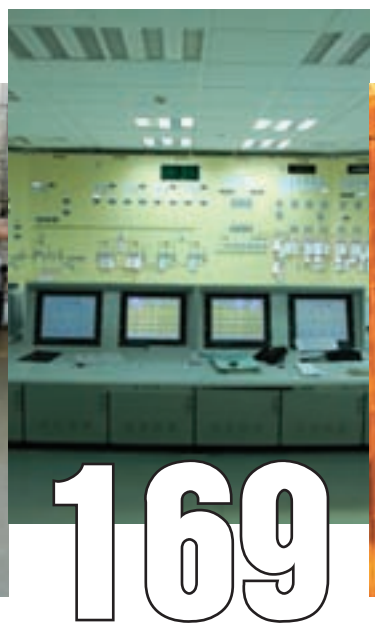
निर्माण विशिष्टताएँ 98

नवप्रवर्तक परियोजना प्रबंधन 102

ईंधन-प्रहस्तन प्रणाली विशिष्टताएँ 104
रिएक्टर अभिकल्पन विशिष्टताएँ 106
संरक्षा में नए आयाम 110
प्राकृतिक व बाह्य जोखिमों से संरक्षा 112
संरक्षा के ढांचे में आमूल सुदृढ़ता 119
कमीशनिंग विशिष्टताएँ 120
संवहनीय विद्युत प्रचालन की यात्रा 124
विखंडन शृंखला अभिक्रिया के जादू की शुरूआत: पहली क्रांतिकता की प्राप्ति 128
ग्रिड में विद्युत प्रवाह प्रारंभ: दक्षिणी ग्रिड से सिंक्रोनाइजेशन 130
रेडी, स्टेडी, गो: पूर्ण शक्ति प्रचालन 132
स्वप्न साकार हुआ 134
नाभिकीय प्रशिक्षण केंद्र 136

आलेख (जारी)

केकेएनपीपी की विद्युत प्रणाली का विकास: एक अभियांत्रिकी यात्रा 137
केकेएनपीपी के शीतित जल व प्राथमिक प्रणाली की कमीशनिंग का अनुभव 179
केकेएनपीपी का सेवा-पूर्व निरीक्षण 189



केकेएनपीपी:
भारत में अनेक सर्वप्रथम वाली परियोजना

अनेक विशिष्टताओं से परिपूर्ण परियोजना केकेएनपीपी की झोली में अनेक 'भारत में सर्वप्रथम' वाले मोती भरे हैं।

केकेएनपीपी वीवीईआर प्रकार के रिएक्टर सिद्ध प्रौद्योगिकी व अभेद्य संरक्षा पर आधारित हैं जिनका प्रदर्शन अभी तक अखिल विश्व में निर्मित किए जा चुके 65 वीवीईआर द्वारा किया जा चुका है। और भारत के लिए, ये अनेक 'सर्वप्रथम' लाए हैं, जैसे:

- रूसी फेडरेशन के साथ तकनीकी सहयोग पर आधारित भारतीय न्यूक्लियर विद्युत परियोजना।
- समय की कसौटी पर खरी वीवीईआर इकाइयां अब भारत में।
- 1000 मेगावाट विद्युत क्षमता वाले न्यूक्लियर रिएक्टर, अभी तक भारत में सबसे विशाल।
- निष्क्रिय ऊष्मा निष्कासन प्रणाली (पीएचआरएस), जिसमें रिएक्टर के भीतर के ईंधन को ठंडा करने के लिए बिजली या पानी की जरूरत नहीं होती है।
- कोर कैचर
- हाइड्रोजन रीकंबाइनर्स
- बाह्य प्रभावों से रक्षित बंद कंटेनमेंट लाइनर।
- बंधन-मुक्त कंक्रीट प्री-स्ट्रेसिंग प्रणाली
- एकल-इकाई 1000 मेगावाट टर्बाइन
- एकल-इकाई 1000 मेगावाट जेनरेटर
- देश का विशालतम गैस-इंसुलेटेड स्विचगियर (400-केवी)।
- जल ग्रहण संरचना में मछलियों के बचाव हेतु अनूठी सुविधा।

न्यू-पॉवर- न्यूक्लियर विद्युत
का अंतरराष्ट्रीय पत्रिका
न्यूक्लियर पावर कॉर्पोरेशन ऑफ
इंडिया लिमिटेड का अर्धवार्षिक
प्रकाशन

अध्यक्ष एवं प्रबंध निदेशक,
एनपीसीआईएल
के. सी. पुरोहित

निदेशक (मानव संसाधन) एवं
निगम योजना एवं निगम संचार
एन. नगाइच

संपादक
अमृतेश श्रीवास्तव

परामर्श सहायता बोर्ड
नलिनीश नगाइच
एस. एन. मलतेशा
सुदेश शर्मा
बी. वी. एस. शेखर
ए. के. जैन

कार्यालय व पत्र-व्यवहार
सुचिता कोकटे
सैयद इरशाद

स्थल संवाददाता
राजर्षि दास, तामस्थ
के. एस. राजपुरोहित, एनएपीएस
शुभा मूर्ति, एमएपीएस
एस. के. सुब्रमण्या, कैगा- 3व4
गौतम मुखर्जी, नई दिल्ली
एन. के. मित्तल, आर.आर.स्थल
अरुण खंडेलवाल, काकरापार स्थल
एम. आर. वेलायुधन, कैगा-1व2
जी. अशोक, केकेएनपीपी

सभी प्रकार के पत्राचार हेतु कृपया निम्नलिखित को संबोधित करें

संपादक,

न्यू-पॉवर - न्यूक्लियर विद्युत की अंतरराष्ट्रीय पत्रिका
9एन17, विक्रम साराभाई भवन, अणुशक्तिनगर, मुंबई - 400 094, भारत
फैक्स: 91-22-25991926
ई-मेल: amritesh@npcil.co.in
वेबसाट: www.npcil.nic.in

'न्यू-पॉवर' सीमित संख्या में नि:शुल्क वितरण हेतु उपलब्ध है।
अपनी प्रति के लिए कृपया संपादक से संपर्क करें।

'न्यू-पॉवर' के किसी आलेख या विज्ञापन में व्यक्त विचारों से संपादक, परामर्श बोर्ड, न्यूक्लियर पॉवर कॉर्पोरेशन ऑफ इंडिया लिमिटेड/परमाणु ऊर्जा विभाग का सहमत होना अनिवार्य नहीं है और संपादक/निगम/विभाग इसके प्रति जिम्मेदार नहीं है।

इस जर्नल में प्रकाशित आलेखों/सार का पुन:प्रयोग संपादक की पूर्वानुमति से किया जा सकता है बशर्ते कि वे कॉपीराइट एक्ट, जिसकी जानकारी आलेख के अंत में दी गई है, के अंतर्गत न आते हों।

केवल निजी वितरण हेतु

संपादकीय

बदलाव की बयार

अमृतेश श्रीवास्तव
संपादक

तकनीकी रूप से अत्यंत संवेदनशील अभिकल्पन वाला एक रिएक्टर जिसका शुमार विश्व के श्रेष्ठतम में होता हो। संरक्षा प्रणालियों की एक पूरी श्रृंखला जो इतनी सुव्यवस्थित व प्रभावशील हो कि जिससे संरक्षा व्यवस्था की पूरी संरचना ही उच्चतर पायदान पर स्थापित हो जाए, निष्क्रिय संरक्षा प्रणालियां इतनी संवेदनशील कि प्रचालक की सहायता के बगैर ही प्राकृतिक सिद्धांतों के आधार पर, बिजली आदि बाह्य शक्ति के बगैर कार्य प्रारंभ कर दें और इस प्रकार अत्यंत विषम परिस्थितियों में भी संरक्षा सुनिश्चित करें। एक रिएक्टर इतना विशाल कि 1000 मेगावाट क्षमता वाली प्रत्येक इकाई सहज ही देश की विशालतम एकल--उत्पादन इकाई (न्यूक्लियर या अन्य किसी भी प्रकार की) बन जाए। यह है आपका कुडनकुलम न्यूक्लियर विद्युत संयंत्र--श्रेष्ठतम 'विशेषणयुक्त' और अभियांत्रिकी का एक अद्‌भुत उदाहरण।

31 दिसंबर, 2014 की अर्धरात्रि को जब कुडनकुलम न्यूक्लियर विद्युत परियोजना-1व2 (केकेएनपीपी-1व2) की 1000 मेगावाट विद्युत क्षमता वाली पहली इकाई ने वाणिज्यिक स्तर पर विद्युत उत्पादन प्रारंभ किया, भारत के न्यूक्लियर विद्युत उत्पादन इतिहास में एक और स्वर्णिम अध्याय जुड़ गया। रूसी फेडरेशन के तकनीकी सहयोग से स्थापित केकेएनपीपी रिएक्टर न्यूक्लियर ऊर्जा के शांतिमय उपयोगों के लिए भारत-रूसी सहयोग का उत्कृष्ट उदाहरण हैं। ये अधुनातन रिएक्टर, समय की कसौटी पर सिद्ध वीवीईआर--प्रकार के रिएक्टर अभिकल्पन पर आधारित हैं जिनके विश्व में 65 से भी अधिक रिएक्टर तैयार किए जा चुके हैं।

इस केकेएनपीपी स्थल पर अंतत: 06 रिएक्टर इकाइयां लगेगीं, अर्थात वर्तमान दो इकाइयों के अलावा अभी चार और इकाइयां स्थापित की जानी हैं। कुडनकुलम रिएक्टर की दूसरी इकाई (केकेएनपीपी-2) कमीशनिंग के अग्रिम चरण में है जबकि केकेएनपीपी-3 व 4 के परियोजना-पूर्व कार्यकलाप पहले ही प्रारंभ किए जा चुके हैं।

भारत-रूसी फेडरेशन की महान उपलब्धि केकेएनपीपी ने देश की साधारण जल रिएक्टर आधारित दाबित पानी रिएक्टरों की श्रृंखला स्थापित करने की योजना की आधारशिला रख दी है। अत: केकेएनपीपी को, भारत में विशाल आकार के साधारण जल रिएक्टरों का जनक होने के लिए, सदैव ही स्मरण किया जाता रहेगा।

केकेएनपीपी-1 के वाणिज्यिक उत्पादन ने भारत की स्थापित न्यूक्लियर विद्युत उत्पादन क्षमता को 4780 मेगावाट से 5780 मेगावाट तक पहुंचा दिया है। केकेएनपीपी की दूसरी इकाई इस संख्या में, शीघ्र ही 1000 मेगावाट का इज़ाफा कर देगी। साथ ही, प्रत्येक 700 मेगावाट विद्युत क्षमता वाले चार स्वदेशी दाबित भारी पानी रिएक्टर-दो गुजरात के काकरापार में तथा दो राजस्थान के रावतभाटा में, निर्माण के अग्रिम चरण में हैं। इनके आने से इस क्षमता में 2800 मेगावाट की और वृद्धि हो जाएगी।

अनेक अन्य स्वदेशी दाबित भारी पानी रिएक्टर व अंतरराष्ट्रीय सहयोग के आधार पर साधारण जल रिएक्टर स्थापित किए जाने की भी योजना है।

स्वाभाविक है कि आने वाले दशक व उसके बाद के वर्षों में, देश के न्यूक्लियर विद्युत परिदृश्य में तेज विकास दिखाई देगा। और यह वह क्षण है जब भारतीय न्यूक्लियर विद्युत उत्पादन छलांग लगाने को तैयार है-एक रूपांतरण बिंदु पर।

आनंद सहित पढ़ें...

अमृतेश श्रीवास्तव

यादों के झरोखे से

वीवीईआर प्रकार के रिएक्टरों का सिंहावलोकन: 1960 के दशक से प्रारंभ हुई एक यात्रा

आर. कामत, अपर मुख्य अभियंता (परियोजना एलडब्ल्यूआर-विद्युत), केकेएनपीपी-3व4

जब से हमारे देश में कुडनकुलम न्यूक्लियर विद्युत परियोजना (केकेएनपीपी) की शुरुआत हुई, न्यूक्लियर-भारत के भाषायी परिदृश्य में 'वीवीईआर' शब्द ने जोरदार ढंग से प्रवेश किया और इस लेख के माध्यम से इसी वीवीईआर को संक्षिप्त रूप से स्पष्ट करने का प्रयास है जिसमें इसके उद्‌गम, इतिहास तथा 1960 से अब तक के लंबे समय में इसके विकास पर चर्चा की गई है।

वीवीईआर (या कभी-कभी इसे डब्ल्यूडब्ल्यूईआर भी कहा जाता है) वाटर कूल्ड, वाटर मॉडरेटेड एनर्जी रिएक्टर (जल शीतित, जल परिमार्जक विद्युत रिएक्टर) का प्रचलित संक्षिप्त नाम है। इसे मूलत: पूर्व सोवियत संघ (अब रूसी फेडरेशन) द्वारा डिजाइन व विकसित किया गया था। वीवीईआर शब्द वास्तव में रूसी वाक्यांश वोडा वोडियानोई इनर्जेटिक्सक्या रिएक्टर (रूसी भाषा में वोडा का अर्थ पानी होता है) है।

वीवीईआर रिएक्टर दाबित पानी रिएक्टरों (पीडब्ल्यूआर) की एक शृंखला हैं जिसका अभिकल्पन मूलत: ओकेबी गिडरोप्रेस-रोसैटम-रूसी राज्य न्यूक्लियर कॉर्पोरेशन की एक आनुषंगी कंपनी द्वारा किया गया था जबकि जिन न्यूक्लियर विद्युत केंद्रों द्वारा वीवीईआर तकनीक का प्रयोग किया जाता है, उनका विकास रोसैटोम के पॉवर प्लांट डिज़ाइन संस्थानों जैसे मॉस्को एटमेनेर्जोप्रोएकेट एईपी व निज़नी नोवोगोराड एईपी द्वारा किया गया। महत्वपूर्ण बात यह है कि कुडनकुलम न्यूक्लियर विद्युत परियोजना (केकेएनपीपी) का अभिकल्पन मुख्यतया एईपी की मॉस्को इकाई द्वारा किया गया यद्यपि, ग्रिडरोप्रेस व रूसी फेडरेशन के अन्य संबंधित अनुसंधान संस्थान जैसे खुश्चेतोव इंस्टीट्यूट आदि ने भी एईपी - जो कि कुडनकुलम न्यूक्लियर विद्युत रिएक्टरों की प्रमुख व बड़ी डिजाइनर थी, के साथ घनिष्ठ रूप से सहयोग करते हुए वीवीईआर की संबंधित प्रणालियों में सक्रिय रूप से योगदान दिया है।

उद्‌गम व इतिहास

पहली पीढ़ी के वीवीईआर रिएक्टर (1960-1966)

रोसैटोम के वीवीईआर रिएक्टर विश्व में सर्वाधिक सुलभ व प्रयोग किए जाने वाले दाबित पानी रिएक्टर हैं जिनमें शीतलक व विमंदक दोनों के रूप में साधारण जल का प्रयोग किया जाता है और इसीलिए इनका नाम वीवीईआर पड़ा है। इसका सर्वप्रथम विकास रोसैटोम की आनुषंगी ओकेबी ग्रिड्रोप्रेस द्वारा सोवियत काल में किया गया था और अब रूस में एईपी की विभिन्न इकाइयों द्वारा नई-नई विशिष्टताओं के साथ इसे आगे और भी विकसित किया जा रहा है।

तथापि, यहां पर वीवीईआर व अन्य पीडब्ल्यूआर प्रकार के रिएक्टरों के डिजाइन व उनमें प्रयुक्त सामग्री के कुछ प्रमुख अंतरों को भी समझ लेना आवश्यक है। वीवीईआर की प्रमुख विशिष्टताओं के कुछ अंतर इस प्रकार हैं:

- क्षैतिजीय वाष्प जनित्रों का प्रयोग
- षटकोणीय ईंधन संरचनाओं का प्रयोग
- उच्च क्षमता वाले दाबकों का प्रयोग

पहली वीवीईआर इकाई: वी-210

वीवीईआर प्रकार के विश्व के पहले न्यूक्लियर विद्युत संयंत्र का निर्माण 1960 में नोवोवेमेझ, रूस में प्रारंभ

केकेएनपीपी का नियंत्रण कक्ष

केकेएनपीपी का नियंत्रण कक्ष

हो गया था और तब से वीवीईआर रिएक्टरों की यह यात्रा काफी लंबी मंजिल तय कर चुकी है। तब से अभी तक लगभग 67 रिएक्टर विश्व के अनेक देशों जैसे आर्मेनिया, बुल्गाना, चीन, चेक गणराज्य, फिनलैंड, हंगरी, भारत, ईरान, स्लोवाकिया, यूक्रेन व इन सबके साथ ही अपने उद्गम स्थल रूस में भी लगाए जा चुके हैं।

सबसे पहली वीवीईआर इकाई की स्थापना वर्ष 1964 में रूस के वोरोनोज़ेह प्रांत के नोवोवोर्नेझ न्यूक्लियर विद्युत संयंत्र में हुई थी। इस इकाई को तब वी-210 कहा जाता था और इसकी दूसरी इकाई नोवोवोर्नेझ-2 को वी-365 नाम से पुकारा गया। प्रारंभत: ये अंक संबंधित इकाई के मुख्य जेनरेटर के बिजली आउटपुट के आधार पर रखे गए थे।

यद्यपि ये दोनों इकाइयां अब डीकमीशन की जा चुकी हैं, तथापि नोवोवोर्नेझ स्थल अभी भी वीवीईआर प्रकार के रिएक्टरों की डिजाइन व विकास का मुख्य केंद्र बिंदु बना हुआ है और वीवीईआर की अनेक इकाइयां या तो प्रचालनाधीन हैं अथवा निर्माणाधीन हैं जो इस चरण में अन्य कहीं भी निर्माण की जा रही इकाइयों के लिए संदर्भ इकाई का काम करती हैं या नई वीवीईआर इकाइयों के लिए परीक्षण स्थल के रूप में कार्य करती हैं।

दूसरी पीढ़ी के वीवीईआर रिएक्टर (1966-1980)

नोवोवोर्नेझ में उपर्युक्त दो इकाइयों की सफल कमीशनिंग व प्रचालन ने प्लेटफॉर्म तैयार कर दिया और भविष्य के और भी शक्तिशाली रिएक्टर विकसित करने के लिए मजबूत आधार प्रदान किया। तदनुसार, वीवीईआर-440 मॉडल वी-230 जो कि 440 मेगावाट विद्युत उत्पादन के लिए एक आम डिजाइन था, का अभिकल्पन किया गया व इसे उसी नोवोवोर्नेझ स्थल पर नोवोवोर्नेझ इकाई-3 व 4 के रूप में विकसित किया गया। वी-230 मॉडल में छह प्राथमिक कूलेंट लूप, जिसमें प्रत्येक के साथ एक क्षैतिजीय वाष्पजनित्र जुड़ा था, लगाए गए। बाद में, वीवीईआर-440 मॉडल वी-213 के रूप में एक संशोधित संस्करण विकसित किया गया जो कि सोवियत डिजाइनरों द्वारा अपनाए गए पहले न्यूक्लियर संरक्षा मानकों वाला उस युग का पहला उत्पाद था। इस मॉडल में अतिरिक्त संरक्षा विशिष्टताएं जैसे आपात कोर कूलिंग व आनुषंगी फीड वाटर प्रणालियां जोड़ी गईं थीं व साथ ही इसमें उन्नत दुर्घटना स्थल पहचान प्रणालियां भी थीं।

वीवीईआर-440 रिएक्टरों को अनेक यूरोपीय देशों जैसे स्लोवाकिया (बोहूनीस-1 से 4, मोहोवस-1 व 2), बुल्गारिया (कोझलोदवी - 1 से 4), चेक गणराज्य (दुकोवानी- 1 से 4) तथा फिनलैंड (लोविसा- 1 व 2) में सुरक्षित ढंग से प्रचालित किया जा रहा है। महत्वपूर्ण बात यह है कि, फिनलैंड के लोविसा संयंत्र का अभिकल्पन वर्ष 1971-72 में पूरा किया गया और इसमें संयुक्त राष्ट्र एईसी द्वारा वर्ष 1971 में जारी न्यूक्लियर विद्युत संयंत्रों के लिए जनरल डिजाइन क्राइटेरिया (जीडीसी) को ध्यान में रखा गया था। इसके बाद तैयार किए गए सभी वीवीईआर संयंत्रों में इन संरक्षा मानकों को अपनाया गया है और यही कारण है कि उस काल के सभी प्रचालनरत वीवीईआर-440 इकाइयों व अन्यपीडब्ल्यूआर प्रकार के रिएक्टरों के संरक्षा मानक समान हैं। उपर्युक्त डिजाइन पर विश्वसनीयता का स्पष्ट उदाहरण यह है कि उनके नियामकों द्वारा इन प्रचालनरत संयंत्रों का दशकों तक के लिए आयु-सीमा विस्तार अनुमोदित किया जा चुका है। फिनलैंड में लोविसा एनपीपी, जहां दो वीवीईआर-440 रिएक्टर लगे हैं, विश्व में सबसे बेहतर आयुसीमा कार्यनिष्पादन रिकार्ड वाला है।

तीसरी पीढ़ी के वीवीईआर रिएक्टर तथा तीसरी पीढ़ी के आगे के वीवीईआर रिएक्टर (1980 के बाद से)

दूसरी पीढ़ी के रिएक्टरों से प्राप्त अनुभवों व उनकी सफलता के आधार पर तीसरी पीढ़ी के रिएक्टरों की डिजाइन व उनके विकास का कार्य

प्रारंभ किया गया और वीवीईआर-1000 जो कि वीवीईआर डिजाइन के रिएक्टरों का अगुआ बन गया, को इन प्रयासों के माध्यम से विकसित किया गया। यह वीवीईआर- 1000 वर्ष 1975 के पश्चात विकसित किया गया और इसमें एक चार-प्रक्रिया-लूप प्रणाली थी जिसे एक कंटेनमेंट में रखा गया था और इसमें अनेक अतिरिक्त संरक्षा विशिष्टताएं, जैसे कंटेनमेंट स्प्रे स्टीम सप्रेशन प्रणाली, स्वाचालित नियंत्रण, निष्क्रिय संरक्षा प्रणालियां व तत्कालीन तीसरी पीढ़ी के पश्चिमी रिएक्टरों के अनुरूप अनेक अन्य कंटेनमेंट लोकलाइजेशन प्रणालियां लगाई गईं। कुल मिलाकर, वीवीईआर-1000, आज की तारीख में विश्व के सबसे अधिक प्रचलित डिजाइन हैं और कुडनकुलम-1 सहित इसकी 313 इकाइयां प्रचालन में हैं तथा इनका सकल प्रचालन अनुभव 5000 रिएक्टर वर्षों का हो गया है। वीवीईआर-1000 के प्रचालनरत संयंत्रों को मोटे तौर पर निम्नलिखित 3 समूहों में विभाजित किया जा सकता है:

ए) नोवोवोर्नेझ-5, इसे मार्गदर्शी संयंत्र के रूप में वर्ष 1980 में कमीशन किया गया।

बी) वर्ष 1983-1986 के दौरान 4 इकाइयों की एक छोटी श्रृंखला कमीशन की गई।

सी) वर्ष 1985-2011 के दौरान 23 इकाइयों की मानक श्रृंखला कमीशन की गई।

वीवीईआर-1000/वी-320

उपर्युक्त मानक श्रृंखला की वीवीईआर-1000 इकाइयों को वी-320 प्रकार की कहा गया जिनकी डिजाइन 80 के पूर्वार्ध में पूरी की गई और इन्हें रूस, यूक्रेन के 8 स्थलों पर व साथ ही बुल्गारिया (कोजलाउडी-5 व 6) तथा चेक गणराज्य (तेमेलिन-1 व 2) में कार्यान्वित किया गया। वीवीईआर-1000 का संरक्षा रिकॉर्ड बहुत शानदार रहा है और अभी तक, महत्वपूर्ण मानी जा सकने वाली किसी प्रकार की कोई दुर्घटना की रिपोर्ट प्राप्त नहीं हुई है।

वीवीईआर-1000/एईएस 91 (वी-428)

वीवीईआर-1000 वी-320 के प्रचालनरत संयंत्रों से अनुभव प्राप्त करने से इसके उन्नत डिजाइन विकसित किए जाने में सहायता मिली, जो एईएस-91 के रूप में सामने आया और जिसे वीवीईआर-1000/वी-428 कहा गया तथा जिसे सेंट पीटर्सबर्ग के एईपी संस्थान द्वारा विकसित किया गया। वर्ष 2007 में चीन में कमीशन की गई ताइवान एईएस-91 इकाइयां विश्व के पहले रिएक्टर थे जिनमें रिएक्टर भवन के भीतर कोर कैचर्स लगाए गए थे।

महत्वपूर्ण बात यह है कि 1000/वी-428 युक्तएईएस-91 रिएक्टरों को वर्ष 1997 में चीन में स्थापित किए जाने हेतु स्वीकृति मिली थी क्योंकि चीनी आवश्यकताओं की पुष्टि के साथ-साथ इन रिएक्टरों में, वर्ष 1995 से 2005 के दौरान अंतरराष्ट्रीय परमाणु ऊर्जा एजेंसी (आईएईए) की 20 विशेषज्ञता समीक्षाओं की संस्तुतियों को भी शामिल किया गया था। वी 320 की डिजाइन की तुलना में वी - 428 में निम्नलिखित सुधार शामिल किए गए थे:

- मुख्य संयंत्र संरक्षा प्रणालियों में 4 x 100% आवश्यकता से अधिकता का समावेशन।
- अतिरिक्तसंरक्षा प्रणालियों में भौतिक दूरी।
- कोर कैचर
- निष्क्रिय हाइड्रोजन रीकंबाइनर्स
- प्रगत रिएक्टर परिचालन शीतलक पंपों का बिजली न रहने पर भी रिसावरोधी बने रहना।

वीवीईआर-1000/एईएस 92 (वी-412 व वी-466)

एईएस-91 के तत्काल बाद एईएस-92 प्रकार की डिजाइन का विकास किया गया जिसे मास्को स्थित एईपी संस्थान द्वारा वीवीईआर-1000/वी-412 व वी-466 कहा गया ओर इसमें उपर्युक्त समस्त संरक्षा विशिष्टताओं के साथ-साथ अतिरिक्त निष्क्रिय संरक्षा विशिष्टताएं भी जोड़ दी गईं। विशेष रूप से, कुडनकुलम एनपीपी में उपर्युक्त एईएस-92 प्रकार (या वीवीईआर-1000/वी-412) के डिजाइन को अपनाया गया। कुडनकुलम इकाई-1 ने जुलाई, 2013 में क्रांतिकता प्राप्त की

और दिसंबर, 2014 में वित्तीय प्रचालन की स्थिति प्राप्त कर ली। वर्तमान में, कुडनकुलम इकाई-2 कमीशनिंग के अग्रिम चरण में है। एईएस 591 की डिजाइन के समान ही एईएस-92 की डिजाइन में भी रिएक्टर भवन के लिए दोहरा संरोधन, निष्क्रिय कोर जल-भरण के लिए 8 अतिरिक्त हाइड्रोजन एक्यूमुलेटर्स तथा प्रचालक के बगैर काम करने वाली निष्क्रिय क्षयी ऊष्मा निष्कासन प्रणालियों (पीएचआरएस) के लिए 12 ऊष्मा विनिमायकों आदि निष्क्रिय संरक्षा प्रणाली विशेषताओं का भरपूर प्रयोग किया गया। एईएस-91 व 92 दोनों को अभिकल्प आधारित दुर्घटनाओं का प्रबंधन करने के लिए सक्रिय संरक्षा प्रणालियों की बेहतर उपयोगिता के आधार पर प्रयोग करने व अधिक गंभीर दुर्घटनाओं के प्रबंधन के लिए सक्रिय व निष्क्रिय प्रणालियों के इष्टतम प्रयोग करने के आधार वाली संकल्पना के अनुरूप विकसित किया गया था। इन संरक्षा विशिष्टताओं को शामिल करते समय क्षयी ऊष्मा निष्कासन प्रणालियों के निष्क्रिय उपायों, आम तौर पर होने वाली विफलताओं के कारणों पर बल व साथ ही प्रचालकों की भूल की संभाव्यताओं के वास्तविक आकलन पर विशेष ध्यान दिया गया था। प्रगत संरक्षा विशिष्टताओं के साथ-साथ इन इकाइयों के डिजाइन में निष्क्रिय व सक्रिय संरक्षा प्रणालियों के संतुलित संयुक्त प्रयोग के आधार पर अभिकल्प से परे दुर्घटना (बीडीबीए) प्रबंधन की संकल्पना का विनियोजन भी किया गया। साथ ही, एईएस-929 प्रकार के अभिकल्प को यूरोपीय प्रचालक संगठनों (यूरोपियन यूटिलिटी रिक्वायरमेंट-ईयूआर) की तकनीकी आवश्यकताओं की पुष्टि करने वाला प्रमाणन प्राप्त भी हैं।

वीवीईआर-1200/एईएस 2006

वीवीईआर-1200/एईएस 2006, वीवीईआर रिएक्टरों की लंबी शृंखला का आधुनिकतम विकसित रूप हैं। इन इकाइयों की डिजाइनिंग का काम 2000 के दशक के मध्य से ही प्रारंभ हो गया था। इस डिजाइन को विकसित करने का मुख्य उद्देश्य न्यूक्लियर विद्युत संयंत्रों की लागत को इष्टतम करना व न्यूक्लियर वाष्प आपूर्ति प्रणालियों की मौलिक संरचनात्मक व्यवस्था में कोई व्यापक परिवर्तन किए बगैर न्यूक्लियर विद्युत संयंत्रों की संरक्षा को बढ़ाना था। यह रिएक्टर मूलत: वीवीईआर-1000 प्रकार की डिजाइन का ही विकसित रूप है जिसकी विद्युत उत्पादन क्षमता लगभग 1200 मेगावाट (सकल) है और इसमें अतिरिक्त निष्क्रिय संरक्षा विशिष्टताओं का प्रावधान किया गया है। ऐसी विशेषता प्राप्त करने के लिए इस संयंत्र की तापीय शक्ति को 3200 मेगावाट तक बढ़ाया गया है और अभिकल्प से परे दुर्घटना (बीडीबीए) प्रबंधन के लिए अतिरिक्त संरक्षा विशिष्टताओं को शामिल किया गया है। इसकी डिजाइन विकसित करने में वीवीईआर-1000 संयंत्रों से प्राप्त प्रचालनीय अनुभवों व फीडबैक तथा चीन के ताइवान संयंत्र से सीखे गए सबक भी काफी सहायक रहे हैं। ये इकाइयां तीसरी पीढ़ी से बाद वाले न्यूक्लियर विद्युत संयंत्रों के लिए आवश्यक सभी अंतरराष्ट्रीय संरक्षा आवश्यकताओं को भी पूरा करती हैं।

वीवीईआर 1200/एईएस 2006 प्रकार को मोटे तौर पर, दो श्रेणियों में वर्गीकृत किया जाता है। ये इस प्रकार हैं:

1) वी-491 संस्करण जिसे एईपी, सेंट पीटर्सबर्ग द्वारा ताइवान संयंत्र, चीन के लिए विकसित की गई एईएस-91 डिजाइन के आधार पर विकसित किया गया।
2) वी-392 संस्करण जिसे, एईपी, मॉस्को द्वारा कुडनकुलम संयंत्र, भारत के लिए विकसित की गई एईएस-92 डिजाइन के आधार पर विकसित किया गया।

पहली एईएस-2006/वी-491 इकाइयों का निर्माण रूस में दो स्थलों, सोस्नोव्यी बोर (लेनिनग्राड-।।) तथा दो इकाइयों का निर्माण वाल्टिक क्षेत्र के कालिनिनग्राड में किया जा रहा है। इसके साथ ही इस डिजाइन का चयन बेलारूस के ओस्ट्रोवेट्स में नई इकाइयों के निर्माण के लिए भी किया गया है और चेक गणराज्य में टेमेलिन-

3 व 4 तथा फिनलैंड के हान्हिकिवि के लिए भी ये इकाइयां प्रस्तावित हैं। रूस के नोवोवोरोनेझ (नोवोवोरोनेझ-चरण।।) में पहली एईएस-2006/वी-392 एम इकाइयों का निर्माण कार्य जारी है तथा इसके साथ ही, तुर्की में चार इकाइयों व बेलारूस में दो इकाइयों के निर्माण के करारों पर हस्ताक्षर किए जा चुके हैं।

भविष्य के वीवीईआर- वीवीईआर-टीओआई

वीवीईआर-टीओआई का अर्थ है टिपिकल, ऑप्टीमाइज्ड विद इनहैंस इन्फॉर्मेशन (विशिष्ट, वर्धित सूचनायुक्त इष्टतम) और इस डिजाइन की संकल्पना व विकास एक मानकीकृत वीवीईआर विद्युत संयंत्र सृजित करने के लिए किया जा रहा है जो तकनीकी व आर्थिक, दोनों प्रकार से इष्टतम हो और इसका उद्देश्य तकनीक आधारित, आधुनिक सूचना व प्रबंधन प्रौद्योगिकियों युक्त लक्ष्य-मुखी प्रतिमानकों वाले एक नए, तीसरी पीढ़ी के बाद वाले वीवीईआर रिएक्टरों का विकास करना है।

उपर्युक्त अभिकल्प को मॉस्को स्थित एईपी संस्थान द्वारा एईएस/2006/वी-392 एम डिजाइन के आधार पर विकसित किया जा रहा है। यह डिजाइन वीवीईआर-1200 एम, आगे किए गए विकासों का प्रतिनिधित्व भी करता है और इसे वी-510 के नाम से जाना जाएगा। वीवीईआर के विकास का समय-वार संक्षिप्त विवरण तालिका-1 में दिया गया है।

सार-संक्षेप:

वीवीईआर प्रकार के न्यूक्लियर पॉवर रिएक्टरों का वर्ष 1960 में पहला रिएक्टर बनने के बाद से विकास से संबंधित विषयों का पूरा चक्र साधारण जल रिएक्टर श्रेणी में एक अग्रणी रिएक्टर के डिजाइन विकास की मजबूत व सुदृढ़ प्रक्रिया की गाथा है। ध्यान देने योग्य बात यह है कि, इसकी डिजाइन में विशिष्टताओं में सुधार व न्यूक्लियर विद्युत संयंत्रों के संरक्षा पहलुओं का, इनके निर्माण के दौरान सीखे गए सबकों का व प्रचालनरत संयंत्रों से प्राप्त फीडबैक, के आधार पर संवर्धन किए जाने की प्रक्रिया में निरंतर सुधार किए जाते रहे हैं। नई पीढ़ी के वीवीईआर की प्रमुख विशिष्टता निष्क्रिय संरक्षा प्रणालियों की ओर निरंतर बढ़ता ध्यान रहा है।

कहने की आवश्यकता नहीं है कि, तकनीकी प्रगति व वीवीईआर वी-210 के पदार्पण के बाद से निरंतर होते सुधारों की यह निश्चित ही एक लंबी यात्रा रही है और यह यात्रा अभी भी जारी है, बल्कि और भी मजबूती के साथ ताकि, सभी संस्थापनाओं में वीवीईआर न्यूक्लियर संयंत्र की वर्धित संरक्षा व विश्वसनीयता सुनिश्चित की जा सके।

यह तथ्य कि, विश्व के अनेक स्थानों पर वीवीईआर रिएक्टरों की अभी तक 67 इकाइयां स्थापित की जा चुकी हैं और अन्य 13 निर्माण के चरण में हैं, वीवीईआर रिएक्टरों की डिजाइन की शक्ति व कोर सक्षमता का प्रत्यक्ष उदाहरण हैं। निश्चित तौर पर इस डिजाइन ने पहली वीवीईआर इकाई के 1960 में निर्मित होने के बाद से लंबा सफर तय किया है।

अपनी अंतर्निहित शक्ति व आन वाले समय में अनेक अन्य इकाइयों की स्थापना के आधार पर वीवीईआर निश्चित रूप से वैश्विक न्यूक्लियर विद्युत उत्पादन पर और भी व्यापक प्रभाव डालेंगे।

आर. कामत, *वै.अधि./एच, वर्तमान में केकेएनपीपी-3व4 में अपर मुख्य अभियंता (परियोजना-एलडब्ल्यूआर-इलेक्ट्रिकल) के पद पर कार्यरत विद्युत अभियंता हैं।*

आपने केके परियोजना, एनपीसीआईएल मुख्यालय में वर्ष 1989 में कार्यभार ग्रहण किया था। आप इस संयंत्र की विद्युत प्रणालियों के तकनीकी आकलन (टीए) की समीक्षा व उसे अंतिम रूप देने तथा डीपीआर, पीएसएआर आदि को अंतिम रूप देने के कार्य में रत रहे हैं।

वर्ष 2002 से आप, केकेएनपीपी स्थल के विद्युतीय निर्माण समूह में कार्य कर रहे हैं। आपके द्वारा किए जाने वाले कार्यों में विद्युत उपकरण जैसे 220केवी व 400केवी जीआईएस व जीआईबीडी, 24/400केवी जीटी आदि, इकाई व रिज़र्व ऑक्जलरी ट्रांसफॉर्मर्स आदि व 10 मेगावाट केकेएनपीपी पवनचक्की आदि प्रमुख हैं।

आपातकालीन कोर कूलिंग प्रणालियों का एकीकृत परीक्षण

अनीश डी.एम., नियंत्रण अभियंता, केकेएनपीपी

परिचय

कुडनकुलम न्यूक्लियर पावर प्रोजेक्ट के प्रत्येक रिएक्टर में स्वतंत्र सक्रिय आपातकालीन कोर कूलिंग प्रणालियों (ईसीसीएस) की चार ट्रेन हैं। इनमें से प्रत्येक, प्राथमिक शीतलक पाइपलाइन संविदारण के पश्चात कूलेंट एक्सीडेन्ट की क्षति (लोका) की घटनाओं को कम करने में सक्षम है। सक्रिय आपातकालीन कोर कूलिंग प्रणालियां निम्नलिखित हैं:

1. **प्राथमिक परिपथ और भुक्तशेष ईंधन भंडारण कुण्ड शीतलन प्रणाली की आपातकालीन और नियोजित कूलिंग डाउन (जेएनए 10-40):** यह निम्न दबाव की ईसीसीएस प्रणाली है और रिएक्टर की उप-क्रांतिकता और दीर्घ-कालीन कोर कूलिंग को सुनिश्चित करती है एवं किसी संभावित विफल ईंधनों से रेडियोएक्टिव आयोडीन (I-131) के निस्सरण को न्यूनतम करती है।

2. **उच्च दबाव बोरोन अंत:क्षेपण प्रणाली जेएनडी 10-40:** यह एक उच्च दबाव की ईसीसीएस प्रणाली है जो एक अभिगृहित स्मॉल-ब्रेक एवं लार्ज-ब्रेक लोका के दौरान प्राथमिक परिपथ का निर्माण करती है।

3. **कंटेनमेंट स्प्रे प्रणाली जेएमएन 10-40:** प्राथमिक कंटेनमेंट के दबाव को कम करती है और सुनिश्चित करती है कि आयोडिन-131 की बाइंडिंग द्वारा रेडियोसक्रियता प्राथमिक कंटेनमेंट तक ही सीमित रहे।

29 अप्रैल 2012 को केकेएनपीपी की इकाई-1 ने ईसीसीएस एकीकृत परीक्षण का सफलतापूर्वक आयोजन कर इसकी सक्रिय संरक्षा प्रणालियों की सक्षमता का सफलतापूर्वक प्रदर्शन किया। परियोजना के लिए यह एक महत्वपूर्ण उपलब्धि थी जिसमें केकेएनपीपी के संपूर्ण प्रचालन एवं अनुरक्षण स्टाफ के साथ ही साथ अन्य भारतीय नाभिकीय ऊर्जा संयंत्रों के कर्मचारियों के सटीक प्रयास शामिल थे।

ईसीसीएस एकीकृत परीक्षण की आवश्यकता

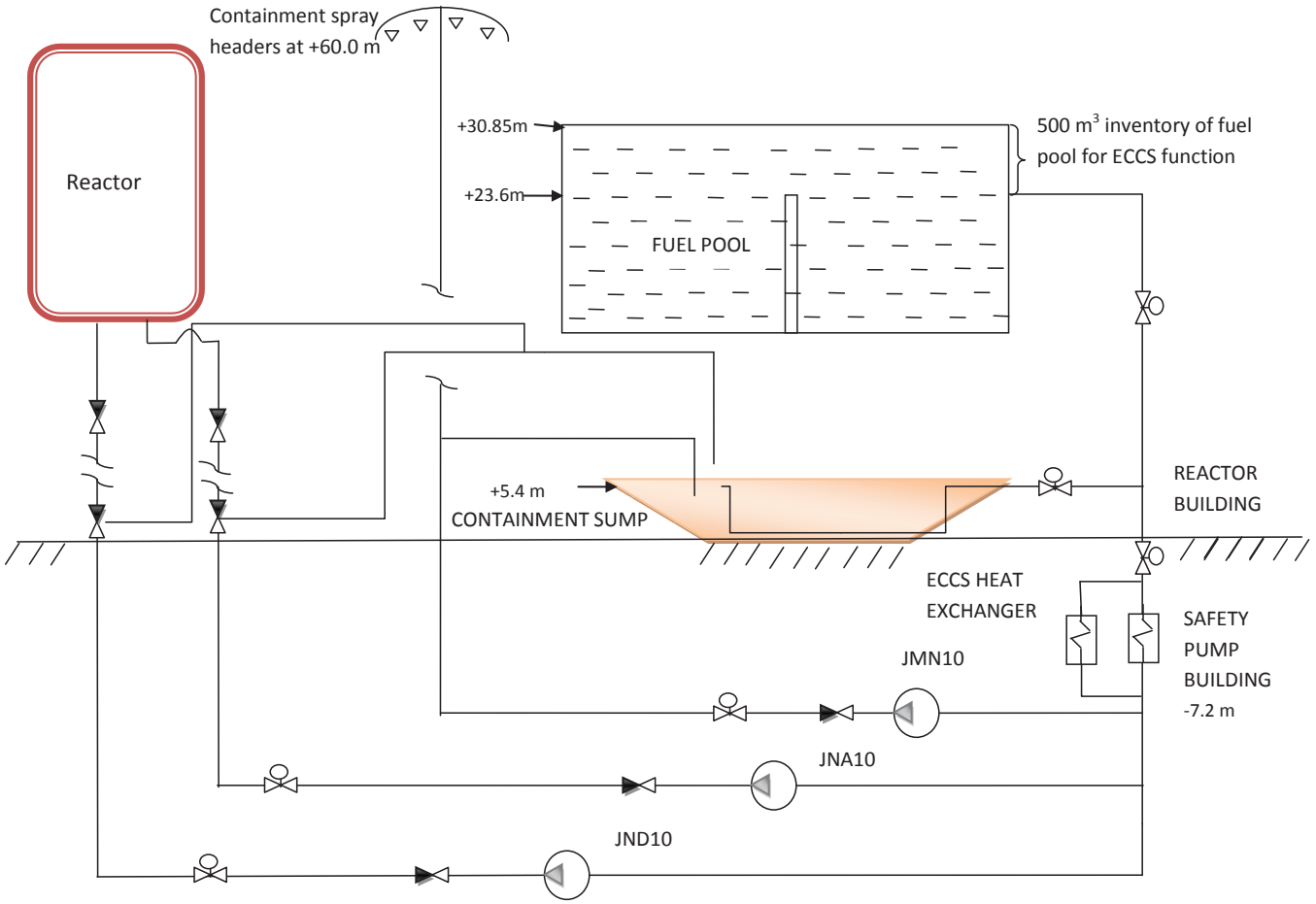
इकाई-1 का हॉट रन पूरा हो गया था और रिएक्टर एवं सह प्रणालियों का एकीकृत निष्पादन सन्तोषजनक पाया गया। रिएक्टर से नकली ईंधन को अनलोड करने से पहले, सक्रिय संरक्षा प्रणालियों के साथ इसकी सह युक्तियों के एकीकृत निष्पादन को भी सत्यापित किया जाना था।

ईसीसीएस की डिजाइन

आपातकालीन कोर कूलिंग प्रणालियों को, बोरोटेड जल रिएक्टर कोर में डिस्चार्ज करने और आरंभ में स्पेन्ट फ्यूल पूल से कंटेनमेंट स्प्रेइंग के लिए, डिजाइन किया गया है। स्पेन्ट फ्यूल पूल के स्तर में कमी आने के बाद, पंपों का चूषण (सक्शन) स्वतः ही कंटेनमेंट सम्प की ओर बदल जाता है।

ईसीसीएस एकीकृत परीक्षण की मुख्य तकनीकी चुनौतियाँ/उद्देश्य

1. फ्यूल पूल के संबंध में कंटेनमेंट सम्प के लोअर एलीवेशन और संरक्षा प्रणाली पंपों में हाई डिस्चार्ज फ्लो होने के कारण डिजाइन को सही ठहराने हेतु खाली स्थान की अनुपस्थिति को प्रदर्शित करना था। पंपों को उनकी निम्नतम एनपीएसएच



ईसीसीएस परीक्षण के लिए संबंधित उंचाइयों सहित योजना आरेख

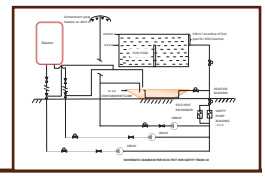
सीमा के नजदीक ऑपरेट करने की क्षमता को भी सत्यापित किया जाना था।

2. उपकरण की आरंभिक और प्रचालन अवस्था के दौरान विद्युत और मापयंत्रण प्रणालियों की अनुक्रिया को भी सत्यापित किया जाना था।

परीक्षण के लिए तैयारी

प्रणाली फ्लशिंग, प्रक्रिया मापयंत्रण के पूरा होने के बाद वाल्वों और संरक्षा प्रणाली पंपों की कमिशनिंग की गई और कमिशनिंग के परिणाम स्वीकार्य पाए गए। चूँकि मुख्य शीतलक नलिकाओं की फ्लशिंग पहले ही पूरी हो चुकी थी और प्राथमिक कंटेनमेंट के भीतर सामान्य प्रचालन उपकरणों को कमीशन किया जा चुका था, मुख्य शीतलक नलिकाओं में पानी के प्रवेश को रोकने के प्रयोजन से डिस्चार्ज वाटर (जोकि वापस कंटेनमेंट सम्प में जाता है) को फर्श पर डायवर्ट करने हेतु संरक्षा प्रणाली पाइपलाइनों में फील्ड संशोधन किए गए। कंटेनमेंट सम्प सहित प्राथमिक कंटेनमेंट की संपूर्ण सफाई का कार्य विभागीय स्टाफ के पर्यवेक्षण के अंतर्गत पूरा किया गया। सम्प की पुनः पेंटिंग भी की गई। युक्तिसंगत जांचों द्वारा मापयंत्रण प्रणालियों की स्वस्थता को सुनिश्चित किया गया।

कंटेनमेंट सम्प को 400 मी^{3} तक भरने के बाद (एक अभिगृहित लार्ज-ब्रेक लोका के दौरान इन्वेन्ट्री के सम्प में पहुँचने की संभावना थी) पानी के नमूने लिए गए और नमूनों के परिणाम स्वीकार्य पाए गए। परीक्षण के एक भाग के रूप में, जेएनए 10-40 प्रणाली की निर्धारित फ्लो दर पर एक ट्रेन के प्रचालन



द्वारा कंटेनमेंटसम्प वाल्व को खोलने के दौरान संरक्षा प्रणाली पाइपलाइनों में वायु अन्तर्गमन की अनुपस्थिति का प्रदर्शन किया गया। चूषण चेन्ज ओवर के दौरान पम्प चूषण दबावों को मापने के लिए अतिरिक्त उपकरणों को इंस्टॉल किया गया। परीक्षक के एक भाग के रूप में प्राथमिक लोका सिग्नल के आरंभन पर जेएनए 10-40 प्रणाली की एक ट्रेन का फ्यूल पूल कूलिंग मोड से आपातकालीन मोड में स्वचालित चेन्ज ओवर का प्रदर्शन किया गया। असामान्य परिस्थितियों के मामले में, उपकरण को रोकने हेतु 30 मिनट के लिए प्रचालक निषेध को बाईपास किया।

ईसीसीएस परीक्षण का निष्पादन

आवश्यकतानुसार सह-समर्थित प्रणालियों को तैयार किया गया। समस्त चारों ईसीसीएस चैनल पम्पों और सह वाल्वों को सामान्य संयंत्र प्रचानल स्थिति के अनुसार रखा गया (एक उपकरण-जेएनए पम्प जोकि, फ्यूल पूल कूलिंग मोड में प्रचालन कर रहा था, को छोड़कर सारे उपकरणों को रोक दिया था)। उपकरणों के सुरक्षित प्रचालन की निगरानी के लिए अनुरक्षण और प्रचालन स्टाफ को महत्वपूर्ण स्थानों पर तैनात किया गया। मुख्य नियंत्रण कक्ष से समस्त चारों संरक्षा ट्रेनों के लिए प्राथमिक लोका पुश बटन एक साथ दबाए गए। स्वचालित क्रियाओं और महत्वपूर्ण मापदंडों को मुख्य नियंत्रण कक्ष के साथ ही साथ फील्ड से भी जांचा गया। सभी 16 संरक्षा पम्पों को 30 मिनट की अवधि तक एक साथ चलाया गया।

निष्कर्ष

प्राथमिक लोका सिग्नल आरंभन पर संरक्षा प्रणाली पम्प (जेएनए 10-40, जेएमएन 10-40 और जेएनडी 10-40) एक साथ और स्वचालित रूप से प्रारंभ हुए और फ्यूल पूल स्तर 13.365 मी. तक कम होने पर संरक्षा प्रणाली पम्प चूषण का फ्यूल पूल से कंटेनमेंट सम्प में स्वचालित चेन्ज ओवर हुआ।

कंटेनमेंट सम्प से चूषण के साथ संरक्षा प्रणाली पम्पों के एक-साथ प्रचालन के दौरान गुहिकायन अथवा गैस लॉकिंग के कोई संकेत नहीं दिखाई दिए और निर्धारित फ्लो दर पर स्थिर रूप से प्रचालन करते हुए पाए गए। परीक्षण के दौरान निम्नतम कम्पाउण्ड प्रेशर गेज की रीडिंग 0.3 bar (g) देखी गई।

इसके साथ ही परीक्षण परिणामों के बहिर्वेशन द्वारा दुर्घटना की स्थिति के दौरान संरक्षा प्रणाली पम्पों के लिए उपलब्ध एनपीएसएच, पम्पों के लिए आवश्यक न्यूनतम स्वीकार्य एनपीएसएच से ज्यादा पाया गया।

संक्षेप में, यह केकेएनपीपी में अभी तक आयोजित किए गए परीक्षणों में से सबसे चुनौतीपूर्ण कमिशनिंग परीक्षण था जिसमें सुस्पष्ट समन्वय, संचार, तैयारी और परीक्षण के निष्पादन की आवश्यकता थी।

अनीश डी. एम., *एक विद्युत अभियंता हैं, आपने 2007 में 16वें बैच में कार्यकारी प्रशिक्षु के रूप में एनपीसीआईएल में कार्यग्रहण किया था। परिचयात्मक प्रशिक्षण के पूरा होने के बाद वे केकेएनपीपी की आपातकालीन कोर कूलिंग प्रणालियों की कमिशनिंग में शामिल हुए थे। वे समस्त संरक्षा प्रणाली पम्पों की कमिशनिंग के साथ ही साथ ईसीसीएस परीक्षण द्वारा बारह पम्पों के गुहिकायन मुक्त एक साथ प्रचालन के कमिशनिंग परीक्षणों व प्रदर्शन में शामिल थे। वे वर्तमान में सामान्य पारी प्रचालन में एक नियंत्रण अभियंता हैं और केकेएनपीपी के प्राइमरी साइड समन्वय कार्यों और ठोस अपशिष्ट प्रबंधन प्रणालियों के कार्यों को देखते हैं।*

केकेएनपीपी में पोलर क्रेन का इरेक्शन और कमीशनिंग

अरुण पी. नायर, वै.अ./एफ, केकेएनपीपी; **कपिल अग्रवाल,** सपाप्रअ, केकेएन-पीपी-2;
पी. ए. सुरेश बाबू, मुख्य अभियंता (गु. आ.), केकेएनपीपी

1.0 परिचय

कुडनकुल न्यूक्लियर पॉवर परियोजना (केकेएनपीपी) में ध्रुवीय क्रेन (वृत्ताकार या गोल घूमने वाली क्रेन) की क्षमता 350/190 टन की है। यह रिएक्टर बिल्डिंग के भीतर 43.9 मीटर के एलीवेशन पर KR-140 प्रकार की वृत्ताकार रेल पर चलती है। क्रेन की चौड़ाई 42 मीटर है और डायाफ्रामों द्वारा रिइन्फोर्स्ड, बॉक्स स्ट्रक्चर के दो मुख्य गर्डरों से मिलकर बनी होती है। 350/190 टन की लिफ्टिंग हाइट 22मी है। दोनों मुख्य गर्डर, एन्ड गर्डर द्वारा किनारों पर जुड़े हुए रहते हैं। क्रेन के निर्माण के लिए लो अलॉय स्ट्रक्चरल स्टील 10khSND और हाई स्ट्रेन्थ स्ट्रक्चरल स्टील वेलडोक्स 700E का प्रयोग किया गया था। क्रेन में एक मुख्य ट्रॉली, एक सहायक (स्लेव) ट्रॉली और एक मुख्य गैन्ट्री लगाई गई हैं जिन्हें मुख्य गर्डरों से सपोर्ट प्रदान किया गया है। मुख्य ट्रॉली में 350/190 टन क्षमता की मेन हॉइस्ट और 10 टन क्षमता की एक सर्विस हॉइस्ट मौजूद रहती है। सहायक ट्रॉली (स्लेव ट्रॉली) में 32 टन क्षमता की एक सहायक हॉइक्ट और गैन्ट्री पर 10 टन क्षमता की सर्विस हॉइस्ट प्रदान की गई है। सर्विस हॉइस्टों का प्रयोग स्वयं क्रेन की मरम्मत करने और रिएक्टर बिल्डिंग के अंदर छोटे-छोटे वजनों (10 टन तक) को शिफ्ट करने के लिए किया जाता है।

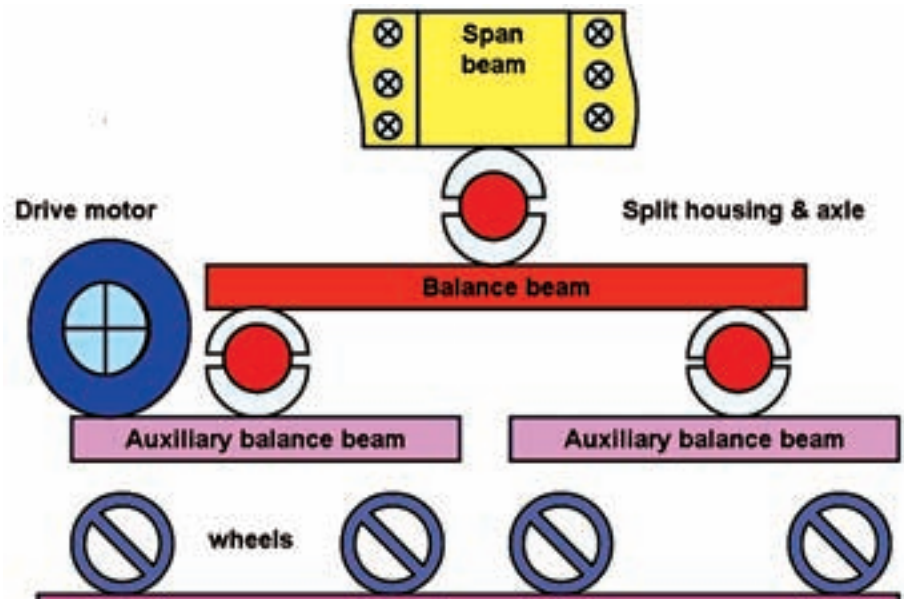
स्टील रिएक्टर भवन पर डोम क्रेन स्थापन से पहले पोलर क्रेन का एक चित्र

पोलर क्रेन की सहायता से स्टीम जेनरेटर का संस्थापन

मेन व ऑक्ज़लरी होइस्ट सहित ब्रिज एसेंबली

क्रेन को विद्युत की आपूर्ति पैनल से की गई है जिसे कंटेनमेंट के टॉप पर रखा गया है। इस पैनल से पॉवर केबल्स को मुख्य गैन्ट्री प्लेटफार्म पर अवस्थित (रखे गए) पैनल से जोड़ा गया है। किसी भी तरह की मरम्मत के लिए क्रेन में एक डोम सर्विस प्लेटफार्म भी प्रदान किया गया है जिसका प्रयोग कंटेनमेंट डोम की मरम्मत के लिए किया जाता है।

ध्रुवीय क्रेन को रिएक्टर बिल्डिंग के अंदर अनुरक्षण और रिफ्यूलिंग के दौरान विभिन्न उपकरणों की लिफ्टिंग और हैंडलिंग के लिए डिजाइन किया गया है अर्थात रिएक्टर हेड व अपर ब्लॉक, प्रोटेक्टिव ट्यूब यूनिट, कोर बैरेल, स्पेन्ट फ्यूल और फ्रेश फ्यूल कॉस्क आदि की हैंडलिंग के लिए इसका प्रयोग किया जाता है। सामान्य प्रचालन और संरक्षा के लिए यह एक महत्वपूर्ण घटक है। ध्रुवीय क्रेन, पीएनएईजी-5-006-87 के अनुसार भूकंपीय श्रेणी-I और



चित्र-1 ड्राइव कैरिज के साथ ब्रिज ट्रेवल

पीएनएईजी-01-011-97 के अनुसार श्रेणी । एन से संबंधित है।

ध्रुवीय क्रेन दो प्रकार (मोड) से प्रचालित होती है:

- असेम्बली मोडः संयंत्र निर्माण स्तर के दौरान इरेक्शन के लिए। इस दौरान प्रतिबंधित क्षेत्र प्रभावी नहीं होते हैं।
- प्रचालन मोडः रिफ्यूलिंग शटडाउन के दौरान रिएक्टर इन्टरनल्स, फ्रेश और स्पेन्ट फ्यूल कॉस्क की लिफ्टिंग के लिए। प्रतिबंधित क्षेत्र सक्रिय होते हैं अर्थात रिएक्टर और फ्यूलपूल के ऊपर से लोड के मूवमेंट की सख्त मनाही होती है।
- शटडाउन के दौरान आवश्यकता होने पर स्टीम जनरेटर, रिएक्टर, कूलेन्ट पम्प जैसे उपकरणों के अनुरक्षण के दौरान भी क्रेन का प्रयोग किया जा सकता है।

2.0 ध्रुवीय क्रेन के विभिन्न घटकों और महत्वपूर्ण क्रियाविधियों का विवरण

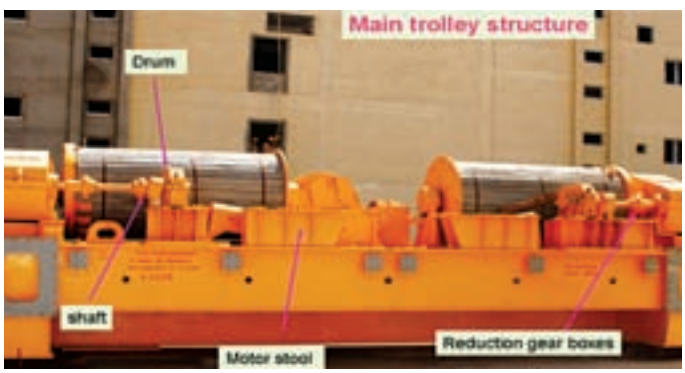
ध्रुवीय क्रेन रशियन फेडरेशन में मैसर्स युरलमाश संयंत्र जेएससी द्वारा निर्मित की गई थी। क्रेन निम्नमलिखित उपकरणों से सुसज्जित है:

- 350/190 टन की मुख्य हॉइस्ट क्रियाविधि (350 टन हॉइस्ट का प्रयोग इरेक्शन के दौरान उपकरण के इंस्टालेशन के लिए और 190 टन हॉइस्ट का प्रयोग रिएक्टर संयंत्र की सर्विस लाइफ के दौरान किया जाता है)। स्पान बीम क्षमता (स्पान बीम में स्थायी विक्षेपण को रोकने हेतु) के कारण 350 टन के लिए चक्रों या फेरों की संख्या सीमित है। इसलिए 350 टन क्षमता का प्रयोग इरेक्शन अवधि के दौरान किया जाता है और यदि आवश्यकता हो तो भविष्य में इसका प्रयोग स्टीम जनरेटर के प्रतिस्थापन के लिए भी किया जा सकता है। 350 टन और 190 टन दोनों के लिए उसी हॉइस्ट का प्रयोग किया जाता है। इसका चयन नियंत्रण डेस्क पर स्विच के चयन द्वारा किया जाता है।
- छोटे उपकरणों और फ्रेश फ्यूल कॉस्क की हैंडलिंग के लिए 32 टन वजन उठाने की क्षमता वाली सहायक हॉइस्ट क्रियाविधि।
- मुख्य ट्रॉली फ्रेम, सहायक ट्रॉली फ्रेम गैन्ट्री और क्रेन ब्रिज गैन्ट्री पर प्रत्येक 10 टन वजन उठाने की क्षमता वाली तीन इलेक्ट्रिक हॉइस्ट क्रियाविधि।

क्रेन उपकरण में निम्नलिखित मुख्य घटक/ क्रियाविधियाँ शामिल हैं।

2.1 ट्रावेल क्रियाविधि के साथ ब्रिज

ब्रिज एक वेल्डित मेटल स्ट्रक्चर है जो दो स्पान बीम, दो एण्ड बीम, फिक्सिंग युक्तियों और गैन्ट्री से मिलकर बना होता है। स्पान बीम, रोल्ड प्लेटों से बने बॉक्स सेक्शन के वेल्डित मेटल स्ट्रक्चर के तीन सेक्शनों से मिलकर बना होता है और अनुदैर्घ्य कोणों और ऊर्ध्वाधर डायाफ्राम से सुहढ़ रहता है। स्ट्रॉप्स और हाई-स्ट्रेन्थ बोल्टजाइन्ट की सहायता से, दो स्पान बीम और दो एण्ड बीम एक दृढ़ फ्रेम का निर्माण करते हैं।



संस्थापन से पहले मेन होइस्ट ट्राली

विनिर्माता कारखानें में क्रेन की एसेंबलिंग

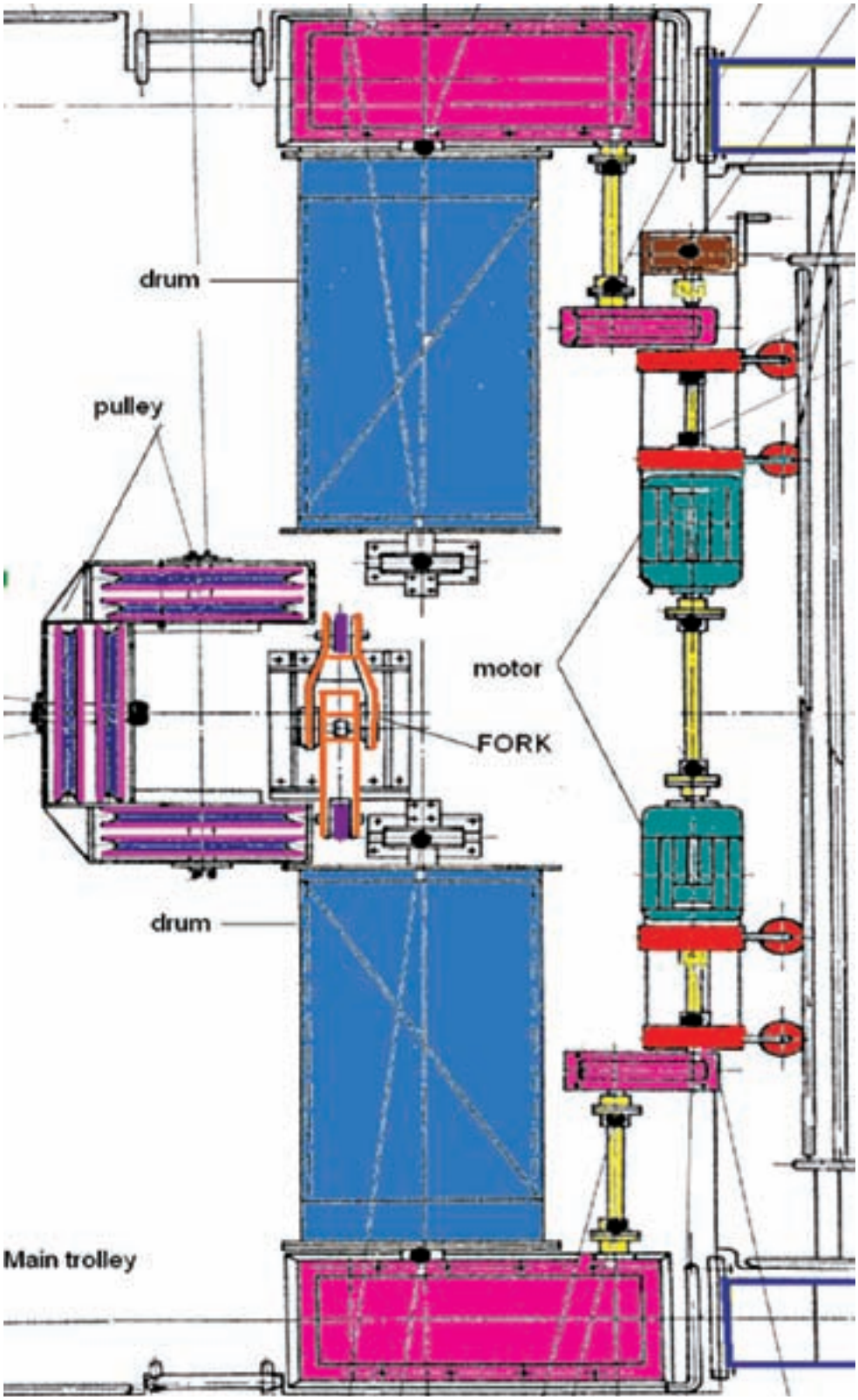
चार ब्रिज ट्रावेल ड्राइव कैरिज की सहायता से रेल के ऊपर ब्रिज का संचलन किया जाता है।

क्रेन स्पान बीमों के प्रत्येक कोने में ड्राइव कैरिज प्रदान किए गए हैं जो मुख्य संतुलन बीम, आईडल कैरिज, ड्राइव कैरिज, मोटर रिडक्शन गियर से मिलकर बने होते हैं। मुख्य संतुलन बीम, दो स्पिलिट हाउसिंग्स और दो लाइनर्स की सहायता से आईडल और ड्राइव कैरिज पर आधारित रहता है। प्रत्येक कैरिज, दो फ्लेन्जलेस पहियों से मिलकर बना होता है जो रोलिंग बियरिंग सपोर्ट में चल रही शॉफ्टों पर आरूढ़ रहते हैं। रेल से पहिए को फिसलने से बचाने के लिए, पहियों को शंक्वाकार रूप दिया गया है और एक कोण पर इंस्टॉल किया गया है। ड्राइव कैरिज में मोटर रिडक्शन गियर शामिल रहता है, जिसे व्हील शाफ्ट पर इसके हॉलो आउटपुट शॉफ्ट के साथ रखा जाता है।

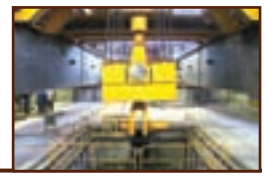
क्रेन को रेल ट्रेक पर बनाए रखने के लिए, क्रेन के एक तरफ हाउसिंग्स में क्षैतिज रोलर्स को इंस्टॉल किया गया है। प्रत्येक हाउसिंग्स में दो क्षैतिज रोलर्स को समायोजित किया गया है। रोलर्स को इस तरह से डिजाइन किया गया है कि वे सामान्य सर्विस स्थितियों के अंतर्गत और भूकंप के दौरान क्षैतिज वजनों का भार उठा सकें। वृत्ताकार रेल पर पड़ी हुई अवांछित सामग्री को हटाने के लिए कैरिज पर स्क्रेपर को इंस्टॉल किया गया है।

2.2 मुख्य हॉइस्ट ट्रॉली

मुख्य हॉइस्ट ट्रॉली, मुख्य हॉइस्ट क्रियाविधि, फ्रेम, ट्रावेल क्रियाविधि, ग्रेपल्स, ब्रैकेट्स, हाई स्ट्रैन्थ बोल्ट्स, स्पिलिट हाउसिंग और एक्सल से मिलकर बनी होती है। ट्रॉली फ्रेम चार कैरिजों पर आधारित रहती है। इनमें से प्रत्येक कैरिज



चित्र-2 मेन होइस्ट मैकेनिज्म



को, दो डबल फ्लेंज्ड पहियों का सपोर्ट रहता है। डबल फ्लेन्ज रनिंग पहिए, रोलिंग बियरिंग्स में चल रहे व्हील शॉफ्टों पर आरूढ़ रहते हैं। एक मोटर रिडक्शन गियर को व्हील शॉफ्ट पर इसके हॉलो ऑउटपुट शॉफ्ट के साथ रखा जाता है।

फ्रेम के साथ रनिंग व्हील को स्पिलिटहाउसिंग और एक्सल की सहायता से ट्रॉली फ्रेम के साथ जोड़ा जाता है। रिएक्टर ऑपरेटिंग सतह पर तेल रिसाव को रोकने के लिए, पान के रूप में प्लेटों से बनी हुई ट्रे को मोटर रिडक्शन गियर के नीचे इंस्टॉल किया जाता है।

कोई ड्राइव नहीं होती है। यह सहायक हॉइस्ट क्रियाविधि, फ्रेम, स्पिलिट एक्सल बॉक्स, बियरिंग्स, एक्सल, रनिंग आइडल व्हील और ग्रेपल्स से मिलकर बनी होती है। सहायक ट्रॉली के पहियों में फ्लैंज नहीं होते हैं; रेल पर इसकी स्थिति मुख्य हॉइस्ट ट्रॉली पहियों के फ्लैंजों और ट्रॉलियों को जोड़ने वाले कब्जों से निर्धारित होती है।

भूकंप के दौरान रेल पर ट्रॉली को पकड़े रखने के उद्देश्य से, ग्रेपल्स को ट्रॉली के साथ लगाया गया है। ब्रिज के साथ ट्रावेल करने के दौरान ट्रॉली के

यूनिट एवं अपर शीव नाम की दो ड्रम इकाइयाँ शामिल हैं। इन ड्रमों को श्रेणी में जुड़े हुए रिडक्शन गियरों के माध्यम से इलेक्ट्रिक मोटरों से चलाया जाता है। ड्रम रोटेशन को सिंक्रोनाइज करने के लिए इलेक्ट्रिक मोटरों को मध्यवर्ती शाफ्ट द्वारा जोड़ा जाता है। प्रत्येक मध्यवर्ती शाफ्ट में दो इलेक्ट्रो-हाइड्रॉलिक ब्रेक्स होते हैं। विद्युत आपूर्ति में रुकावटकी दशा में वजन को संरक्षित स्थिति में लाने के लिए मुख्य हॉइस्ट क्रियाविधि में एक हैन्ड ड्राइव होता है। जब मोटर ड्राइव का प्रयोग किया जाता है, तब हैन्ड ड्राइव का हाफ कपलिंग, हॉइस्ट ड्राइव

निनिर्माता के कारखाने में मेन फोर्म मेकेनिज्म तथा स्थल पर किया जा रहा रीविंग कार्य

2.3 सहायक हॉइस्ट ट्रॉली

सहायक हॉइस्ट ट्रॉली दो कब्जेदार जॉइन्ट्स द्वारा मुख्य हॉइस्ट ट्रॉली से जुड़ी हुई रहती है। सहायक हॉइस्ट ट्रॉली, मुख्य हॉइस्ट ट्रॉली के साथ ही चलती है अर्थात सहायक ट्रॉली के संचलन के लिए अलग से आखिरी सिरे की स्थिति का निर्धारण करने के लिए ग्रेपल्स की साइड सतह स्टॉप्स की तरह कार्य करती हैं।

2.4 मुख्य हॉइस्ट क्रियाविधि

मुख्य हॉइस्ट क्रियाविधि को मुख्य ट्रॉली के फ्रेम पर इंस्टॉल किया गया है और इसमें मुख्य हॉइस्ट लेवलिंग

रिडक्शन गियर पर स्थित हाफ कपलिंग से अलग रहता है। जब आवश्यकता होती है तो लैड स्क्रू क्रियाविधि का प्रयोग करते हुए इन्हें जोड़ दिया जाता है और परिचालन के लिए इलेक्ट्रो-हाइड्रॉलिक हॉइस्ट ड्राइव ब्रेकों को खोल दिया जाता है।

पोलर क्रेन को विद्युत आपूर्ति करनेवाली केबिल को टॉप इनर कंटेनमेंट में से निकाला जाता है।

मुख्य हॉइस्ट क्रियाविधि में फोर्क स्विंग (घूर्णन) क्रियाविधि सस्पेंशन और एक्सेल एक्सेटेंशन क्रियाविधि समाविष्ट रहते हैं। फोर्क को थ्रस्ट बियरिंग से होकर शीव सस्पेशन पर अनुप्रस्थ रूप से इंस्टॉल किया जाता है। अनुप्रस्थ बदले में बियरिंग से होकर ट्रुनिअन के साथ सस्पेंशन पर आधारित रहता है। ऐसी डिजाइन, फोर्क को अपने अक्ष के आस-पास घूमने और फोर्क के अक्ष से संबधित अनुप्रस्थ के साथ झूलने की अनुमति प्रदान करती है।

शीव सस्पेंशन एक शीव प्रणाली और टेकल ब्लॉक्स के द्वारा रस्सियों के माध्याम से मुख्य हॉइस्ट क्रियाविधि ड्रमों के साथ जुड़ता है और वजन के लिए लिफ्टिंग और लोअरिंग का कार्य करता है। फोर्क में एक एक्सेल होता है जो वजन को पकड़ कर रखता है और इलेक्ट्रिक ड्राइव से संचालित होता है। इसके अतिरिक्त, मैनुअल ड्राइव भी प्रदान किया गया है।

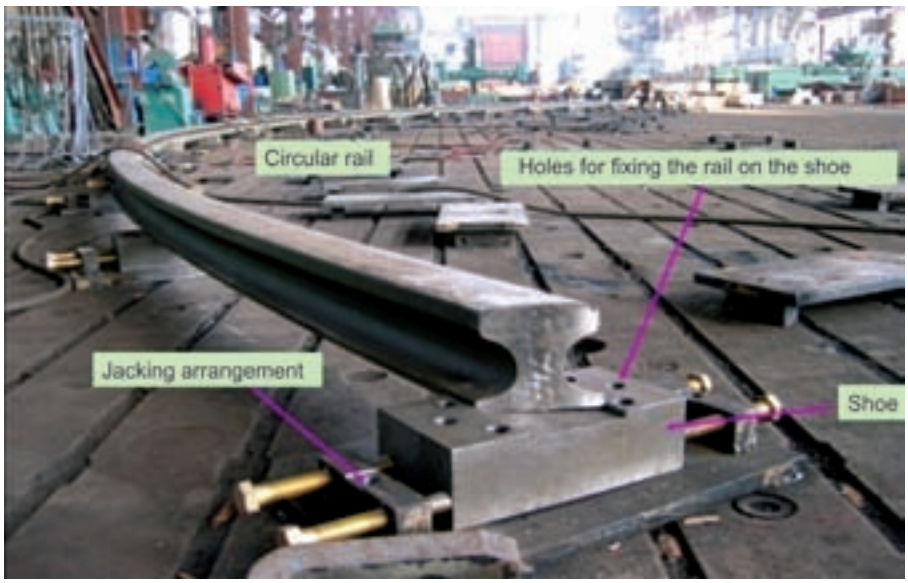
2.5 डोम सर्विस प्लेटफार्म

डोम सर्विस प्लेटफार्म का प्रयोग कंटेनमेंटडोम की आंतरिक सतह के अनुरक्षण के लिए किया जाता है। यह दो ट्रसेस से मिलकर बना होता है जिनके अंदर प्लेटफार्म और सीढ़ियाँ इंस्टॉल होती हैं। प्लेटफार्म का एक किनारा क्रेन ब्रिज पर आधारित होता है और दूसरा किनारा ब्रिज गैन्ट्री पर इंस्टॉल किया हुआ होता है।

2.6 क्रेन को विद्युत आपूर्ति

पॉवर सप्लाई लाइन द्वारा क्रेन उपकरणों को 380 V की आपूर्ति प्रदान की जाती है जो कंटेनमेंट डोम और क्रेन को जोड़ती है। इसके प्लेटफार्म के साथ क्रियाविधि ब्रिज गैन्ट्री पर आधारित होती है। ब्रिज से ट्रॉली तक करंट सप्लाई लाइन में लचकदार केबलें शामिल रहती हैं। केबल लूप की असेम्बली आई-बीम मोनोरेल के ऊपर चल रही केबल कारों पर की जाती है।

आगे की तरफ गैंट्री से जुड़ा डोम सर्विस प्लेट फार्म



विनिर्माता के कारखाने में क्रेन पटरी की जाँच

2.7 क्रेन वृत्ताकार रेल

ध्रुवीय क्रेन को क्रेन गर्डर बीम पर सहारा प्रदान किया गया है। ये 8.76 मीटर आर्क लम्बाई के 15 बीम होते हैं, इनमें से प्रत्येक ध्रुवीय क्रेन के केन्द्र में 240 का कोण अंतरित करता है। प्रत्येक बीम, 3 ब्रेकेट्स पर आधारित है। इस प्रकार, क्रेन रनवे गर्डर को सहारा प्रदान करने वाले 45 ब्रेकेट्स होते हैं। क्रेन गर्डर द्वारा निर्मित वृत्त की त्रिज्या 21.0 मीटर होती है।

क्रेन बीम, टी35 मोटाई, 100 x 600एमएम आकार की बियरिंग प्लेटों पर आधारित होते हैं। बियरिंग प्लेट के साथ क्रेन बीम की निचली प्लेट की संपर्क सतह, वेब प्लेट/ डायाफ्राम और क्रेन बीम की निचली प्लेट के बीच की संपर्क सतह मशीन्ड होती हैं ताकि 100% संपर्क को सुनिश्चित किया जा सके।

क्रेन रेलिंग्स को एक 42 मीटर व्यास के वृत्ताकार गोले में 30 खण्डों में व्यवस्थित किया गया है और तापीय प्रसार को समायोजित करने के लिए प्रत्येक खण्ड के बीच में 1.5एमएम का गैप प्रदान किया गया है। प्रत्येक रेल खण्ड को क्रेन बीमों से वेल्ड किए गए 11 शूज के ऊपर रखा गया है और शूज के साथ बोल्ट्स और स्ट्रिप्स से सुरक्षित किया गया है।

3.0 प्री-इरेक्शन कार्य-कलाप

उपकरण प्राप्त होने के बार इनका अपरी निरीक्षण किया गया। पैकिंग सूची के अनुसार उपकरण की पूर्णता को सत्यापित किया गया। कई सारे घटकों जैसे कि नट, बोल्ट और वाशर को एक गर्म पानी के टैंक में डुबोया गया और फिर गर्म अवस्था में ही उन्हें पेट्रोल और ऑयल के मिश्रण वाले टैंक में डुबोकर उनका डि-प्रिजर्वेशन किया गया। क्रेन इरेक्शन मेगा पैकेज (एम 6) कॉन्ट्रेक्ट का ही एक भाग था।

ब्रिज स्ट्रक्चर और ध्रुवीय क्रेन के प्रबंधन के लिए रिएक्टर बिल्डिंग के सामने 50मी X 18मी. के समतल असेम्बली एरिया को चिन्हित किया गया। गैन्ट्री और ट्रॉली की असेम्बली के लिए

43.9 मी. की उंचाई पर कंटेनमेंट के भीतर क्रेन बीम पर क्रेन रेल का संस्थापन

इरेक्ट की जा रही क्रेन रेल केआर-140 - शूज़ के साथ

10मी X 24मी की जगह अलग से चिन्हित की गई।

4.0 इरेक्शन

ध्रुवीय क्रेन के इरेक्शन में ग्राउण्ड असेम्बली, यांत्रिकी इरेक्शन के साथ ही साथ विद्युत और मापयंत्रण प्रणालियाँ भी शामिल हैं।

4.1 ग्राउण्ड असेम्बली

ग्राउण्ड असेम्बली निम्नानुसार कार्य करती हैं:

- मुख्य ब्रिज असेम्बली
- ब्रिज ड्राइव क्रियाविधि असेम्बली

4.1.1 मुख्य ब्रिज असेम्बली

क्रेन मैसर्स उरालमेश, रशिया द्वारा निर्मित की गई थी तथा कुडनकुलम को जहाज़ से भेजी गई। मुख्य गर्डर 3 अलग-अलग टुकड़ों में प्राप्त हुआ। इन टुकड़ों को संरेखित करने के लिए ज़मीन को समतल किया गया। सतह को समतल बनाने के लिए 24 कंक्रीट ब्लॉक्स जिनमें से प्रत्येक का वज़न लगभग 4 से 5 टन था उस स्थान पर ले जाए गए तथा कंक्रीट के ब्लॉक्स के शीर्ष भाग को समतल किया गया। मुख्य गर्डर के सभी 3+3 टुकड़ों को इन कंक्रीट के ब्लॉकों पर संरेखित किया गया। टोटल स्टेशन का उपयोग करते हुए गर्डर के कैम्बर

चित्र: ज़मीन पर संरेखित किए जा रहे पोलार क्रेन गर्डर्स

चित्र: एचएसएफजी बोल्ट जॉइंट - संरेखन के दौरान तथा अंतिम क्लीनिंग, टाइटनिंग तथा पेंटिंग के बाद

तथा बो को जांचने के बाद, गर्डर्स को उच्च-ताकत वाले फ्रिक्शन ग्रिप (एचएसएफजी) बोल्ट्स से एकसाथ जोड़ा गया। प्रारंभ में, निर्माता द्वारा सप्लाई किए गए बोल्ट्स पूरे टॉर्क के साथ कसने के दौरान फेल हो रहे थे। फिर उन्हीं बोल्ट्स को इकाई-2 क्रेन से लेकर प्रयास किया गया, परंतु परिणाम वही था।

यह मामला निर्माता को बताया गया तथा निर्माता द्वारा नए बोल्ट्स की आपूर्ति की गई। नए बोल्ट्स डिप्रिज़र्व किए गए तथा बोल्ट्स के तेल तथा ग्रीस के सभी दाग़ों को साफ किया गया। एचएसएफजी बोल्ट्स के लिए संपर्क सतह को जोड़ने से पहले ग्रिट-ब्लास्ट किया जाना चाहिए।

निर्माता द्वारा संस्तुत संपर्क सतहों के बीच की क्लीरेंसेज़ इतनी कसी हुई थीं कि स्ट्रेप प्लेट तथा बीम की सतह के फ्रिक्शन का सही मान प्राप्त करना मुश्किल था। बोल्ट कसने के क्रम के लिए एक प्रक्रिया बनाई गई। ग्रिट ब्लास्टिंग के बाद बोल्ट्स बोल्ट होल्स में लगाए गए तथा प्रारंभ में उन्हें स्पेनर्स का उपयोग करके मैनुअली कसा गया। तब उन्हें हाइड्रॉलिक टॉर्क रेंच का उपयोग करके पूरी टॉर्क वेल्यू तक स्टेप-वाइज़ तरीके से कसा गया। बोल्ट्स डि-प्रिज़र्वेशन के बाद बोल्ट्स को कसने का कार्य 72 घंटों में पूरा हुआ। गुणवत्ता आश्वासन निरीक्षण के बाद जॉइंट्स पेंट किए गए। मुख्य बीम्स की ग्राउंड असेम्बली को पूरा करने के बाद रेल, स्टेयरकेस प्लेटफॉर्म्स, हैंड रेलिंग, फेस्टून स्ट्रक्चर तथा अन्य स्ट्रक्चरल आइटम्स उनपर असेम्बल किए गए ताकि इरेक्शन कार्य में समय कम लगे। इकाई-1 में ये आइटम्स अलग-अलग असेम्बल करके इरेक्ट किए गए, जबकि इकाई-2 में ये आइटम्स जमीन पर ही असेम्बल किए गए।

चित्र: रिएक्टर भवन के अंदर डीमेग क्रेन का उपयोग करके क्रेन गर्डर को +43.9m तक उत्थापित किए जाते हुए

टावर क्रेन का उपयोग करते हुए क्रेन एंड गर्डर संस्थापन प्रगति पर

4.1.2 ब्रिज ड्राइव मेकेनिज्म असेम्बली

स्टोर्स से शिफ्टिंग के बाद ड्राइव केरिजेज़ तथा ड्राइव मेकेनिज्म का पूर्णतया निरीक्षण किया गया। निरीक्षण के बाद ड्राइव केरिज मेटिंग पार्ट्स, स्पिलिट पिंस, कपलिंग्ज़, आदि पेंट तथा कोटिंग हटाकर डि-प्रिज़र्व किए गए। गियर बॉक्सेज़ ड्राइव केरिजेज़ (व्हील्स) के साथ असेंबल किए गए। ड्राइव मेकेनिज्म तथा बेलेंसिंग बीम्स मुख्य बीम्स के साथ असेंबल किए गए।

4.1.3 क्षैतिजीय रोलर्स के साथ रोलर पेडेस्टल की असेम्बली

निर्माता से प्राप्त हुए रोलर पेडेस्टल्स, रोलर्स की डिस्मेंटलिंग तथा रोलर केसिंग के लिए पहले कार्यशाला में ले जाए गए। पुरजे अलग करने के बाद इन्हें सर्कूलर रेल अलाइनमेंट तथा व्हील साइज़ के उपयुक्त बनाने के लिए मशीन किया गया। इकाई-1 में इरेक्शन के बाद मशीनिंग की, जबकि इकाई-2 में इरेक्शन तथा असेम्बली समय को पर्याप्त रूप से कम करने के लिए सारी मशीनिंग ज़मीन पर एक स्थानीय कार्यशाला में की गई। मशीनिंग के बाद उसे क्लीयरेंस की जांच के लिए ज़मीन पर असेम्बल किया गया। रोलर पेडेस्टल असेम्बली को मुख्य बीम असेम्बली से अलग इरेक्ट किया गया।

4.1.4 मुख्य तथा सहायक ट्रॉलियों की असेम्बली

मुख्य तथा सहायक ट्रॉली साइट पर स्थानांतरित की गईं तथा सामग्री का गहन निरीक्षण किया गया। निरीक्षण के बाद ड्राइव मैकेनिज्म को ट्रॉलियों के साथ असेंबल किया गया और पहियों के अलाइनमेंट की जांच की गई। इस अलाइनमेंट का मिलान मुख्य गर्डर असेम्बली, जोकि पहले से ही इरेक्ट की जा चुकी थी, पर पर स्थित रेल से किया गया। इसके बाद ट्रॉली पर हॉइस्टिंग मैकेनिज्म असेंबल किए गए। इकाई-2 में सिज़मिक अरेस्टर्स भी ट्रॉलीज़ के साथ जोड़े गए तथा इरेक्शन टाइम को कम करने के लिए गियर बॉक्सेज़ में ज़मीन पर ही तेल भरा गया।

4.1.5 ब्रिज गेंट्री तथा हॉइस्ट की असेम्बली

ब्रिज गेंट्री की असेम्बली के लिए गेंट्री

रिएक्टर भवन के अंदर +43.9 मी पर स्थापित क्रेन गर्डर्स और एंड गर्डर्स

चित्र: गेंट्री स्ट्रक्चर की स्थापना का कार्य प्रगति पर

के दोनों लेग्ज़ समतल कंक्रीट ब्लॉक्स पर रखे गए। गेंट्री स्पान की जांच करने के बाद गेंट्री बीम को प्लेटफॉर्म के साथ विकर्ण करके, मोनोरेल तथा हॉइस्ट उसके साथ असेंबल किए गए। जोइंट्स वैसे ही थे जैसे कि ब्रिज असेम्बली में तथा एचएसएफजी बोल्ट्स के साथ जोड़े गए। सभी सहायक पुर्जों अर्थात प्लेटफॉर्म्स, सीढियां, हैंड रेल्स, हॉइस्ट की केबलिंग आदि को जोड़ने के बाद गेंट्री स्ट्रक्चर पर मुख्य विद्युत पेनल को स्थापित करने हेतु गेंट्री स्ट्रक्चर को सीधा किया गया।

4.1.6 सहायक ट्रॉली गेंट्री की असेम्बली

सहायक ट्रॉली गेंट्री की असेम्बली उसी प्रकार की गई जिस प्रकार ब्रिज गेंट्री की हुई थी। इसे कंक्रीट ब्लॉक्स पर भी असेंबल किया गया।

4.2 यांत्रिक इरेक्शन

पोलार क्रेन की अधिकतम सामग्री रिएक्टर भवन के पास रखी गईं डीमेग या लेभर क्रेनों का उपयोग करके इरेक्ट की गई। सभी इरेक्शन कार्य इरेक्शन से पूर्व तैयार किए गए शेड्यूल के अनुसार किए गए। क्रेन को रिएक्टर भवन के अंदर क्रेन बीम्स इरेक्शन पूरा होने से पहले इरेक्ट किया गया। जब भी छ: विकर्णत: विपरीत क्रेन बीम्स तैयार हुए, क्रेन गर्डर्स स्थापित किए गए तथा रिएक्टर भवन के अंदर इरेक्शन कार्यों की शुरूआत की गई। अत: क्रेन इरेक्शन कार्य तथा सीआरबी कार्य समानांतर रूप से किए जा सके। मुख्य गर्डर के इरेक्शन से पहले क्रेन का केंद्र तथा प्रत्येक व्हील स्थिति रेल पर सटीक रूप से चिन्हित की गई।

ग्राउंड असेम्बली को पूरा करने के बाद रिएक्टर भवन के अंदर डिमेंग क्रेन का उपयोग करते हुए एक मुख्य गर्डर इरेक्ट किया गया तथा सर्कूलर रेल पर रखा गया। दो टावर क्रेन्स का उपयोग करते हुए 2 एंड बीम्स एक साथ उठाए गए तथा अस्थायी बोल्ट्स का उपयोग करते हुए इस मुख्य गर्डर के साथ असेंबल किए गए। तब दूसरा गर्डर उठाया गया तथा एंड बीम्स के पास लाया गया तथा सभी 3 क्रेन्स की मदद से फ्लेंज होल्स मैच किए गए तथा अस्थायी बोल्ट्स के द्वारा स्ट्रेप

प्लेट्स के साथ असेंबल किए गए। ज्यामितीय जांच के बाद जैस कि स्पान, विकर्ण तथा फॉर्म्ड आयत के लेवल की जांच के बाद क्रमानुसार बोल्ट डालने तथा कसने का कार्य किया गया। इससे ब्रिज असेम्बली तैयार हो गई। एक साथ जोड़ने के बाद कैम्बर, विकर्ण तथा रेल अलाइनमेंट के लिए असेम्बली की जांच की गई।एसएसएफजी जॉइंट्स को प्राप्त करने के लिए सम्पूर्ण असेम्बली 72 घंटों में पूरी की गई। बाद में रोलर पेडेस्टल का इरेक्शन तथा वेल्डिंग की गई।

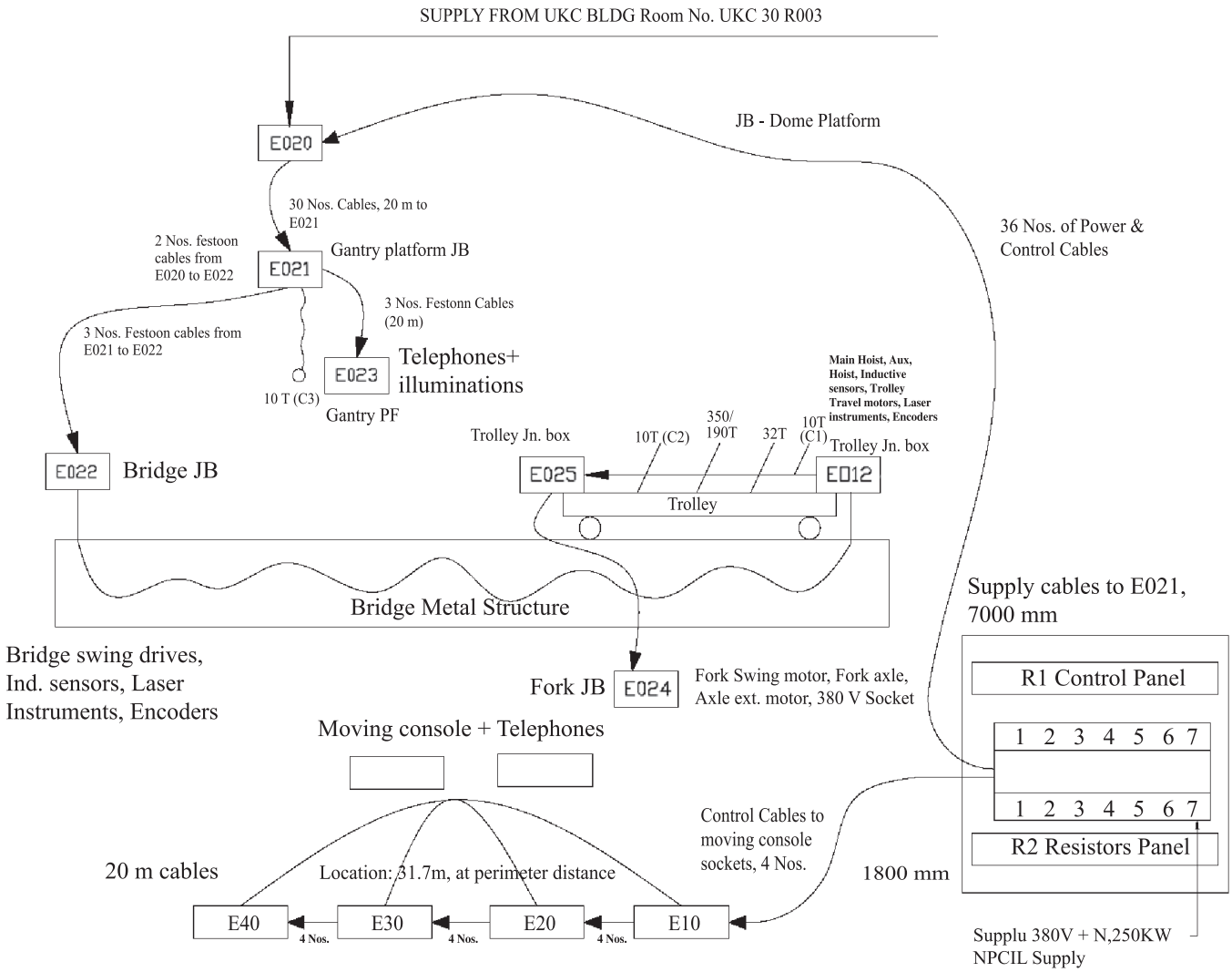
क्रेन के केंद्र को रिएक्टर भवन के केंद्र के साथ मिलाया गया। टोटल स्टेशन का उपयोग करते हुए विभिन्न स्थानों पर क्रेन सेंटर की रीडिंग्ज़ ली गई। क्यूए से ब्रिज असेम्बली के आयामों के संबंध में क्लीयरेंस प्राप्त होने के बाद कंटेनमेंट डोम के प्रथम भाग के इरेक्शन के लिए क्लीयरेंस दी गई।

इसके बाद, अन्य असेम्बलियों के इरेक्शन का कार्य लिया गया। इसमें ट्रॉलीज़, गेंट्रीज़, डोम सर्विस प्लेटफॉर्म आदि की असेम्बली शामिल थी। ट्रॉलीज़ पहले इरेक्ट की गईं। ट्रॉलीज़ को इरेक्ट करने के बाद व्हील्स फ्लैंग्ज़ेज तथा रेल के बीच के क्लीयरेंसेज़ का कार्य किया गया। रेल्स में किसी भी प्रकार के मिसलाइनमेंट की जांच के लिए ट्रॉलीज़ को रेल्स पर चलाया गया। दोनों ट्रॉलीज़ की क्लीयरिंग हो जाने पर मुख्य गेंट्री का इरेक्शन किया गया। गेंट्री ढांचा उठाया गया तथा मुख्य ब्रिज पर रखा गया और अलाइन किया गया। अलाइमेंट के बाद

पोलर क्रेन पर स्थापित किए जाने के लिए उठाया जा रहा डोम सर्विस प्लेटफॉर्म

रिएक्टर भवन में स्थूल ओडीसी उपस्करों के प्रहस्तन एवं स्थापन हेतु उपयोग किया जाने वाला 360° घूर्णी ध्रुवीय क्रेन

रिएक्टर भवन में स्थूल ओडीसी उपस्करों के प्रहस्तन एवं स्थापन हेतु उपयोग किया जाने वाला 360° घूर्णी ध्रुवीय क्रेन



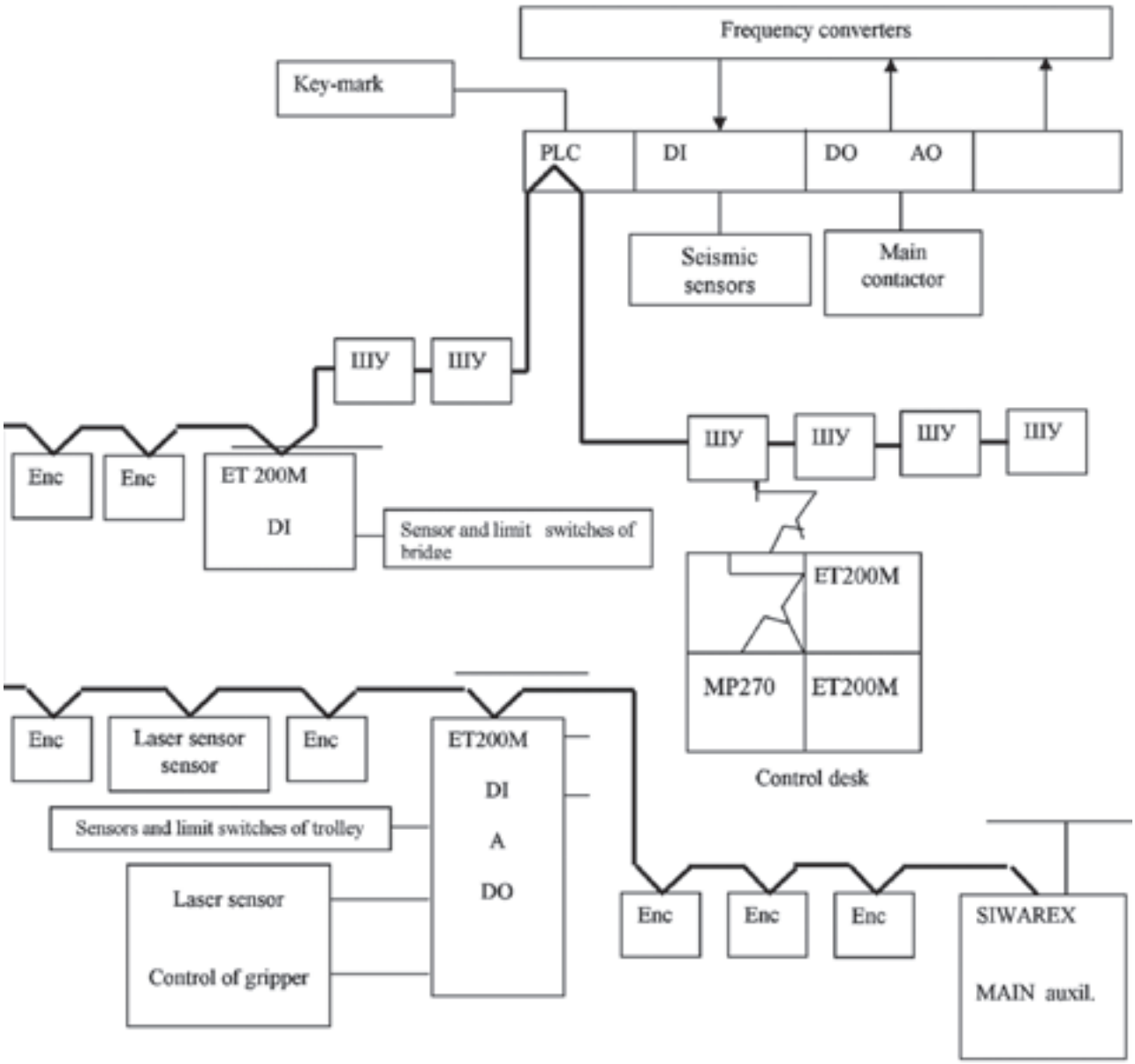
चित्र 3: 350/190टन पोलर क्रेन का विद्युतीय स्कीमैटिक डायग्राम

इसे मुख्य गर्डर पर दिए गए फ्लैंजों में बोल्ट किया गया। इरेक्शन से 24 घंटे पूर्व फ्लैंजों का डिप्रिज़र्वेशन किया गया।

मुख्य गेंट्री इरेक्शन कार्य पूरा करने के बाद डोम सर्विस प्लेटफॉर्म का इरेक्शन किया गया। क्रेन के वास्तविक अलाइनमेंट डाइमेंशन्स के आधार पर मुख्य गर्डर पर डोम सर्विस प्लेटफॉर्म स्थापन पॉइंट चिन्हित किया गया। क्रेन तथा रिएक्टर भवन डोम के वास्तविक डाइमेंशन्स साइट से नोट किए गए तथा क्रेन का ऑटोकेड मॉडल बनाया गया। इस मॉडल के आधार पर डोम सर्विस प्लेटफॉर्म के फिक्सिंग पॉइंट की सही स्थिति पहचानी गई। डोम सर्विस प्लेटफॉर्म इरेक्ट किया गया तथा रिएक्टर भवन डोम के दूसरे भाग के लिए क्लियरेंस दी गई।

डोम के दूसरे भाग का इरेक्शन कार्य पूरा होने के बाद डोम सर्विस प्लेटफॉर्म खड़ा किया गया तथा उसके सपोर्ट्स मुख्य गेंट्री प्लेटफॉर्म पर वेल्ड किए गया। डोम सर्विस प्लेटफॉर्म का कार्य पूरा होने के बाद क्रेन केबलिंग कार्य शुरू किया गया। रिएक्टर बिल्डिंग डोम के अंतिम शीर्षभाग को भी इरेक्ट करने के लिए क्लीयरेंस दी गई। क्रेन के पावर सप्लाई पेनल को डोम के तीसरे भाग के साथ इरेक्ट किया गया।

इरेक्शन पूरा होने पर इरेक्शन-पश्चात अलाइनमेंट तथा वैद्युत केबलिंग आदि कार्य शुरू किए गए। इसमें मुख्य तथा सहायक हॉइस्ट की रोप रीविंग भी शामिल है। उपकरण एयरलॉक के माध्यम से रिएक्टर भवन के अंदर क्रेन का मुख्य हुक स्थानांतरित किया गया तथा 31-मी ऊंचाई पर रखा गया। क्रेन में दी गई सहायक हॉइस्ट तथा अन्य सर्विस होइस्ट की सहायता से इसे सीधा किया गया। मुख्य हॉइस्ट की रोप रीविंग के बाद यह नोट किया गया कि मुख्य हुक सीधा नहीं था। इसका कारण पासपोर्ट में दिया गया गलत रीविंग डायग्राम था। उपकरण निर्माता द्वारा जारी किए गए संशोधित रीविंग डायग्राम की सहायता से यह रीविंग पुन: की गई।



चित्र 4: नियंत्रण प्रणाली का ब्लॉक डायग्राम

चित्र: स्टील स्लैब्स का प्रयोग करते हुए पूर्व-परीक्षित प्लेटफॉर्म पर रखे गए भार का परीक्षण प्रगति पर

4.3 वैद्युत तथा मापयंत्रण प्रणालियां

इस क्रेन पर स्थापित तथा कमीशन किए गए मुख्य वैद्युत उपकरण हैं, ब्रिज के लिए वैद्युत मोटर्स (20 सं), ट्रॉली, हॉइस्ट मूवमेंट, फॉर्क रोटेशन आदि थ्रस्टर ब्रेक्स, सीमा स्विचेज़, पेनल्स, जंक्शन बॉक्सेज़, कान्ट्रेक्टर्स, लाइटिंग आदि।

मुख्य हॉइस्ट रीविंग गतिविधियां प्रगति पर

मुख्य मापयंत्रण तथा नियंत्रण (आईएंडसी) उपकरण ब्रिज तथा ट्रॉली नियंत्रण, नियंत्रण पेनल्स, एनकोडर्स, इनडक्टिव प्रोक्सिमिटी स्विचेज़, लेज़र मेजरिंग उपकरण, नियंत्रण डेस्क, लोड सेंसर्स आदि प्रोग्राम्ड लॉजिक सर्किट (पीएलसी) यूनिट्स हैं।

मुख्य इरेक्शन्स के पूरा होने के तुरंत बाद विद्युत केबल बिछाना शरू किया गया। जब केबलिंग कार्य प्रगति पर था तभी, डोम भाग-2, भाग-3 तथा क्राउन इरेक्ट किए गए। चूंकि डोम इरेक्शन के साथ वैद्युत कार्यों को पंक्तिबद्ध किया गया, इसलिए डोम भाग-3 इरेक्शन के तुरंत बाद गेंट्री के शीर्ष पर ई20 पैनल इरेक्ट किया गया तथा केबलिंग कार्य लिया गया। विद्युत

रिएक्टर भवन के अंदर स्किप ट्रांसफर ट्रॉली का उपयोग करते हुए +31.7 मी. पर शिफ्ट किया जा रहा लोड

केबलिंग के बाद, मापयंत्रण केबलिंग की गई। ईएंडआई कार्यों को शीघ्र

क्रेन स्टेटिक परीक्षण के दौरान मॉनीटर किया जा रहा विचलन

निपटाने के लिए निम्नलिखित सुधार किए गए:

- उठाने से पहले मुख्य गेंट्री पर पावर सप्लाई केबल्स बिछाए गए।
- फेस्टून केबल्स काटे गए तथा गर्डर के अंदर रखे गए।
- ट्रॉली तथा मुख्य गर्डर पर विद्युत पेनल माउंट किए गए।
- इरेक्शन करने से पहले ही विभिन्न बिंदुओं पर केबल ट्रेज़ स्थापित किए गए। इस प्रकार विद्युत कार्यों के दौरान काफी समय की बचत की गई।

पोलार क्रेन के लिए पावर तथा रजिस्टर पेनल रिएक्टर सहायक भवन (यूकेसी) में अवस्थित हैं। क्रेन नियंत्रण डेस्क विभिन्न स्थानों पर उपलब्ध कराए गए हैं। क्रेन को रिएक्टर भवन के अंदर +31.7 मी. पर रिएक्टर ऑपरेटिंग फ्लोर से या +20 मी. पर यूकेसी से नियंत्रित किया जा सकता है।

क्रेन नियंत्रण सिस्टम एक द्विस्तरीय ढांचा होता है जोकि गड़बड़ी से सुरक्षा तथा संरक्षा आवश्यकताओं की पूर्ति को सुनिश्चित करता है। नियंत्रण प्रणाली का ब्लॉक डायग्राम चित्र 4 में दर्शाया गया है।

निचला स्तर, नियंत्रित किए जाने वाले ऑब्जेक्ट के साथ संप्रेषण के अवसर प्रदान करता है तथा एक्विजीशन कार्यों को पूरा करता है और सेंसर्स से प्राप्त होने वाले संकेतों की प्राथमिक प्रोसेसिंग व सेंसर्स की स्थिति, एक्चुएटर्स तथा ग्रुप्ड (मल्टी-ऑपरेशन) संप्रेषण लाइन्स के निदान का कार्य तथा क्रेन मेकेनिज्म का स्थानीय नियंत्रण और ऊपरी स्तर के साथ इंटरएक्शन इंटरफेस सुनिश्चित करता है।

ऊपरी स्तर सूचना की सामान्यीकृत प्रोसेसिंग के लिए अवसर प्रदान करता है तथा ऑपरेटर एवं सिस्टम के इंटरएक्शन का इंटरफेस सुनिश्चित करता है। ऑपरेटर सूचना सहायता

कार्यों, डेटा बेस इनपुट, प्रदर्शक, लॉगिंग तथा क्रेन के सीधे नियंत्रण से संबंधित दस्तावेजीकरण कार्यों की पूर्ति करता है और निचले स्तर के साथ इंटरएक्शन का इंटरफेस सुनिश्चित करता है।

नियंत्रण प्रणाली के निचले तथा ऊपरी स्तर पीएलसी सिमेटिक 7-400 के आधार पर बनाए गए हैं।

5.0 कमीशनिंग तथा लोड परीक्षण

इनरजाइजिंग करने तथा क्रेन को ऑपरेशनल बनाने के बाद विभिन्न हॉइस्ट तथा क्रेन रेल्स के परीक्षण में कमीशनिंग तथा रनिंग के लिए विभिन्न लोड उठाए गए। निर्माता का कार्मिक पहुंचने से पहले प्रीकमीशनिंग जांचें पूरी तरह से पूर्ण कर ली गई थीं तथा सभी संबंधित रिपोर्टें तैयार रखी गईं। अंतिम फ़ाइन-ट्यूनिंग, लॉजिक्स के परीक्षण तथा सोफ्टवेयर लोडिंग, क्रेन मूवमेंट परीक्षण, लोड परीक्षण निर्माता के प्रतिनिधि के साथ किए गए। स्लिंग्ज़ के साथ डी शेकल्स को रखने/हटाने की परेशानी से बचने के लिए विशेष कस्टम-मेड 200-टन क्षमता की एंडलेस स्लिंग्ज़ का प्रापण किया गया, जो लोड परीक्षण के लिए अत्यंत उपयोगी पाई गईं।

अंतिम स्वीकृति परीक्षण के भाग के रूप में क्रेन के स्टेटिक तथा डायनेमिक परीक्षण किए गए। लोड परीक्षण संपूर्ण रेल शू तथा जैक बोल्ट वेल्डिंग के बाद किए गए। स्टेटिक परीक्षण रेटेड लोड के 125 प्रतिशत पर किया गया। 190t हॉइस्ट का परीक्षण 238t के साथ किया गया और 350t हॉइस्ट का परीक्षण 437t के साथ किया गया।

यदि इलास्टिक विक्षेपण 56mm से कम हो, तो परीक्षण को सफल माना जाता है और परीक्षण भार को हटाने के बाद कोई भी स्थायी विक्षेपण नहीं होता है। परीक्षण भार को प्लेटफॉर्म पर रखा गया, जिसकी भार परीक्षण से पहले ही 450t हेतु भी योग्यता सिद्ध हो चुकी थी। भार परीक्षण के दौरान सभी आवश्यक इलेक्ट्रिकल पैरामीटरों को यूकेसी नियंत्रण कक्ष से मॉनीटर किया

पोलर क्रेन डायनेमिक परीक्षण प्रगति पर

43.9 मी. की उंचाई तक उठाने से पहले जमीन पर सेसेमिक अरेस्टर लगाए गए।

गया और रेकॉर्ड किया गया। अन्य पैरामीटर यथा- उत्थापन गति, भ्रमण गति, ब्रेकिंग दूरी, इत्यादि की भी जांच की गई तथा इन्हें रेकॉर्ड किया गया। परीक्षण का क्रम निम्नानुसार रहाः

1) नो - लोड परीक्षण

क्रेन के सभी संचलनों को बिना भार के जांचा गया। मुख्य उत्थापन को तीन बार नीचे किया गया तथा उत्थापित किया गया और ब्रिज को तीन बार घुमाया गया। परीक्षण के दौरान, सभी आवश्यक इलेक्ट्रिकल एवं मैकेनिकल पैरामीटरों की जांच की गई एवं इन्हें रेकॉर्ड किया गया।

2) 350 टन के नाममात्र भार के साथ भार परीक्षण

परीक्षण के दौरान, भार को तीन बार उठाया गया और नीचे किया गया तथा क्रेन को तीन बार घुमाया भी गया। सभी आवश्यक पैरामीटरों की जांच की गई एवं इन्हें रेकॉर्ड किया गया।

3) 437 टन भार के साथ स्थैतिक परीक्षण (@125%)

437- टन के भार को उत्थापित किया गया तथा 10 मिनट की अवधि के लिए रोके रखा गया। परीक्षण के दौरान, विक्षेपण एवं ब्रेक स्लिप दोनों को मॉनीटर किया गया। विक्षेपण को टोटल स्टेशन एवं एक हस्तचालित व्यवस्था का प्रयोग करते हुए मापा गया। परीक्षण के बाद, किसी प्रकार का स्थायी विक्षेपण नहीं पाया गया। परीक्षण के बाद स्लिंग्स को निकाला गया तथा किसी भी क्षति की जांच करने के लिए मुख्य फोर्क से रैमसन हुक को अलग किया गया।

4) 110% भार के साथ गतिक परीक्षण (385 टन)

385-टन के भार को तीन बार उठाया गया तथा नीचे किया गया

और ब्रिज को भी तीन बार घुमाया गया। इस परीक्षण के दौरान, सभी प्रकार की संयुक्त गतियों जैसे कि ब्रिज घूर्णन व ट्रॉली संचलन, ब्रिज घूर्णन व मुख्य उत्थापक संचलन, ट्रॉली संचलन व उत्थापन की जांच की गई तथा सभी आवश्यक पैरामीटर मॉनीटर एवं रेकॉर्ड किए गए। परीक्षण के बाद, किसी भी प्रकार की क्षति की जांच हेतु क्रेन का भली-भांति निरीक्षण किया गया।

6.0 इकाई-2 क्रेन स्थापन में किए गए सुधार

इकाई-1 में पोलर क्रेन के स्थापन के दौरान हुए अनुभवों के आधार पर इकाई-2 में पोलर क्रेन की स्थापन करते समय कई सुधार किए गए।

भूतल असेंबली कार्यों की गति बढ़ाने के लिए स्थापन प्रक्रिया में निम्नलिखित सुधार किए गए।

ए) बोल्टों को द्रवचालित बलाघूर्ण रेन्च से कसा गया।

बी) रोलर पेडिस्टल व्हील के साथ मुख्य व्हील के व्यतिकरण से बचने के लिए, मुख्य व्हील असेंबली को भूमि पर विघटित किया गया तथा व्हील व रोलर पेडिस्टल को वर्कशॉप में मशीनीकृत किया गया। मशीनिंग के बाद, उन्हें जोड़ा गया एवं स्थापित किया गया।

सी) उत्थापन से पूर्व ट्रॉली के सिरे पर प्लेटफॉर्म की ऊँचाई को कम किया गया, ताकि जब ट्रॉली को सिरे तक ले जाया जाए, तो अंतिम गर्डर के साथ होने वाली रुकावट से बचा जा सके। इसके अलावा, स्थापन-समय को कम करने के लिए बैलेंसर व मुख्य व्हीलों को जोड़ा गया और मुख्य बीम्स के साथ बांधा गया।

डी) उत्थापित करने से पहले मुख्य उत्थापक अलाइनमेंट को पूर्ण किया गया तथा गियर बॉक्स ऑयल भरा गया। इस कार्य को जमीन पर करने से समय की काफी बचत की गई। कार्मिक इस कार्य को रिएक्टर भवन के बाहर भूमि स्तर पर निश्चित होकर कर पाए। इसके अतिरिक्त, रिएक्टर बिल्डिंग के भीतर ऑयल ड्रम खिसकाने के काम को टाला जा सका, जिससे समय की बचत हुई तथा छलकाव की संभावना कम हुई। रिएक्टर भवन के भीतर 42m ऊँचाई की बजाय भूमि पर सामग्री की हैंडलिंग आसान रही।

इ) क्रेन के मुख्य हुक को रिएक्टर भवन के भीतर एक स्टैंड में ऊर्ध्वाधर स्थिति में ले जाया गया, जिससे उसे बाद में ऊर्ध्वाधर करने में समय की बचत हो पाई तथा रस्सी को पार करना आसान हुआ। मोटरों को अस्थायी विद्युत आपूर्ति देकर मुख्य उत्थापक को रस्सी पार कराई गई, चूंकि डिजाइन स्रोत से स्थायी विद्युत आपूर्ति उपलब्ध नहीं थी। इसके अलावा, मुख्य उत्थापक के दोनों रस्सी ड्रम में रस्सी के समायोजन हेतु विशेष हैंडल बनाए गए।

एफ) क्रेन गर्डर पर ट्रॉली संस्थापित करने से पहले ट्रॉली के भूकंपीय निरोधकों को ट्रॉली के ही साथ स्थापित किया गया।

7.0 समीक्षा एवं स्वीकृति

न्यूक्लियर पावर फेडरेशन (आरएफ) के विशेषज्ञों ने साइट पर प्रत्येक चरण की कार्यप्रणालियों की संयुक्त रूप से समीक्षा की। प्रत्येक चरण के पूर्ण होने पर आवश्यक रिपोर्टें जैसे- अलाइनमेंट रिपोर्ट, बलाघूर्ण रिपोर्ट, एनडीटी रिपोर्ट आदि तैयार की गईं। इन रिपोर्टों की विनिर्माताओं / रशियन प्रतिनिधियों सहित विभिन्न एजेंसियों द्वारा समीक्षा की गई। प्रत्येक चरण की गतिविधियों के संतोषजनक परिणामों के आधार पर अगले चरण की असेंबली हेतु अनुमति दी गई। भूतल असेंबली,

स्थापन, कमीशनिंग एवं भार परीक्षण सहित समस्त रिपोर्टों को भावी संदर्भ हेतु सीसीसी में शामिल किया गया।

8.0 निष्कर्ष

पोलर क्रेन 350/190 टन की क्षमता की एक विशेष क्रेन है, जोकि 42 मीटर के फैलाव के साथ 43.9 मीटर की ऊँचाई पर रिएक्टर भवन के भीतर गोलाकार रेल पर घूमती है। क्रेन का कुल वजन लगभग 500 टन है तथा क्रेन रशियन फेडरेशन से 135 विभिन्न पैकेजों में कई पार्टस में प्राप्त हुई। यहां उल्लेखनीय है कि पोलर क्रेन की कमीशनिंग के बाद इकाई-1 के स्टार्ट-अप तक इसे लगभग सातों दिन चौबीसों घंटे प्रयोग में लिया गया। इसी प्रकार, इकाई-2 में भी इसे लगातार प्रयोग में लाया गया।

अरुण पी. नायर, *वैज्ञानिक अधिकारी/एफ ने वर्ष 2001 में वैज्ञानिक अधिकारी/डी के रूप में एनपीसीआईएल ज्वॉइन किया। केकेएनपीपी ओ एंड एम समूह ज्वॉइन करने के बाद आपको आठ माह के प्रशिक्षण हेतु रशियन फेडरेशन में प्रतिनियुक्ति पर भेजा गया। तत्पश्चात, केकेएनपीपी में आप शीतलक जल प्रणाली की कमीशनिंग एवं विभिन्न भार-उत्थापन उपकरणों की स्थापना एवं उसके बाद क्रांतिकता के प्रथम प्रयास, विद्युत बढ़ोत्तरी, प्रथम सिंक्रोनाइजेशन तथा इकाई-1 के लिए फेज-बी व सी प्रयोगों के विभिन्न पहलुओं से जुड़े कार्यों में शामिल रहे। आप केकेएनपीपी इकाई-2 में सहायक पारी प्रभारी अभियंता हैं, जहां वर्तमान में आप इकाई-2 हॉट रन के प्रारंभिक कार्य में शामिल हैं। आपको केकेएनपीपी में भार उत्थापन उपकरणों की स्थापना व कमीशनिंग में सहयोग हेतु वर्ष 2007 में 'एनपीसीआईएल उच्च निष्पादन - युवा कार्यकारी अवार्ड' भी प्राप्त हुआ है।*

कपिल अग्रवाल, *वैज्ञानिक अधिकारी/एफ ने ट्यूला यूनिवर्सिटी, रशिया से मैकेनिकल इंजीनियरिंग में स्नातकोत्तर डिग्री हासिल की है। वर्ष 2001 में, केकेएनपीपी निदेशालय, मुम्बई में एनपीसीआईएल ज्वॉइन करने के पश्चात आपको एनवीटीसी में प्रचालनात्मक कार्मिक हेतु प्रशिक्षणार्थ आठ माह के लिए रशियन फेडरेशन में प्रतिनियुक्ति पर भेजा गया। इसके बाद, केकेएनपीपी में आप ईंधन हैंडलिंग प्रणाली, रिफ्यूलिंग मशीन की कमीशनिंग व परीक्षण तथा केकेएनपीपी-1 व 2 के भार उत्थापक उपकरणों की स्थापना एवं तत्पश्चात इकाई-1 की प्रथम क्रांतिकता, इकाई-1 के न्यून विद्युत परीक्षण, फुल-पावर प्रचालन व फुल-पावर पर स्थायी प्रचालन के कार्यों से जुड़े रहे। आपको वर्ष 2006 में 'एनपीसीआईएल उच्च निष्पादन-युवा कार्यकारी अवार्ड' से सम्मानित किया गया है। वर्तमान में आप केकेएनपीपी में सहायक पारी प्रभारी अभियंता (इकाई-2) हैं।*

पी. ए. सुरेश बाबू, *वैज्ञानिक अधिकारी/एचअ केकेएनपीपी में मुख्य अभियंता (गुणवत्ता आश्वासन) हैं। आप मैकेनिकल इंजीनियर हैं। आप बीएआरसी के संयंत्रे-प्रशिक्षण के 32वें बैच से हैं। रापबिघ में एकवर्षीय प्रशिक्षण की समाप्ति के बाद, आपको वर्ष 1989 में मपबिघ में तैनात किया गया। वर्ष 2003 में आप स्थानांतरित होकर केकेएनपीपी आए, जहां वर्ष 2010 से आप केकेएनपीपी 1से4 के साइट गुणवत्ता आश्वासन कार्यों की समस्त जिम्मेदारियों के साथ प्रमुख, गुणवत्ता आश्वासन के रूप में कार्यरत हैं।*

केकेएनपीपी डोम लाइनर का संस्थापन

जयेश कुर्वा, अपर मुख्य अभियंता (एफएलडब्ल्यूआर), एनपीसीआईएल

कुडनकुलम न्यूक्लियर पावर प्रोजेक्ट (केकेएनपीपी) के प्रत्येक रिएक्टर का रिएक्टर-भवन डोम आकार में अर्धगोलाकार है, जिसका व्यास 44m है। डोम 6mm की मोटाई के कार्बन-स्टील प्लेट (शीर्ष भाग को छोड़कर, जोकि 10mm मोटाई के प्लेट) से बने हैं। फेब्रिकेशन, परिवहन तथा स्थापन की दिक्कतों को देखते हुए डोम को चार भागों में फेब्रिकेट किया गया। प्रत्येक भाग हेतु तकनीकी पैरामीटर तालिका-1 में दिए गए हैं।

तालिका 1: डोम के तकनीकी प्रतिमानक

भाग	आकार	भार	टिप्पणी
1	At bottom Φ 44 m x 5.6 m height and at top Φ 43.564 m	68 MT	Consisting of 15 panels equispaced at 24° each
2	Φ at bottom 45.564 m x 7.6 m height and at top Φ 35.224 m	100 MT	Consisting of 15 panels equispaced at 24° each
3	Φ at bottom 35.224 m x 8.065 m height and at top Φ 6 m	130 MT	Consisting of 15 panels equispaced at 24° each
4	Crown Φ 6 m x 1.410 m height	6 MT	Fabricated as a single part from 15 segments combined together

फेब्रिकेशन एवं स्थापना के लिए अलग-अलग प्रक्रिया, गुणवत्ता योजना एवं कार्य जोखिम संरक्षा विश्लेषण किए गए। डोम के प्रत्येक भाग के उत्थापन से पहले जांचसूचियां तैयार की गईं तथा इन्हें भरा गया और सत्यापित किया गया। डोम के भाग 2 व 3 के बीच ज़मीन पर असेंबली का प्रयोग किया गया। प्रकाशीय अलाइनमेंट उपकरण द्वारा डोम की त्रिज्या एवं ऊंचाई को बहुत-से स्थानों पर मापा गया।

डोम के भाग 2 व 3 की स्थापना हेतु एक अलग नलिकाकार इवनर बीम (22 MT भार) को फेब्रिकेट किया गया। इवनर बीम के सभी जोड़ों का अविनाशी परीक्षण (एनडीई) किया गया, अर्थात (पाइप वेल्ड ज्वॉइंट का 100S रेडियोग्राफिक परीक्षण (आरटी), विभिन्न उपकरणों का पराश्रव्य परीक्षण (यूटी) एवं रंजक-अंतर्वेशन परीक्षण (डीपीटी) किया गया)।

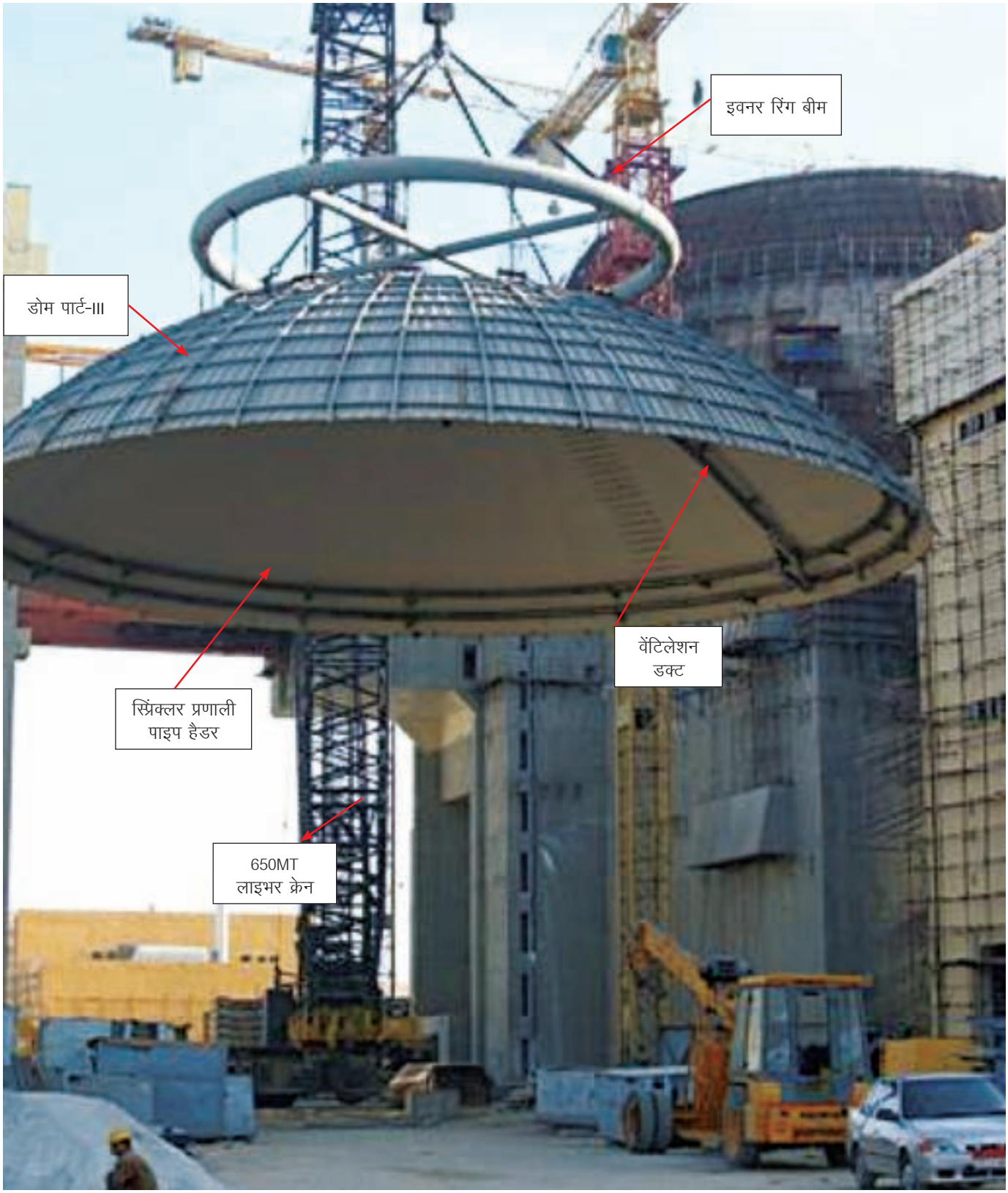
स्थापन का एक अत्यंत महत्वपूर्ण पहलू डोम पार्ट-3 के स्थापन के बारे में था, जिसमें 22 MT भार के स्प्रिंकलर प्रणाली पाइप हैडर, 0.5MT भार के वेंटिलेशन डक्ट एवं इलेक्ट्रिकल अंतः स्थापित पार्ट (ईपी) को स्थापित/उत्थापित किया गया। डोम पार्ट-III के स्थापन का कुल भार लगभग 180MT था। इसमें डोम लाइनर भार, स्प्रिंक्लर प्रणाली हैडर भार, वेंटिलेशन डक्ट, इलेक्ट्रिकल ईपी एवं इवनर बीम, स्लिंग व डी-शैकल का भार भी शामिल है, जोकि 43.3M की कार्य-त्रिज्या पर क्रेन क्षमता (लाइभर क्रेन 650MT) के बहुत निकट रहा। प्रत्येक उत्थापन से पहले भार परीक्षण किए गए।

स्थापन के लिए मुद्दा, वायु वेग प्रतिबंध का था, जिसे स्थापन दिवस के दो दिन पहले से प्रति घंटे मॉनीटर किया जा रहा था।

शीर्ष भाग पर, पोलर क्रेन के एक अतिरिक्त सदस्य-इलेक्ट्रिकल पैनेल केज को वेल्ड किया जाना था, जोकि अपेक्षित संगम-प्रोफाइल को प्राप्त करने हेतु एक कठिन कार्य रहा।

डोम पार्ट-2 व 3 हेतु स्थापन अवधि प्रत्येक के लिए 6 घंटे रही। स्टूलों पर डोम को बैठाने के बाद,

डोम पार्ट-II स्थापन हेतु भूमि से उत्थापन



डोम पार्ट-III स्थापन

रिएक्टर भवन के भीतर पोलर क्रेन से पार्ट-III डोम को बैठाने का एक दृश्य

अस्थायी फिक्सिंग की गई, एवं इसके बाद अलाइनमेंट हेतु सूक्ष्म समायोजन व उचित आसन-व्यवस्था की गई। इसके बाद, वेल्डिंग फिट -अप तथा पार्ट-I से पार्ट-II, पार्ट-II से पार्ट-III एवं पार्ट-III से शीर्ष के बीच अलग-अलग वेल्डिंग फिट-अप की गई। केंद्र के किसी भी प्रकार के खिसकाव, त्रिज्या एवं कुल उत्थापन पर वर्किंग ड्रॉइंग की कड़ी आवश्यकता होती है और इन्हें विर्निर्दिष्ट पैरामीटर के भीतर प्राप्त किया गया।

सतर्क योजना एवं परिपूर्ण निष्पादन के साथ कार्य को विनिर्दिष्ट पैरामीटर के भीतर तथा न्यूनतम समयावधि में सुरक्षित तरीके से पूर्ण किया गया।

जयेश कुर्वा, *बीई (मैकेनिकल) ने वर्ष 1989 में एनपीसीआईएल ज्वॉइन किया तथा वर्ष 1991 तक केकेएनपीपी-1 व 2 में कार्य किया। तत्पश्चात वर्ष 1999 तक आप कापबिघ-1 व 2 में कार्यरत रहे। वर्ष 2004 से 2014 तक केकेएनपीपी में कार्यकाल के दौरान, आपने रिएक्टर भवन एवं सहायक भवन के भीतर उपकरण व पाइप लाइनों के निर्माण व स्थापन हेतु महत्वपूर्ण जिम्मेदारी निभाई है। आपने मुख्य शीतलक पाइपलाइनों एवं एनएसएसएस पाइपलाइनों के लिए क्लैड किए गए मोटे पाइपों की स्थापना व वेल्डिंग के अतिरिक्त, डोम लाइनर फेब्रिकेशन व उत्थापन में भी मुख्य योगदान किया है। आप पीएसआई, आईएसआई, संरोधन परीक्षण, एनडीई के साथ-साथ रशियन फेडरेशन कोड व मानक में भी गहन अनुभव रखते हैं। वर्तमान में, आप मुख्यालय, एनपीसीआईएल में अपर मुख्य अभियंता (भावी एलडब्ल्यूआर) के पद पर कार्यरत हैं।*

निर्माणकाल के दौरान निश्चेष्ट ऊष्मा निष्कासन प्रणाली डक्ट्स सहित तृतीयक डोम

निर्माणकाल के दौरान निश्चेष्ट ऊष्मा निष्कासन प्रणाली डक्ट्स सहित तृतीयक डोम

केकेएनपीपी में केसॅन गेट संरचनाओं की अंतर्जलीय कटिंग

आर आर कामत, एसीई (एचटीएस), केकेएनपीपी-3 व 4

परिचय

कुडनकुलम न्यूक्लियर पावर प्रोजेक्ट (केकेएनपीपी) में एक ही शीतलक प्रणाली का प्रयोग किया जाता है, जहां समुद्र से शीतलक जल लिया जाता है और कंडेंसर से ऊष्मा हटाने के बाद जल को फिर से समुद्र में विसर्जित किया जाता है। डिजाइन लोकेशन (तट से लगभग 1.2 km के आसपास) एवं गहराई (10.5m) पर समुद्रजल के अंतर्ग्रहण को सरल बनाने के लिए केसॅन संरचनाओं की अनूठी डिजाइन उपलब्ध कराई जाती है। यहां 4 केसॅन इकाइयां हैं - 2 संलग्न इकाइयां (परिमाप-36m x 15m x 12.45m) एवं 2 जलमार्ग इकाइयां (46m x 15m x 12.45m)। इन संरचनाओं को अस्थायी बांध के भीतर सूखे क्षेत्र में उतारा गया एवं निर्माण पूर्ण होने पर इन्हें तैराया गया, खींचा गया और उनके सुनिश्चित अभिकल्पित अवस्थानों पर संस्थापित किया गया। समुद्रजल प्रवेशिका (6m x 5.4m परिमाप के प्रत्येक केसॅन में कुल 10 प्रवेशिकाएं) के लिए जलमार्ग इकाइयों के बड़े द्वार होते हैं। इन प्रवेशिकाओं को लगभग 16MT (परिमाप 6m x 5.4m x 1.5m) भार के फेब्रिकेट किए गए संरचनात्मक स्टील गेट द्वारा अस्थायी रूप से बंद किया गया जिन्हें अधोभाग पर 100mm की धुरी पिन तथा शीर्ष पर टर्न बकल की एक प्रणाली द्वारा यथास्थान अचल रखा गया। केसॅन वॉल में अंतःस्थापित प्रत्येक तीन M20 बोल्ट द्वारा आठ अवस्थानों पर अतिरिक्त एंकर फास्ट नट उपलब्ध कराए गए हैं। इन गेटों को खिंचाई प्रक्रिया के दौरान तरणशीलता टैंक के रूप में भी कार्य करने के लिए डिजाइन किया गया था। जलमार्ग इकाइयों की सफल स्थापना के बाद, इन गेटों को एक विशेष अंतर्जलीय कटिंग प्रचालन के द्वारा निकाला जाना था। चूंकि ये गेट वृहद परिमाप के थे, साथ ही लगभग 66MT (आंतरिक जल बैलास्ट सहित) भार के थे और खुले समुद्र/वायु-प्रवाह स्थितियों के कारण मौजूदा पर्यावरण में कार्य करना काफी कठिन था, अतः कार्य करते समय कई संरक्षा उपायों को भी शामिल करने की आवश्यकता पड़ी। इसके अतिरिक्त, एनपीसीआईएल परियोजनाओं में यह विशेष अंतर्जलीय कटिंग प्रचालन पहली बार होने वाला था, इसीलिए कार्य संबंधी कोई पूर्वानुभव भी नहीं था और कार्य वास्तव में चुनौतीपूर्ण था।

गेट निकालने हेतु संभाव्यता अध्ययन

रशियन डिजाइनरों द्वारा प्रदत्त कार्य-प्रलेखन के अनुसार, गेट को अधोभाग में 2 हिन्ज असेंबली तथा शीर्ष पर 2 टर्न-बकल द्वारा आधार प्रदान किया गया था। इसीलिए, गेट को शीर्ष पर टर्न-बकल ढीला कर निकाला जाना था तथा अधोभाग के पिनों से गेट को हटाया जाना था। तत्पश्चात, इन गेटों को जलयान द्वारा खींचकर समुद्र के किनारे तक लाया जाना था और उसके बाद पानी से बाहर निकाला जाना था। चूंकि ये गेट लंबी अवधि तक समुद्रजल में डूबे हुए थे, इसीलिए यह निर्धारित किया गया कि अत्यंत संक्षारण और पिन एवं गेट की धातु सतहों के अनुवर्ती बंधन के कारण पिन से गेट को छुड़वाना आसान नहीं होगा। इसके अलावा, अधिक संरक्षा हेतु प्रत्येक गेट के बगल में 24 एंकर फास्टनर अपलब्ध कराए गए। अतः ड्रॉइंग के अनुसार गेटों को निकालना संभव नहीं हो पाया। इसके अतिरिक्त, गेट समुद्रजल स्तर से नीचे लगभग 9m की गहराई पर डूबे हुए थे और उसके नीचे समुद्रजल से लगभग 350mm की ही जगह शेष थी इसीलिए वहां तक पहुंचकर कार्य करना लगभग नामुमकिन था।

इस प्रकार गेट को हटाने हेतु अपनाई जाने वाली कार्यपद्धति की व्यापक समीक्षा की गई। इस बारे में भारतीय नौसेना के विशेषज्ञों सहित कई विशेज्ञ अंडरवॉटर कटिंग एजेन्सियों से संपर्क

किया गया। अंततः यह निष्कर्ष निकाला गया कि इन गेट्स को हटाने की यही व्यवहार्य पद्धति है कि गेट के किसी एक तरफ से प्रवेश करके पिन्स को पकड़कर रखने वाले स्ट्रक्चरल मेंबर्स को काटा जाए और गेट को केसन की बॉडी से अलग किया जाए। इसके उपरांत केसन के ऊपर लगाई गई क्रेन से गेट उठाया जाएगा। तथापि यह कटिंग कार्यवाही पूर्णतः पानी के नीचे करनी होगी।

अंडरवॉटर कटिंग प्रक्रिया का परिदृश्य

नौसेना के प्रयोग हेतु उस समय दो अंडरवॉटर कटिंग प्रक्रियाएं अनुमोदित की गई थीं, वे निम्नलिखित है:

1) ऑक्सिजन-आर्क कटिंग

2) शील्डेड मेटल-आर्क कटिंग

इनमें से ऑक्सिजन-आर्क (ऑक्सि-आर्क) प्रक्रिया को प्राथमिकता दी गई क्योंकि यह समतल व लो-कार्बन स्टील को आसानी से काटती है और यह उपयोग में लाने में आसान है।

ऑक्सि-आर्क कटिंग हेतु दो प्रकार के इलेक्ट्रोड्ज (जिन्हें रॉड भी कहते हैं) का उपयोग किया गया:

1) एक्सोथर्मिक इलेक्ट्रोड

2) स्टील-ट्युब्युलर इलेक्ट्रोड

इसमें से एक्सोथर्मिक को प्राथमिकता दी गई क्योंकि आर्क प्रभावित होने व ऑक्सिजन प्रवाहित होने पर यह स्वतंत्र रूप से जलेगा।

ऑक्सि-आर्क पद्धति का उपयोग कर अंडरवॉटर कटिंग के सिद्धांत

ऑक्सिजन-आर्क कटिंग को ऐसी ऑक्सिजन कटिंग प्रक्रिया है जिसमें बेस मेटल के साथ ऑक्सिजन की उच्च तापमान पर रासायनिक प्रतिक्रिया का उपयोग करके धातु को सख्त बनाया जाता है। आर्क की ऊष्मा धातु को सुलगने के तापमान तक ले जाती है, उसके उपरांत ट्युबुलर कटिंग इलेक्ट्रोड के माध्यम से शुद्ध ऑक्सिजन के उच्च वेग जेट को तप्त स्थान पर संचालित किया जाता है। धातु का ऑक्सिकरण हो जाता है और गल जाता है। इलेक्ट्रोड् की नोक, जो ऊष्मा व ऑक्सिकरण को उद्भासित होती है, इस प्रक्रिया में उसका उपभोग हो जाता है इसलिए उसे बार-बार बदलना चाहिए।

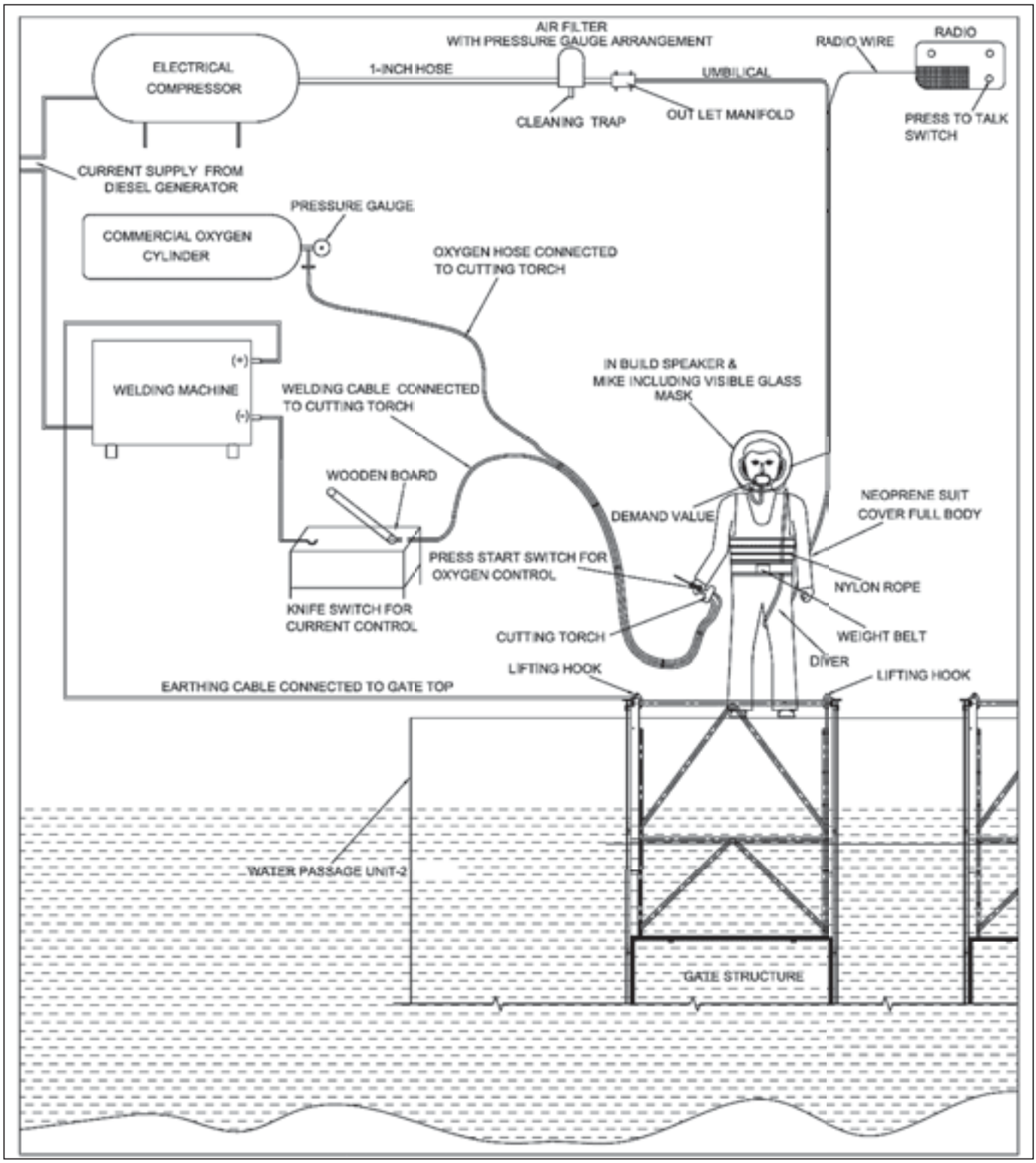
चित्र 1: एक्सोथर्मिक इलेक्ट्रोड

ये इलेक्ट्रोड्स उत्तम कटिंग परिणाम देते हैं एवं इनका उपयोग इलेक्ट्रोड को विद्युत आपूर्ति करने वाले सीधी ध्रुवता (इलेक्ट्रोड नेगेटिव) पर अविरत विद्युत डीसी वेल्डिंग जनित्र सेट के साथ उपयोग किया जा सकता है। ग्राउंडेड वर्क होने पर, वर्क के साथ स्पर्श होते ही इलेक्ट्रोड प्रदीप्त हो जाता है।

इसलिए केकेएनपीपी में एक्सोथर्मिक इलेक्ट्रोड का उपयोग कर ऑक्सि-आर्क कटिंग पद्धति उपयोग में लाई गई। (एक्सोथर्मिक इलेक्ट्रोड हेतु आकृति-1 देखें)

एक्सोथर्मिक इलेक्ट्रोड में एक पतली स्टील ट्यूब में सात छोटे-छोटे रॉड्स होते हैं। सात में से एक रॉड, विशेष अलॉय का होता है जो, आर्क प्रभावित होने व ट्यूब में से ऑक्सिजन प्रवाहित होने के उपरांत स्वतंत्र रूप से प्रज्ज्वलित होता है। शेष छह रॉड्स कोमल स्टील के बने होते हैं। डाइवर को विद्युत रोधन प्रदान करने व इलेक्ट्रोड्स को जल रोधन प्रदान करने हेतु इलेक्ट्रोड का विद्युत टेप से इंसुलेशन किया जाता है। इलेक्ट्रोड 22 इंच लंबा होता है, उसका बाहरी व्यास 10 मिमी एवं बोर व्यास 2 मिमी होता है। अपने 10000^0 फार्नहाइट से अधिक की अग्रभाग ऊष्मा से एक्सोथर्मिक इलेक्ट्रोड लगभग किसी भी सामग्री को गला देता है।

अंडर वॉटर कटिंग कार्य के लिए उपयोग में लिए गए उपकरण व अन्य



चित्र 2: अंडर-वॉटर कटिंग सेटअप की प्रारूपिक व्यवस्था

सामग्री निम्नानुसार है:

उपकरण

ए) जमीन पर

1) वायु संपीडक
2) वायु वितरण पैनल
3) श्वसन वायु फिल्टर
4) डाइवर एयर रेडिओ
5) डीसी वेल्डिंग जनित्र
6) वाणिज्यिक ऑक्सिजन सिलिंडर
7) 150मी.ट. क्रॉलर क्रेन (कोबेल्को क्रेन)
8) टीएफसी 280-75 मी.ट. क्रेन
9) ट्रेलर-शिफ्टिंग हेतु
10) अनलोडिंग हेतु ब्हील-माउन्टेड (टीआईएल) क्रेन
11) डम्पर (सिलिंडर, पैकिंग लकड़ी शिफ्टिंग)
12) भार मापन ब्रिज

अंडरवॉटर

1) एक्सोथर्मिक कटिंग टॉर्च
2) कटिंग केबल्स
3) नाइफ् स्विच
4) ग्रांउडिंग क्लैम्प
5) वेल्डिंग लेन्स
6) श्वसन उपकरण
7) अंडरवॉटर संप्रेषण प्रणाली
8) संरक्षा संबंधी साजो-सामान
9) अंडरवॉटर प्रकाश व्यवस्था
10) केंद्रीय- (गैस होज)
11) गोताखोर संरक्षा साजो-सामान (निओप्रीन सूट सहित)

बी) अंडरवॉटर कटिंग उपकरण

1) कटिंग टॉर्च
2) कटिंग केबल्स
3) नाइफ स्विच

अंडरवॉटर कटिंग उपभोज्य वस्तुएं

1) अंडरवॉटर कटिंग रॉड्स - 10 मिमी व्यास, 22 इंच लंबी
2) वाणिज्यिक ऑक्सिजन
3) पैकिंग लकड़ी

तैरता जलयान

1) टग बोट/75 एचपी कंट्री बोट
2) 75 एमटी बार्ज माउंटेड क्रेन

अंडर वॉटर कटिंग सेट-अप की प्रतिरूपक व्यवस्था आकृति-2 में दी गई है।

केकेएनपीपी में प्रयुक्त अंडरवॉटर कटिंग पद्धति

जैसा कि ऊपर उल्लेख किया गया है, इस कार्य के लिए उच्च तकनीकी ज्ञान होना जरूरी था एवं सभी कार्यों को क्रमानुसार एक निर्धारित समय में पूर्ण करना था।

वॉटर पैसेज यूनिट-2 के सफल ग्राउंडिंग के उपरांत कॉन्क्रीट वैलास्टिंग किया गया। जब पूरा कम्पार्टमेंट कन्सर्टिंग स्तर-9.050 मीटर ऊँचाई से 0.000 मीटर ऊँचाई तक पहुँच गया, गेट कटिंग कार्य शुरू किया गया।

वास्तविक कटिंग कार्य करने से पूर्व गेट्स की कटिंग पद्धति को फाइनल करने हेतु साइट का अंडरवॉटर सर्वेक्षण किया गया। सर्वेक्षण के आधार पर कटिंग कार्य निम्न अनुक्रम में कार्यान्वित करना निश्चित किया गया।

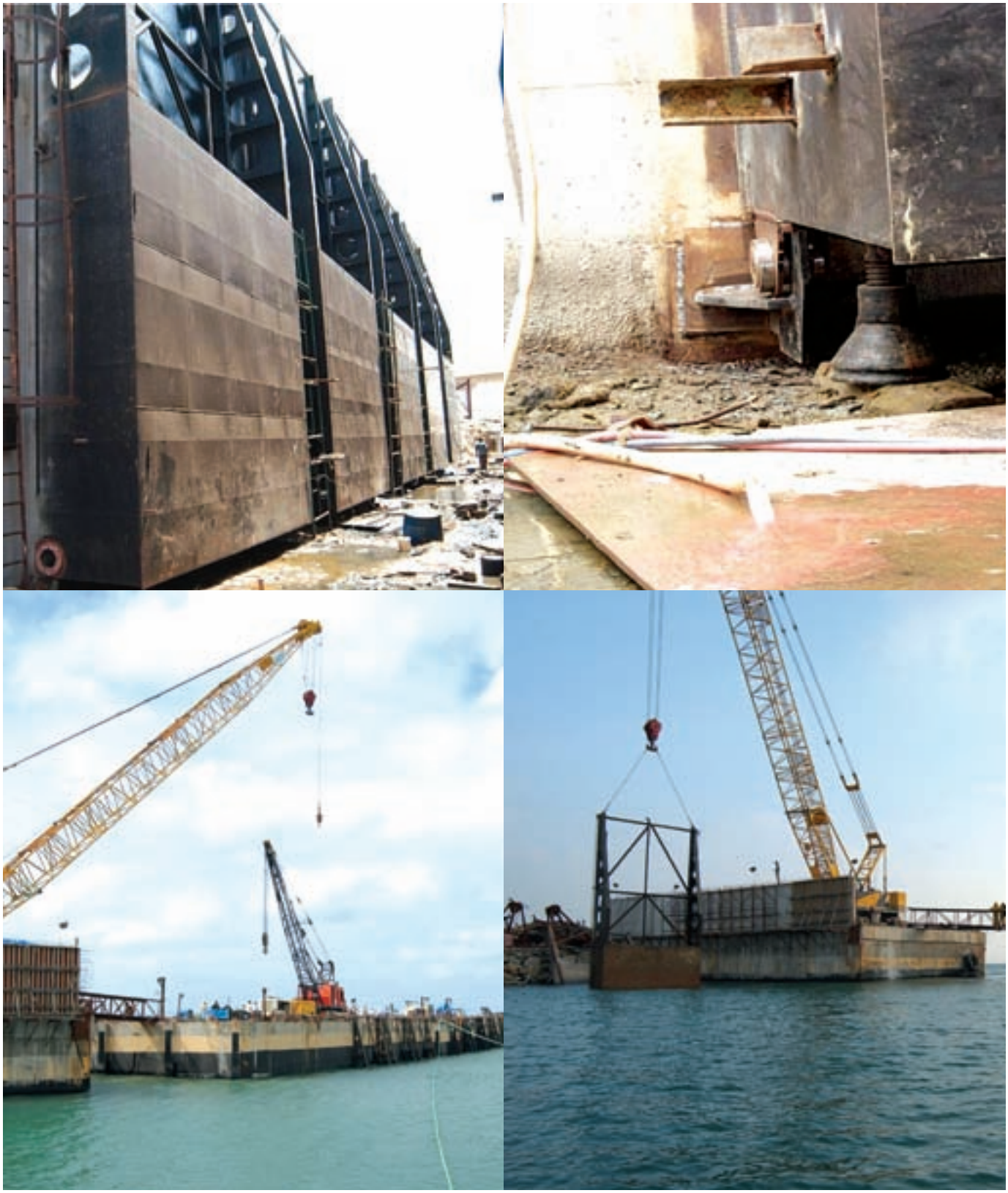
1) कटिंग के पूर्व गेट संरचना की सुरक्षा सुनिश्चित करना
2) कटिंग क्षेत्र की सफाई करना
3) उत्प्लावकता संतुलन बनाए रखने हेतु गेट की साइड्स पर अनुकूल संख्या में छेद बनाना।
4) पिनों और/या संपूर्ण असेम्बली की कटिंग करना।
5) अतिरिक्त एंकर बोल्ट्स को काटना व उन्हें हटाना।
6) केसन स्ट्रक्चर से गेट्स को अलग करना।

गेट्स को अलग करने हेतु अपनाई गई प्रक्रिया का विस्तृत वर्णन निम्नवत है:

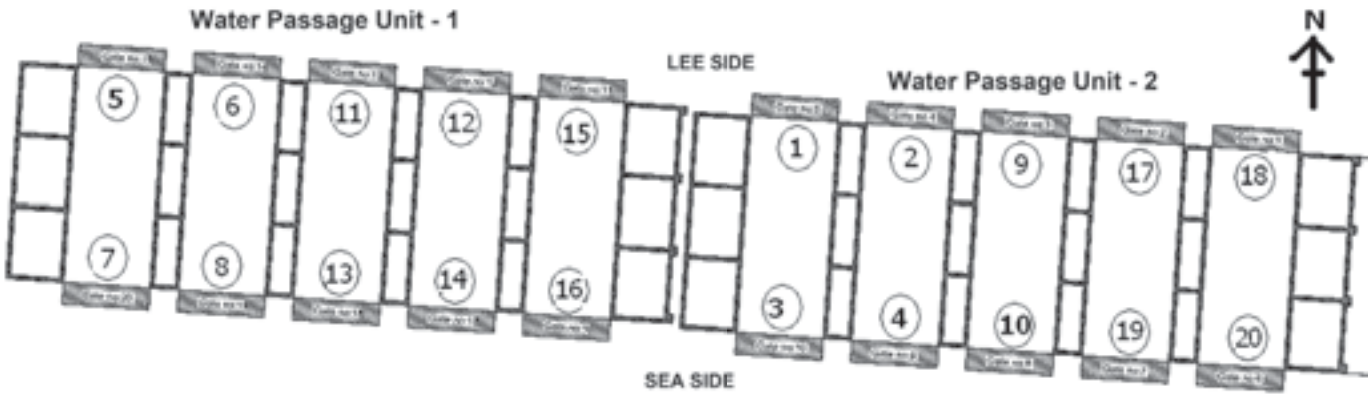
कटिंग के पूर्व गेट संरचना की सुरक्षा सुनिश्चित करना

गेट्स को पहले ही दिए गए टर्न-बकल्स के अतिरिक्त गेट्स के ऊपरी हिस्से पर वायर स्लिंग्ज से जुड़ी 75एमटी क्रेन से पकड़कर रखा गया। टर्नबकल्स को उनके नीचे से स्टिफनिंग मेंबर्स से आधार दिया गया।

सीबैड पर दरवाजों के नीचे लकड़ी के बीम रखे गए ताकि पिन निकाले जाने



चित्र: निर्माण अवस्था में कैसान



चित्र 3: कैसान संरचनाओं में गेट रिमूवल का अनुक्रम

पर गेट का भार लकड़ी के बीमों पर आ जाए।

चूंकि दरवाजों का आकार बड़ा था और दरवाजे भारी थे, इसलिए पिन्स/असेंबली/एंकर्स आदि को काटने का कोई भी प्रयास करने से पहले उन्हें सुरक्षित करने के पर्याप्त प्रबंध किए जाने आवश्यक थे। पर्याप्त प्रबंध किए बिना कटिंग करने से आपरेशन के दौरान गेट पलटकर डाइवर्स के ऊपर गिरने की प्रबल संभावना थी और यह भी कि ऊपर के टर्नबकल के द्वारा गेट को क्षैतिज भार के विपरीत ऊपरी सतह पर बांधा गया था और संभवत: यह सपोर्ट गेट का भार सहन नहीं कर सकता था। अत: यह निर्णय लिया गया कि आईएसएमसी 250 एवं 10 मिलीमीटर मोटी प्लेट द्वारा इन टर्नबकलों को अतिरिक्त सपोर्ट दिया जाए और गेट के साइड हिंजेज को काटने से पहले गेट को क्रेन से पकड़ा जाए। 1.4 मीटर लम्बाई एवं 400 मिमीटर चौड़ाई (मोटाई स्थल स्थिति पर निर्भर) के लकड़ी के बीमों को रखा गया एवं सीबैड के ऊपर गेट के निचले तल पर डाइवर्स (दोनों तरफ एक-एक और बीच में एक) द्वारा वैजेज की सहायता से कसकर टाइट किया गया ताकि पिन/असेम्बली/एंकर को काटने और हटाने के दौरान गेट से किसी भी प्रकार का भार आने पर वह लकड़ी के बीमों पर स्थानांनतरित हो जाए।

कटिंग एरिया की सफाई करना

चूंकि काटा जाने वाला क्षेत्र काफी समय से समुद्री जल में डूबा हुआ था इसलिए बायो-फाउलिंग की काफी मात्रा उत्पन्न हो गई थी। पानी के अंदर काटने की सुविधा के मद्देनजर, जहां कटिंग की जानी थी वहां से स्क्रैपर और तार के ब्रश का इस्तेमाल करते हुए डाइवर्स की मदद से बायो-फाउलिंग को हटाया जाना था।

प्लवन को संतुलित रखने हेतु गेटों के किनारों पर आवश्यकतानुसार छिद्र बनाना

चूँकि गेटों में लगभग 50 क्यूबिक मीटर पानी भरा था, इसलिए यह आवश्यक था कि भार को संतुलित किया जाए नहीं तो गेट धीरे-धीरे समुद्र से ऊपर उठ जाते। अत: यह निर्णय लिया गया कि गेट्स को सुरक्षित एवं सुगम तरीके से उठाने हेतु प्लवन एवं स्वयं भार का संतुलन करने हेतु गेट के किसी भी तरफ कुछ छिद्र बनाए जाएं। अत: गेट काटने की प्रक्रिया शुरू करने से पहले 300 मि.मी X 250 मि.मी के चार छेद बनाए गए ताकि उठाने के दौरान पानी बाहर निकल जाए।

पिनों और/अथवा सम्पूर्ण असेम्बली को काटना

चूँकि जो पिवोट पिनें गेट को उसके स्थान पर पकड़कर रखे हुए थीं उनको फ्यूज करने का कार्य कठिन था, इसलिए यह निर्णय लिया गया कि हिंज असेम्बली की कटिंग की जाए एवं उन्हें हटाया जाए। तदनुसार हिंज असेम्बली को काटा गया और गेट को बॉटम की ओर से कैसिन ढांचे से अलग कर दिया गया।

अतिरिक्त एंकर बोल्टों की कटिंग करना एवं निकालना

गेट से बॉटम असेम्बली (संख्या 2)

को काटने के पश्चात गेट को तुरंत समतल स्थल (केसन टॉप) पर रखी गई 150 मीट्रिक टन क्षमता की क्रॉलर क्रेन द्वारा पकड़ लिया गया। साइडों पर लगे हुए अतिरिक्त एंकरेजेस (कुल संख्या 24) को काटने का कार्य नीचे से लेकर ऊपर तक एक के बाद एक किया गया। यह निर्णय लिया गया कि बोल्ट शीर्ष के निकट प्लेट को काटा जाए और बोल्टों को कांक्रीट में वैसे ही लगा हुआ छोड दिया जाए। उपर्युक्त कार्य की समाप्ति के पश्चात गेट का भार गेट असेम्बली के ऊपर से क्रेन से पकड़कर रखते हुए गेटों के नीचे लकड़ी के बीमों पर स्थानांतरित कर दिया जाएगा। सभी साइड एंकर हिंजों को हटाने के पश्चात ऊपरी टर्नबकल (संख्या 2) एवं टर्नबकल में नीचे दिए गए अतिरिक्त सपोर्ट (10 मिमी. प्लेट संख्या-2) को, क्रेन द्वारा निरंतर गेट को पकड़कर रखते हुए, साधारण गैस कटिंग विधि द्वारा काटा और हटाया गया।

केसन ढांचे से गेट को हटाना

एक बार कटिंग का समस्त कार्य समाप्त होने के पश्चात क्रॉलर क्रेन की मदद से गेट असेम्बली को खींचने व उठाने का कार्य किया गया। गेट असेम्बली को उसके स्थान से उठाकर केसन एरिया के बाहर रखा गया। तब आधा गेट समुद्री जल में डुबाकर रखते हुए गेट असेम्बली को धीरे-धीरे ब्रेकवाटर डाइक की पूर्वी आर्म की ओर ले जाया गया। जब गेट असेम्बली पूर्वी आर्म क्षेत्र के निकट पहुंच गई तब उसका संतुलन बनाते हुए धीरे से समुद्र जल से उठाया गया और बनाए गए छिद्रों से होते हुए गेट स्ट्रक्चर से पानी बहकर बाहर जाने दिया एवं उसे ब्रेक वाटर डाइक के ईस्ट आर्म पर सुरक्षित रखा गया।

उपर्युक्त प्रक्रिया को सफलतापूर्वक अपनाते हुए प्रत्येक गेट की कटिंग एवं हटाने का कार्य सफलतापूर्वक पूरा किया गया। अगले केसन को रखने से पहले कम से कम 2 पैसेज (4 गेट) को हटाना आवश्यक था ताकि केसन पर पानी के बहाव को कम किया जा सके। इसलिए दरवाजों को निकालने के लिए अत्यंत कम समय था। गेट के काटने व उसे हटाने का क्रम चित्र संख्या 3 में दर्शाया गया है।

ईस्ट आर्म पर ले जाए गए दरवाजों को अपेक्षित आकार में काटा गया एवं क्रॉलर क्रेन का इस्तेमाल कर ट्रेलर पर रखकर ले जाया गया एवं उन्हें केकेएनपीपी भंडारगृह में जमा किया गया। गेटों को हटाने का संपूर्ण ऑपरेशन ५० दिन की अवधि में पूरा किया गया।

संरक्षा उपाय

कार्य हेतु कार्य जोखिम विश्लेषण तैयार किए गए एवं उन्हें अनुमोदित कराया गया तथा कार्य के सुरक्षित निष्पादन हेतु समस्त संरक्षा सावधानियों एवं जांच सूचियों का प्रयोग किया गया।

कार्य प्रारंभ करने से पहले विशेषज्ञ एजेंसी के साथ विस्तृत चर्चा की गई एवं कार्यपद्धति के समस्त पहलुओं की समीक्षा की गई। अपनाई जा रही कार्यपद्धति की संभाव्यता एवं संरक्षा सुनिश्चित करने हेतु मॉकअप कार्य की अंडरवाटर वीडियोग्राफी की गई। संतोषजनक मॉक-अप अध्ययन के बाद ही कार्य की वास्तविक पद्धति तैयार की गई एवं कार्य आरम्भ किया गया।

कार्य C-VI पैकेज (हाइड्रोटैक्नीकल स्ट्रक्चर्स का निर्माण) के अन्तर्गत किया गया।

आर. आर. कामत, *अपर मुख्य अभियंता (एचटीएस), केकेएनपीपी अ४ ने 1987 में बैचलर ऑफ इंजीनियरिंग (सिविल) में स्नातक की पढ़ाई पूरी की और 1989 में एम-टेक (हाइड्रोलिक्स) किया। केकेएनपीपी १व२ में आप पैकेज सी-VI (हाइड्रोटेक्नीकल स्ट्रक्चर्स का निर्माण) के प्रभारी अभियंता रहे। वर्तमान में आप केकेएनपी की इकाई 3-6 के हाइड्रोटेक्नीकल स्ट्रक्चर्स के निर्माण हेतु डिजाइन की समीक्षा एवं तकनीकी दस्तावेजों की तैयार करने के कार्यों में शामिल हैं। आपको विभिन्न क्षेत्रों जैसे डिजाइन, समन्वयन, गुणवत्ता आश्वासन, सिविल निर्माण एवं संविदा कार्यों को संभालने का 26 वर्ष से भी अधिक का अनुभव है।*

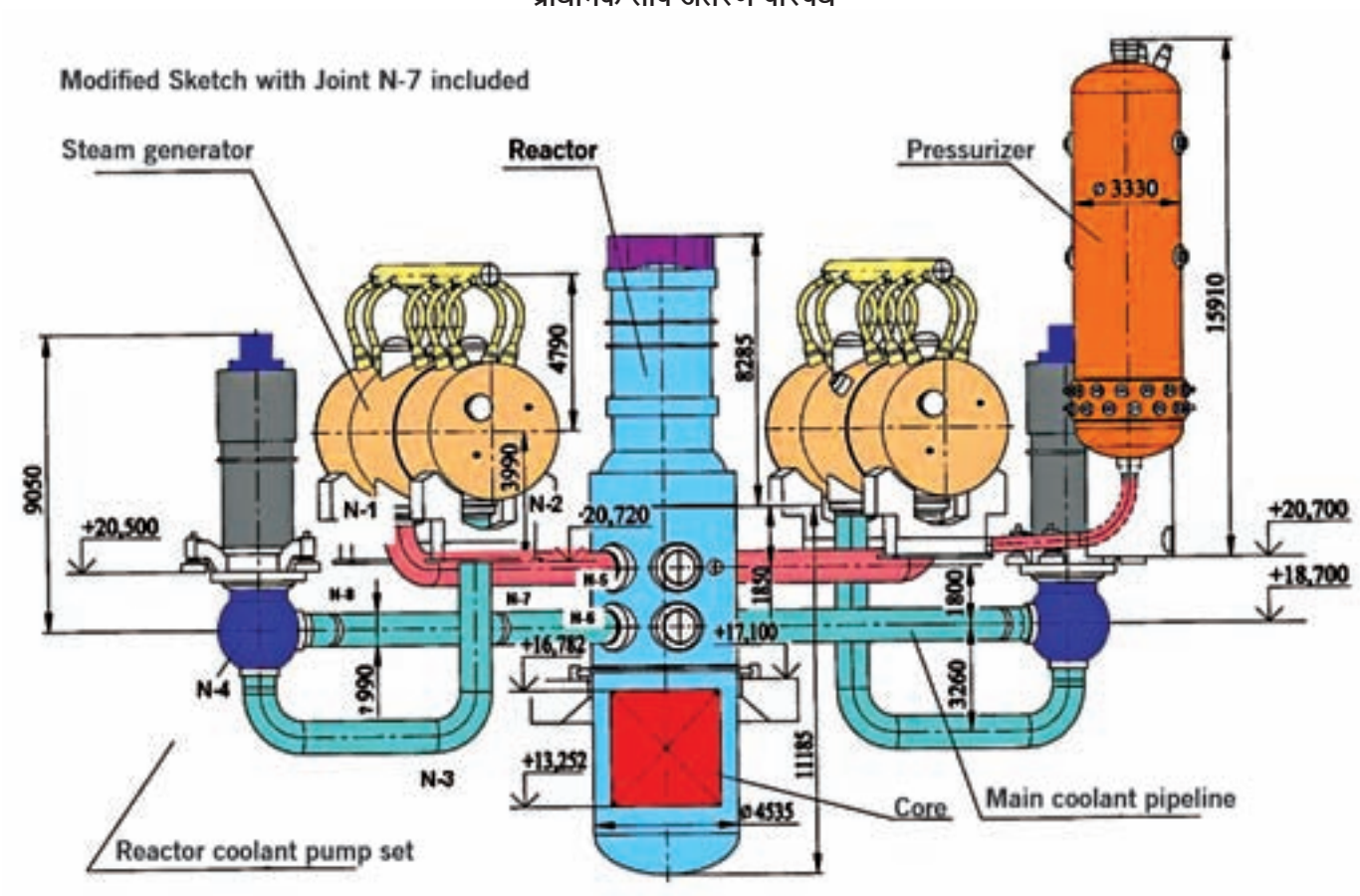
केकेएनपीपी में मुख्य शीतलक पाइपिंग (एमसीपी) की वैल्डिंग का कार्य

जे डी कुरवा, एसीई (एफ एल डब्ल्यू आर) एनपीसीआईएल, **एस चंद्रशेखर**, वैज्ञानिक अधिकारी/ई, केकेएनपीपी,
एस सरवनन, वैज्ञानिक अधिकारी/ई, केकेएनपीपी

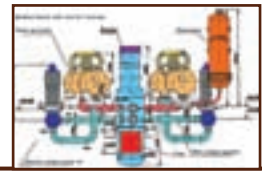
रिएक्टर शीतलक प्रणाली या न्यूक्लियर वाष्प आपूर्ति प्रणाली (एनएसएसएस) रिएक्टर प्रेशर वैसल (आरपीवी), मुख्य शीतलक पाइप लाइन (एमसीपी), रिएक्टर शीतलक पम्प (आरसीपी), स्टीम जनरेटर (एसजी), आपातकालीन कोर कूलिंग प्रणाली (ईसीसीएस) चरण 1 व 2, क्विक बोरॉन इंजेक्शन प्रणाली (क्यूबीआईएस), प्रेशराइजर (पीआरजेड), रिएक्टर इंटरनल्स एवं प्रोसेज पैरामीटर मॉनीटरिंग डिवाइसेस आदि से मिलकर बनी होती है।

वीवीईआर-1000 दाबित जल रिएक्टर (पीडब्ल्यूआर) एमसीपी चार वाल्व रहित लूप से जुड़ा होता है, प्रत्येक में रिएक्टर कूलेंट पम्प एवं स्टीम जनरेटर होता है जिसमें आरपीवी हेतु पांच मुख्य शीतलक पाइप स्पूल लगे होते हैं। 990मिमी ओडी के न्यून मिश्रधातु स्टील के पाइपलाइन स्पूल एवं 70 मिमी मोटाई की दीवार को, 25 एमपीए का परीक्षण दबाब सहने योग्य बनाने हेतु 5 मिमी मोटाई वाली स्टेनलेस स्टील से इंटरनल क्लैडिंग

प्राथमिक ताप अंतरण परिपथ



चित्र 1 : एन 1 - एन 8 - प्रति लूप 8 वेल्ड जोड़। कुल मिलाकर 4 लूप और 32 वेल्ड जोड़



की जाती है। एमसीपी लूप को बंद करने हेतु उपकरण की वैल्डिग की जाती है।

समूची मुख्य परिसंचारी पाइपलाइन बिना किसी आधार के होती है एवं दो तैरते उपकरणों नामत: स्टीम जनरेटरों एवं रिएक्टर कूलेंट पम्पों से जुड़ी होती है। गर्म पानी रिएक्टर प्रेशर वैसल से एंथेलपी लेता है, जिसे आरपीवी आउटलेट (हॉट लैग) से स्टीम जनरेटर के इनलेट के जरिए 850 एनबी एमसीपी में ले जाया जाता है। स्टीम जनरेटर में सेकंडरी फ्लूयड को हीट एक्सचेंज करने के बाद फ्लूयड नीचे तल से एमसीपी के द्वारा आरसीपी के इनलेट में ले जाया जाता है। आरसीपी आउटलेट प्राइमरी फ्लूड को आरपीवी के इनलेट (कोल्डलैग) में ले जाता है। दबाव आवेश का ध्यान प्रेशराइजर के द्वारा रखा जाता है जो एमसीपी की एक हॉट लैग लूप से जुड़ा रहता है। रिएक्टर प्रेशर वैसल के प्रत्येक चार इनलेट व आउटलेट नॉजल मुख्य कूलेंट पाइप से वैल्ड किए हुए होते हैं।

न्यूक्लियर ऊर्जा संयंत्र में मुख्य शीतलक पाइपिंग एक अत्यंत महत्वपूर्ण कार्य होता है। कुडनकुलम न्यूक्लियर विद्युत परियोजना (केकेएनपीपी) भारत में पहला दापारि होने के नाते मोटे, न्यून अलॉय, स्टील क्लैड पाइप हेतु यह महत्वपूर्ण कार्य भारतीय न्यूक्लियर इतिहास में पहली बार पूरा किया गया (रासायनिक सम्मिश्रण के लिए टेबल-1 देखें)। इसके मद्देनजर कार्य को वास्तविक रूप से करने से पहले समूची प्रौद्योगिकी की योग्यता परखी

तालिका-1: रासायनिक संघटन

1) Base Metal

Sl. no.	Base Metal	Car-bon	Silicon	Manga-nese	Chromium	Nickel	Molybde-nium	Copper	Sulphur	Phosphorus	Arsenic	Cobalt	Tin	Antimony	P+Sn+Sb	Vanadium
1	15Х2НМФА-А (RPV)	0.13-0.18	0.17-0.37	0. 3-0.6	1.8-2.3	1.0-1.5	0.5- 0.7	0.08	0.012	0.01	0.01	0.03	0.005	0.005	0.015	0.10 -0.12
2	10ҐН2МФА (SG and Coolant Pipe)	0.08-0.12	0.17-0.37	0.7-0.9	0. 3	1.7-2.0	0.4-0.7	0. 3	0.02	0.02	-	-	-	-	-	0.04
3	06Х12Н3Д (RCP)	0.06	0.3	0.6	12-13.5	2.8-3.2	-	0.8-1.1	0.025	0.025	-	-	-	-	-	-

2) Filler Metal

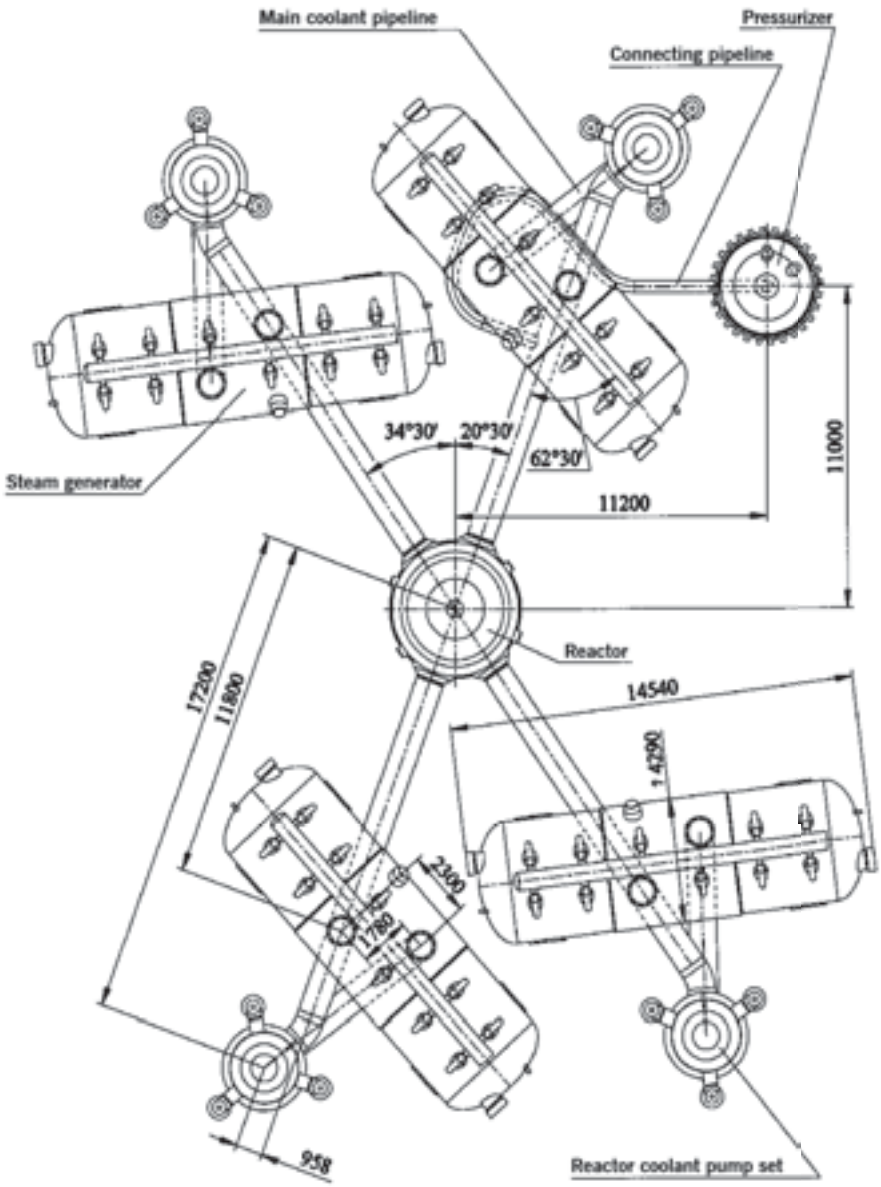
Sl. no.	Filler Metal	Car-bon	Silicon	Manga-nese	Chromium	Nickel	Molybde-nium	Copper	Sulphur	Phosphorus	Arsenic	Cobalt	Tin	Antimony	Niobium	Vanadium
	Wire															
1	Cb-08g2s	0.05-0.11	0.7-0.95	1.8-2.1	0. 2	0.25	-	-	0.025	0.030	-	-	-	-	-	-
2	Cb-01Х12Н2 -ВИ	0.025	0.15-0.5	0.2-0.7	11-13. 5	1.6 -2.5	-	-	0.02	0.03	-	-	-	-	-	-
	Electrode															
3	PT-30	0.06-0.1	0.17-0.37	0.7-1.3	-	1.3-1.8	0.45-0.75	-	0.02	0.025	-	-	-	-	-	-
4	ЦL-51	0.035	0.35	0.15-0.6	Dec-15	1.8-2.5	-	-	0.025	0.030	-	-	-	-	-	-
5	ЦL-25/1	0.12	1.0	1.0-2.7	23-27	11.5–14.0	-	-	0.020	0.030	-	-	-	-	-	-
6	EA-898/21b	0.10	0.7	1.6-2.5	17.5-20.5	9.0-10.5	0. 3	-	0.025	0.025	-	-	-	-	0.7-1.2	-

Note: Single values are considered as Maximum

Filler metal – 1 & 3 for Welding jt. Nos.1, 2, 3, 5, 6 & 7

Filler metal – 2 & 4 for Welding jt. Nos. 4 & 8

Filler metal – 5 & 6 for Cladding jt. Nos. 1 to 8



आकृति 2 : एनएसएसएस उपस्कर ले-आउट का प्ररूपी दृश्य

जानी थी। प्रत्येक यूनिट के लिए कुल मिलाकर 32 वैल्ड ज्वाइंट (आरपीवी-एमसीपी, एसजी-एमसीपी, आरसीपी-एमसीपी एवं एमसीपी-एमसीपी प्रत्येक हेतु प्रति लूप 8 ज्वाइंट) (आकृति 1 देखें)। एनएसएसएस योजना रूपरेखा आकृति 2 में दिखाई गई है।

प्रक्रियाओं एवं वैल्डरों की सफल योग्यता हेतु कार्य सफलतापूर्वक पूरा होने के बाद एमसीपी वैल्डिंग के लिए निम्निलिखित गतिविधियां नियोजित एवं निष्पादित की गईं। आरपीवी, आरसीपी, एसजी पर प्रत्येक ज्वाइंट और पाइप-टू-पाइप ज्वाइंट के लिए सख्त अपेक्षाएं पूरी की जानी थीं।

1. वैल्डरों का इंडक्शन एवं प्रशिक्षण:

पूर्व के अनुभवों के रिकार्ड के आधार पर उच्च अनुभवी वैल्डर इस कार्य में लगाए गए। चूंकि वैल्डरों एवं प्रौद्योगिकी की योग्यता हेतु रशियन फेडरेशन (आरएफ) से सीमित संख्या में ही पाइपों की आपूर्ति की गई, इसलिए वैल्डरों को प्रारम्भ में रशियन इलैक्ट्रोड का इस्तेमाल कर उच्च दीवार मोटाई के भारतीय पाइपों पर प्रशिक्षित किया गया। इसी प्रकार पाइप फिटिंग एवं ग्राइंडिग का कार्य करने वाले कार्मिकों को भी आरएफ-आपूर्त योग्यता स्पूलों पर योग्यता कार्य हाथ में लेने से पहले इन भारतीय पाइप स्पूलों पर प्रशिक्षित किया गया। इस प्रशिक्षण के एक भाग के रूप में वैल्डरों, फिटरों और इस कार्य से जुड़े अन्य दक्ष कार्मिकों के आत्मविश्वास एवं क्षमता को बढ़ाने हेतु बहुत सारे ज्वाइंट लगाए गए।

2. प्री-हीटिंग एवं पोस्ट वैल्ड हीट ट्रीटमेंट इंडक्शन मशीन एवं हीटिंग पैड्स का विकास:

एमसीपी वैल्ड ज्वाइंट्स की की प्री-हीटिग एवं पोस्ट वैल्ड हीट ट्रीटमेंट के लिए दो प्रकार की हीटिंग का प्रयोग किया जाता है। एमसीपी-एमसीपी एवं आरसीपी नोजल-एमसीपी जोड़ों के लिए प्रतिरोधक हीटिंग उपयोग में लाई जाती है, जबकि आरपीवी नोजल-एमसीपी एवं एसजी नोजल-एमसीपी जोड़ों के लिए इंडक्शन हीटिंग उपयोग

सारणी- 2 एमसीपी कार्यों हेतु स्थापित विभिन्न कार्यप्रणालियां

क्रमांक	विवरण
1	मुख्य शीतलक पाइपिंग की वैल्डिंग हेतु कार्यप्रणाली
2	पाइप से पाइप एवं आरसीपी केसिंग पाइप ज्वाइंट्स का ऊष्मा उपचार
3	आरपीवी पाइप एवं एसजी पाइप ज्वांइट्स का ऊष्मा उपचार
4	एमसीपी पाइपिंग का दृश्य एवं मापन परीक्षण
5	एमसीपी स्पूल्स की हैंडलिंग एवं लोअरिंग की कार्यपद्धति
6	एमसीपी वैल्डिंग की वैल्डर कार्यनिष्पादन प्रमाणीकरण कार्यप्रणाली
7	एमसीपी वैल्डिंग के तकनीकी प्रमाणन हेतु कार्यप्रणाली
8	एमसीपी वैल्डिंग के द्रवीय पेनीट्रेन्ट परीक्षण हेतु कार्यप्रणाली
9	एमसीपी वैल्डिंग की रेडियोग्राफिक टेस्टिंग हेतु कार्यप्रणाली
10	एमसीपी वैल्डिंग की अल्ट्रासोनिक टेस्टिंग हेतु कार्यप्रणाली
11	एमसीपी स्पूल्स के इरेक्शन एवं संरेखन हेतु कार्यप्रणाली
12	हॉट रेडियोग्राफी की कार्यपद्धति

में लाई जाती है। हीट ट्रीटमेंट के लिए हीटिंग क्षेत्र/जोन में समय एवं तापमान की सीमाओं के संदर्भ में अत्यंत कड़ी अपेक्षाओं को पूरा किया जाना था। रेसिस्टेंस हीटिंग के लिए विशेष कस्टम-बिल्ट रेसिस्टेंस-हीटिंग पैड तैयार किए गए एवं इंडक्शन हीटिंग हेतु पानी से ठंडे किए जाने वाले लचीले इंडक्टर्स के साथ न्यून आवृत्ति वाली इंडक्शन हीटिंग मशीन विशेष तौर पर एमसीपी वैल्डिंग कार्य हेतु बनाई गई एवं कार्य पर लगाने से पहले उनकी योग्यता की गहन जांच की गई।

3. कार्यप्रणालियों का विकास

कई कार्यप्रणालियों को चिह्नित किया गया, विशेषत: एमसीपी वैल्डिंग कार्यों के लिए और आरएफ विशेषज्ञों से विस्तृत विचार-विमर्श करने के उपरांत उन्हें स्थापित किया गया। एमसीपी कार्यों को करने हेतु स्थापित की गई विभिन्न कार्यप्रणालियां सारणी-2 में उल्लिखित हैं।

4. प्रौद्योगिकी एवं वैल्डरों की योग्यता:

वैल्डरों के गहन प्रशिक्षण के उपरांत प्रौद्योगिकी एवं वैल्डर योग्यता के क्रियाकिलाप किए गए। प्रौद्योगिकी एवं वैल्डरों की योग्यता हेतु प्रत्येक प्रकार के जोड़ के लिए विनिर्दिष्ट किए गए वास्तविक पैरामीटरों को अनुरूपित किया गया। प्रौद्योगिकी एवं वैल्डरों को योग्य बनाने हेतु कई विनाशकारी अविनाशकारी परीक्षण किए गए।

5. स्थल पर कार्य सम्पादन:

एमसीपी वैल्डिंग कार्यों को सम्पादित करने में निम्नलिखित गतिविधियां शामिल थीं।

5.1 स्पूल्स का प्रारंभिक इरेक्शन:

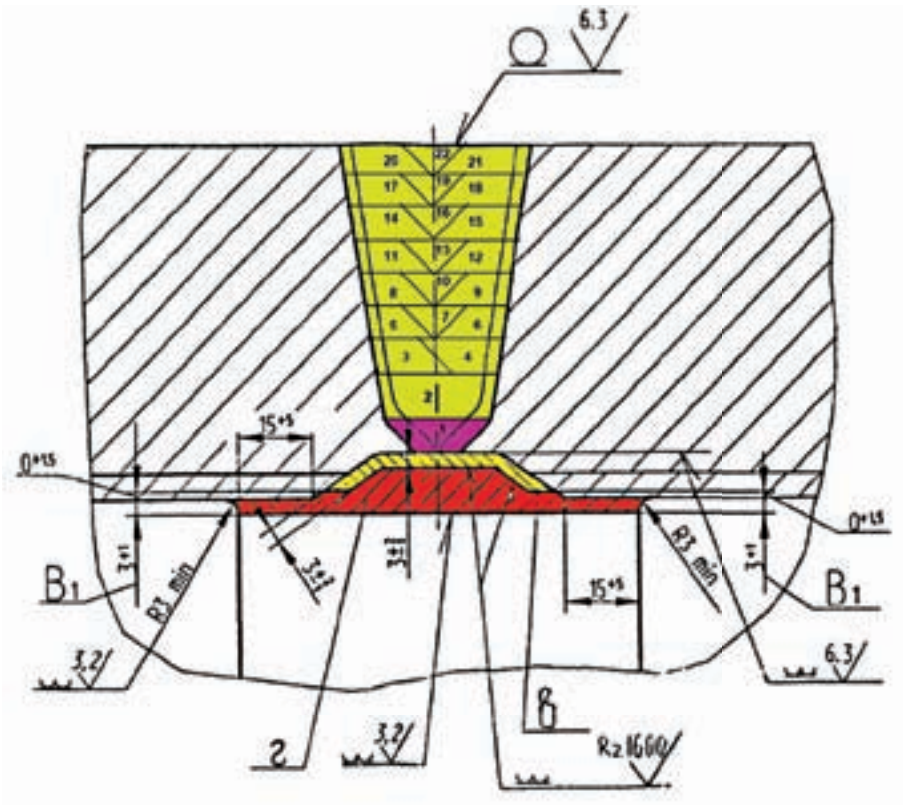
चिह्नित किए गए स्पूल के टुकड़ों को संबंधित स्थान पर ले जाया गया एवं थर्मल विस्तार एवं सिकुड़न की क्षमता वाले विशेषत: तैयार किए गए 272 मीट्रिक टन की डिजाइन वाले अस्थायी ढांचे पर सही रूप से आधार दिया गया।

5.2 नॉजल कॉर्डीनेट्स का मापन:

मुख्य उपकरण जैसे आरपीवी, एसजी एवं आरसीपी के नॉजल कॉर्डीनेट्स का ऑप्टीकल यंत्रों का प्रयोग कर मापन किया गया।

5.3 पाइप स्पूलों की छंटाई, किनारों की वैल्डिंग की तैयारी एवं एनडीटी:

उपकरण नॉजल कॉर्डिनेट्स के सर्वेक्षण परिणाम के आधार पर स्पूल्स की लंबाई की गणना की गई एवं विशेष प्रयोजन वाली कटिंग मशीन एवं विवेलिंग मशीन का उपयोग कर उनके सिकुड़न मान को ध्यान में रखते हुए छंटाई की गई। विशेष टेंपलेटों



चित्र 3 : एक प्रारूपिक वैल्ड जोड़

की सहायता से इन मशीनों का प्रयोग करके ड्रॉइंग के अनुसार वैल्ड ऐज की तैयारी भी की गई। यह सुनिश्चित करने के लिए कि किसी भी प्रकार की कमी नहीं रह गई है, वैल्ड ऐज के लिए डाई पेनीट्रेंट टेस्ट (डीपीटी) किया गया।

5.4 स्पूल एवं वैल्ड ज्वाइंट फिट-अप को संरेखित करना:

तैयार स्पूलों को ड्राइंग की आवश्यक्तानुसार संरेखित किया गया एवं वैल्ड ज्वाइंट हेतु फिट-अप तैयार किया गया। संकीर्ण गैप वैल्डिंग, रेडियल पर टॉलरेंस, एंगुलर मिसमैच और रूट गैप एकरूपता के मद्देनजर फिट-अप की अपेक्षाएं अत्यंत कठिन हैं। संविदाकार के गुणवत्ता आश्वासन समूह एवं कार्यनिष्पादन समूह तथा न्यूक्लियर पॉवर कारपोरेशन ऑफ इंडिया लिमिटेड के गुणवत्ता आश्वासन समूह द्वारा देखने व मापन निरीक्षण के बाद फिट-अप को वैल्डिंग के लिया पास किया गया।

5.5 रूट वैल्डिंग:

रूट वैल्डिंग विनिर्दिष्ट किए गए 10एमएम फिलर वायर का प्रयोग कर गैस टंगस्टन आर्क वैल्डिंग प्रक्रिया (जीटीएडबल्यू) द्वारा की जाती है।

5.6 रूट वैल्ड का निरीक्षण:

प्री-हीटिंग और शील्डेड मैटल आर्क वैल्डिंग प्रक्रिया (एसएमएडबल्यू) द्वारा वैल्डिंग करने हेतु रिलीज करने से पहले पाइप के बाहर एवं अंदर दोनों ओर से रूट पास का देखकर व भेदन परीक्षण (पीटी) द्वारा निरीक्षण किया जाता है।

5.7 प्री-हीटिंग एवं पोस्ट वैल्ड हीट ट्रीटमेंट (पी डब्लू एच टी):

वैल्ड ज्वाइंट की प्री-हीटिंग जोड़ की आवश्यकता को देखते हुए प्रतिरोधक पैड हीटिंग पद्धति या इंडक्शन हीटिंग पद्धति द्वारा प्रक्रियानुसार की जाती है। विभिन्न वैल्ड ज्वाइंट के लिए प्री-हीटिंग एवं पोस्ट वैल्ड हीट ट्रीटमेंट हेतु विशिष्ट हीटिंग पद्धति, तापमान सीमाएं एवं अन्य विवरण तालिका-3 में दर्शाया गया है।

5.8 मध्यवर्ती निरीक्षण:

वैल्ड जोड़ों का मध्यवर्ती निरीक्षण निम्नलिखित चरणों पर किया जाता है।

- प्रत्येक पास के बाद दृश्य निरीक्षण
- 50% वैल्ड (गर्म स्थिति में) पूरा होने पर रेडियोग्राफिक परीक्षण (आरटी)

सारणी-3 विभिन्न वैल्ड जोड़ों हेतु प्री-हीटिंग एवं पोस्ट-वैल्ड हीट ट्रीटमेंट के विभिन्न विवरण

ज्वाइंट (जोड़)	विवरण	ऊष्मा उपचार का प्रकार	प्री-हीट तापमान (^{0}C में)	मध्यवर्ती टैम्परिंग तापमान (^{0}C में)	पोस्ट वैल्ड हीट ट्रीटमेंट
एन 5, एन 6	आरपीवी-एमसीपी	इंडक्शन	220-270	3 घंटे के लिए 620-660	7 घंटे तक 620-660
एन 1, एन 2	एसजी-एमसीपी	इंडक्शन	220-270	लागू नहीं	8 घंटे हेतु 620-660
एन 3, एन 7	एमसीपी-एमसीपी	प्रतिरोध	220-270	लागू नहीं	8 घंटे हेतु 640-660
एन 4, एन 8	आरसीपी-एमसीपी	प्रतिरोध	200-250	5 घंटे के लिए 610-630	8 घंटे हेतु 625-650

- अंतिम पास/शीत दशा में मध्यवर्ती टैम्परिंग के बाद पीटी।
- अंतिम पास के बाद, गर्म स्थिति में मध्यवर्ती टैम्परिंग के बाद और शीत दशा में अंतिम टैम्परिंग करने के बाद आर टी।
- कार्यपद्धति, सामग्री और प्रोसेस को क्वालीफाई करने के बाद एमसीपी वैल्ड जोड़ों पर भारत में पहली बार हॉट रेडियोग्राफी की गई।

5.9 ऊष्मा उपचार

तालिका-3 में दर्शाए गए विवरण के अनुसार वैल्ड जोड़ों की इंटरमीडियेट टैम्परिंग एवं वैल्डिंग के बाद हीट ट्रीटमेंट किया गया। तापमान, समय सीमा एवं शीतलन दरों के संबंध में कठिन अपेक्षाओं को पूरा किया जाना था, क्योंकि विनिर्दिष्ट मान पर अनुमेय टॉलरेंस बहुत कम था और इस प्रक्रिया के दौरान उपकरण के फेल होने की अनुमति नहीं होती है। आरपीवी नॉजल ट्रॉजीशन जोन, आरसीपी नॉजल्स और एसजी नॉजल्स पर अत्यंत कठिन अपेक्षाएं पूरी की जानी थीं।

5.10 अंतिम निरीक्षण:

पीडब्लूएचटी के बाद वैल्ड ज्वाइंट के लिए निम्नलिखित अंतिम निरीक्षण किए जाते हैं:

- दृश्य परीक्षण (वीटी)

चित्र: आरपीवी से एमसीपी ज्वाइंट की इंडक्शन हीटिंग

चित्र : स्टीम जनरेटर नॉजल वैल्डिंग - इंटर पास, इंटरमीटेंट टेंपरिंग एवं पीडबल्यूएचटी के लिए इंडक्शन कॉइल की माउंटिंग

- भेदन परीक्षण (पीटी)
- रेडियोग्राफी निरीक्षण (आर टी)
- पराश्रव्य परीक्षण (यू टी)

5.11 क्लैडिंग:

वैल्ड ज्वाइंट्स के अंतिम निरीक्षण के बाद पाइप/नॉजल के अंदर ज्वाइंट्स की क्लैड वैल्डिंग की जाती है। क्लैडिंग का निरीक्षण इस प्रकार किया जाता है:

- प्रत्येक परत के बाद पीटी
- क्लैडिंग पूर्ण होने के बाद यूटी

औद्योगिक संरक्षा पहलुओं एवं सभी आवश्यक व्यवस्थाओं, प्राथमिक सहायता सुविधाओं को विशेष महत्व दिया गया एवं अत्यंत कम जगह में कार्य किया जाना है इस बात के मद्देनजर कार्यक्षेत्र को खाली कराने हेतु विस्तृत पद्धतियां बनाई गईं एवं इसके लिए मॉक-अप अभ्यास किया गया।

5.12 वैल्ड ज्वाइंट्स का हाइड्रो परीक्षण

एमसीपी वैल्ड ज्वाइंट्स के हाइड्रो परीक्षण के साथ-साथ 24.5एमपीए पर प्राथमिक परिपथ का हाइड्रो परीक्षण किया गया।

5.13 संरक्षण (प्रिजरवेशन)

समस्त निरीक्षण क्रियाकलाप पूरे होने के बाद वैल्ड ज्वाइंट्स के प्रतिरक्षण का कार्य पूरा किया गया।

5.14 सांख्यिकीय आंकड़े

प्रत्येक वैल्ड ज्वाइंट के लिए क्लैडिंग सहित वैल्डिंग की 28 परतों के साथ 116 पासेज प्रक्रिया अपनाई गई जिसमें लगभग 180 किग्रा वैल्डिंग उपभोज्य का उपयोग हुआ, जिसमें प्रत्येक ज्वाइंट के लिए बाहर से एकसाथ दो वैल्डरों ने विपरीत दिशा में निरंतर कार्य करते हुए वैल्डिंग कार्य संपन्न किया।

उपलब्ध संसाधनों व सटीक योजना के साथ एक बार में विभिन्न लूपों में अधिकतम चार जोड़ों पर वेल्डिंग कार्य सम्पादित किया गया। प्रत्येक जोड़ की वेल्डिंग, ऊष्मा उपचार एवं निरीक्षण प्रक्रिया पूर्ण होने में लगभग एक माह का समय लगता है। केकेएनपीपी-इकाई-1 (केकेएनपीपी-1) एमसीपी का कार्य पूरा करने में 10 माह का समय लगा और प्राप्त अनुभव से केकेएनपीपी इकाई-2 (केकेएनपीपी-2) का वेल्डिंग कार्य पूरा करने में 8.5 माह का समय लगा। इसमें औद्योगिक संरक्षा संबंधित कोई भी घटना नहीं घटी।

चित्र: आरसीपी से पाइप वैल्डिंग - प्रतिरोध तापन

रशिया द्वारा अपनाई गई तकनीक की तुलना में नई वेल्डिंग श्रृंखला विकसित की गई व सफलता से कार्यान्वित की गई। रशिया के वेल्डिंग, धातु-विज्ञान एवं रिएक्टर संयंत्र के सामान्य डिजाइनर संगठनों द्वारा इसकी प्रशंसा की गई।

सामने आई चुनौतियाँ

1. तकनीक का विकास व उसकी योग्यता एक अत्यंत कठिन कार्य था क्योंकि एनपीसीआईएल में पहली बार क्लैडेड पाइपों की योग्यता का कार्य करना था। तकनीक को वेल्डिंग व ऊष्मा उपचार हेतु आवश्यक अन्य उपकरणों के समतुल्य योग्य बनाने एवं कभी-कभी वेल्डरों को रशियन उपभोज्य वस्तुओं के साथ वेल्ड करने में लगभग एक वर्ष का समय लगा।

चित्र: पूर्ण किए जा चुके आरपीवी एन-5 वैल्ड ज्वाइंट्स

2. प्री-हीटिंग व ऊष्मा उपचार, विशिष्ट रूप से हमारे उपयोग हेतु प्रेरक ऊष्मा प्रणाली का विकास विशेषकर अत्यंत कठिन कार्य था, जिसे मुंबई स्थित एजेंसी द्वारा सफलतापूर्वक विकसित किया गया। अपेक्षित पैरामीटरों को प्राप्त करने हेतु इसका परीक्षण

आरपीवी एवं एसजी नोजल्स के फुल-स्केल मॉकअप पर किया गया, क्योंकि कुछ पैरामीटर अत्यंत कड़े थे, जिन्हें नियंत्रित किया जाना आवश्यक था। चूंकि ऊष्मा उपचार के पैरामीटर कठोर थे, इसलिए संपूर्ण चक्र के दौरान उपकरण का विफल होना स्वीकार्य नहीं है और इसलिए अतिरिक्त उपकरण तैयार रखना आवश्यक होता है, जिसे यथासंभव कम समय में प्रणाली से जोड़ना होता है। पीडब्ल्यूएचटी आरपीवी ज्वाइंट के मामले में, नोजल की भित्तिका, जिसकी मोटाई वेल्ड जोड़ पर 300 मि.मी. से 70 मि.मी. के बीच होती है और जिसे निमज्जन समय के दौरान कड़े तापमान की आवश्यकता होती है, में तापमान ग्रेडिएंट बनाए रखने के लिए आरपीवी के अंदर विशेष रूप से डिजाइन किए गए डिस्चार्ज हुड वाले 40000 मी^{3}/ प्रति घंटा क्षमता के शीतलन पंखों का संस्थापन किया गया।

3. कार्य-विशेष के लिए विशिष्ट रूप से खास प्रतिरोध ऊष्मा पैड व वांछित क्षमता की प्रणाली विकसित की गई।

4. आरटी तकनीक एवं फिक्चर्स विकसित करना एक और चुनौतीपूर्ण कार्य था, क्योंकि इसे इस प्रकार किया जाना था कि स्रोत को हानि न पहुँचे और उपस्कर/पाइप में प्रवेश जोड़ के पास हॉट कंडीशन में किया जाना था। हीटिंग ऐलीमेंट एवं रेडियोग्राफी स्रोत को किसी भी प्रकार की क्षति से बचाने तथा आरटी कार्य करने वाले कार्मिक को ज्वलन-क्षति से बचाने हेतु सभी आवश्यक व्यवस्थाएं की गईं।

5. आरपीवी नोजलों की वेल्डिंग के दौरान आरपीवी टॉप सीलिंग फेस को क्षैतिज बनाए रखना और 0.1 मि.मी के अंदर नियंत्रित रखना आवश्यक होता है एवं आरसीपी टॉप फेस को 0.5 मि.मी से कम रखना पड़ता है, जिसके लिए बार-बार वेल्डिंग अनुक्रम बनाना आवश्यक होता है। साथ ही पाइप के दूसरे छोर पर हो रही गतिविधि का नियंत्रण करना होता है, ताकि वेल्डिंग के समय गलत संरेखण एवं नोजल उपस्कर के साथ बेमेल से बचा जा सके।

6. उपस्कर के अंदर प्रवेश करने के लिए पूर्ण किए गए वेल्ड जोड़ों की क्लैडिंग अंदर से करना एक कठिन कार्य था, खासकर N1, N2, N3 व N7 जोड़ों में, क्योंकि इसे सीमित जगह में एवं प्रत्येक प्रकार के जोड़ हेतु विभिन्न रूपरेखाओं के जोड़ स्थानों पर करना था।

7. वेल्डिंग व वेल्ड मरम्मत एक और चुनौती थी क्योंकि उन्हें हॉट कंडीशन में और इस प्रकार करना पड़ा कि तापन एलिमेन्ट को क्षति न पहुँचे व कार्मिकों को चोट भी न पहुँचे। कुल जमा सामग्री की मात्रा में वेल्ड मरम्मत की संख्या बहुत अल्पतम (0.001% से कम) थी।

8. कार्य निष्पादन के दौरान आपूर्त किए गए वेल्डिंग इलेक्ट्रोड्स के संबंध में टेपर बर्निंग के रूप में समस्या सामने आई और उसका कार्यनिष्पादन के दौरान समाधान किया गया।

9. क्लोराइड्स व आर्द्रता पर सख्त नियंत्रण रखकर आवश्यक वातावरण को बनाए रखना एक चुनौतीपूर्ण कार्य था। इस कार्य को उच्च दक्षता कणिकीय अरेस्टेंस (हेपा) फिल्टरों वाले अस्थायी संवातन की व्यवस्था एवं रिएक्टर भवन (आरबी) के विभिन्न अंदरूनी क्षेत्रों व कम स्थान वाले अंदरूनी क्षेत्रों में शीत वायु की आपूर्ति करने वाले खास तौर पर प्रापण किए गए लचीले डक्ट वाले 48 TR के

वातानुकूलकों द्वारा सुनिश्चित किया गया।

10. ऊष्मा उपचार (प्रेरण व प्रतिरोध दोनों) के दौरान हुए उपस्कर विफलन एक वास्तविक चुनौती थी, जिसका यथासंभव अल्पतम समय में समाधान किया गया और इस प्रकार तकनीकी आवश्यकताओं के उल्लंघन को टाला गया। अन्यथा इस उल्लंघन के लिए रशियन फेडरेशन के डिजाइनर व मेटॅलर्जिकल संगठन से तकनीकी औचित्य व विश्लेषण की मांग की जाती। ऐसी स्थितियों से निपटने के लिए विशेष कार्य अनुदेश बनाए गए थे।

हर गतिविधि के लिए विस्तृत योजना तैयार करके विदेशी संगठन द्वारा उद्धृत लागत की 1/10वीं लागत से यह कार्य नियत समय-सीमा में सफलतापूर्वक निष्पादित किया गया।

एस. चंद्र शेखर, *वरिष्ठ कार्यकारी अभियंता यांत्रिक अभियांत्रिकी में बी.टेक. स्नातक हैं। उन्होंने वर्ष 2003 में एनपीसीआईएल ज्वाइन किया। उन्होंने केकेएनपीपी में रिएक्टर समूह में निष्पादन अभियंता के पद पर कार्य किया एवं नाभिकीय बाष्प आपूर्ति प्रणाली (एनएसएसएस) उपस्कर के इरेक्शन कार्य के साथ-साथ प्राथमिक शीतलन पाइपिंग कार्यों को संभाला। उन्होंने प्राथमिक लूप उपस्कर, पाइपिंग, वेल्डिंग, ऊष्मा उपचार से संबंधित कार्य एवं एनएसएसएस के प्रचलित रोधन में महत्वपूर्ण योगदान दिया है।*

एस. सरवनन, *यांत्रिक अभियंता ने वर्ष 1990 में एनपीसीआईएल, काकरापार परियोजना में ज्वाइन किया। आपने वर्ष 2001 में केकेएनपीपी गुणवत्ता आश्वासन समूह ज्वाइन किया व एनएसएसएस उपस्कर निरीक्षण गतिविधियों एवं रिएक्टर यूनिट 1व2 के पाइप लाइन उत्थापन कार्य में सम्मिलित थे। केकेएनपीपी एनएसएसएस प्रणाली घटकों के विनिर्माण के दौरान आपको रशियन फेडरेशन के इजहोरा संयंत्रों में क्यूएस कार्य हेतु छह माह के लिए प्रतिनियुक्त किया गया था। आपको अल्ट्रासॉनिक टेस्टिंग (पराश्रव्य परीक्षण) में एनडीटी स्तर-III प्रमाणीकरण प्राप्त है। आपने उत्पादन प्रबंधन में एमएस डिग्री भी प्राप्त की है।*

जयेश कुरवा, *बी.ई (यांत्रिकी) ने वर्ष 1989 में एनपीसीआईएल ज्वाइन किया व वर्ष 1991 तक केकेएनपीपी- 1व2 में और उसके बाद केएपीएस 1व2 में वर्ष 1999 तक कार्य किया। वर्ष 2004 से 2014 तक केकेएनपीपी के कार्यकाल के दौरान आप पर रिएक्टर भवन एवं सहायक भवन के अंदर उपस्कर व पाइप लाइनों के निर्माण एवं इरेक्शन का दायित्व था। डोम रेखीय संविरचन व उत्थापन के साथ-साथ मुख्य शीतलन पाइपलाइनों व एनएसएसएस पाइपलाइनों हेतु मोटी क्लैडेड पाइपों के संस्थापन एवं वेल्डिंग में आपका बड़ा योगदान रहा। आपको पीएसआई, आईएसआई, संरोधन परीक्षण, एनडीई के साथ-साथ रशियन फेडरेशन संहिताओं व मानकों का व्यापक अनुभव है। वर्तमान में आप एनपीसीआईएल मुख्यालय में अपर मुख्य अभियंता (भावी एलडब्ल्यूआर) हैं।*

केकेएनपीपी- 1व2 में द्वितीय-चक्र प्रणाली पाइप लाइन के वेल्डिंग कार्य में विरूपण एवं अवशिष्ट प्रतिबल नियंत्रण

आर. संतोष कुमार, वैज्ञानिक अधिकारी-ई (गु.आश्वा.), केकेएनपीपी-1व2, **आर. सुधाकरबाबू,** वैज्ञानिक अधिकारी-ई (गु.आश्वा.),केकेएनपीपी 1व2, **सुनील एम. पेलागडे,** वैज्ञानिक अधिकारी-ई (गु.आश्वा.), केकेएनपीपी 1व2

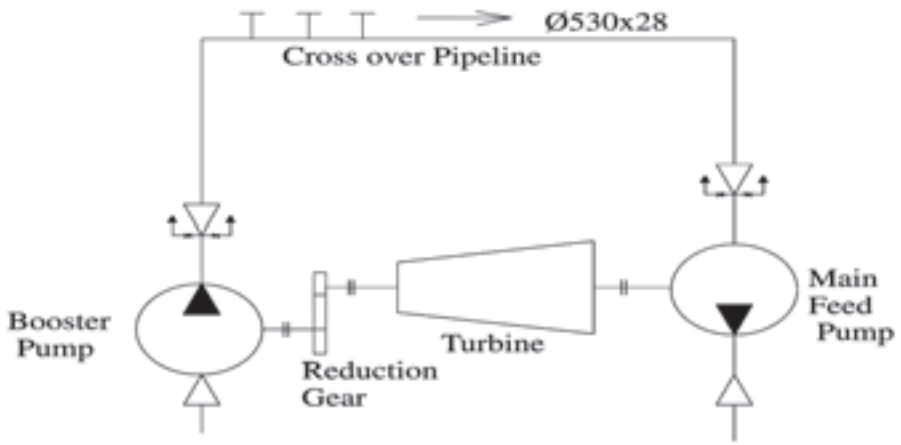
परिचय

द्वितीय चक्र के पाइप लाइन के हुक-अप जोडों की गतिशील उपकरणों की सहायता से वेल्डिंग के दौरान विरूपण एवं अवशिष्ट प्रतिबल पर नियंत्रण हमेशा से एक चुनौतीपूर्ण कार्य रहा है, विशेषकर जब ये उपकरण संघनन निष्कर्षण पंप, विद्युत चालित फीड पंप, टर्बाइन चालित फीड पंप एवं मुख्य वाष्प टर्बाइन हों। उपकरण की आयु को बढाने हेतु उपकरण के नॉजल पर विद्यमान तनाव को कम करने के लिए इन पर नियंत्रण करना आवश्यकहै।

इस आलेख में बूस्टर पंप एवं मुख्य फीड वाटर पंप के मध्य के पाइपिंग के अंतर्योजन के जटिल कार्य को प्रस्तुत किया गया है। आलेख के प्रारूप में यू-लूप पाइपिंग जो कि बूस्टर पंप से आरंभ होमुख्य फीड पंप में समाप्त होती है एवं जिसमें 8 पूर्व-संविरचित पाइपिंग ब्लॉक्स हैं, शामिल हैं। इन ब्लॉक्स का आयाम 530 mm व्यास एवं मोटाई 28 mm है। लूप में अंतिम हुक-अप ब्लॉक (ब्लॉक संख्या 5) को बिना इरेक्ट किए रख कर क्रमानुसार इन सभी ब्लाकों का इरेक्शन एवं वेल्डिंग कार्य पूर्ण किया गया। अंतिम हुक-अप ब्लॉक में क्रम से दो जोडों को इस प्रकार जोडना शामिल था कि उपकरण के नॉजल पर विरूपण एवं अवशिष्ट प्रतिबल स्वीकार्य सीमा के भीतर रहे। इस आलेख में विरूपण एवं अवशिष्ट प्रतिबल विरूपण करने के लिए किए गए प्रयासों की झलक भी है।

सारणी-1: पाइप लाइन के आयाम एवं स्थितियां

माध्यमः विलवणीकृत; (DM) जल	सामग्रीः 150°C (कार्बन स्टील)
प्रवाहः 30000 T/h	दबावः 25 kg/cm^2
बाह्य व्यासः 530 mm एवं मोटाई 28 mm	तापमानः k10.4T186°C
बूस्टर पंप के द्रव्यमान के कारण लोडः 8.2 T	पाइपलाइन का भारः 10.4 T

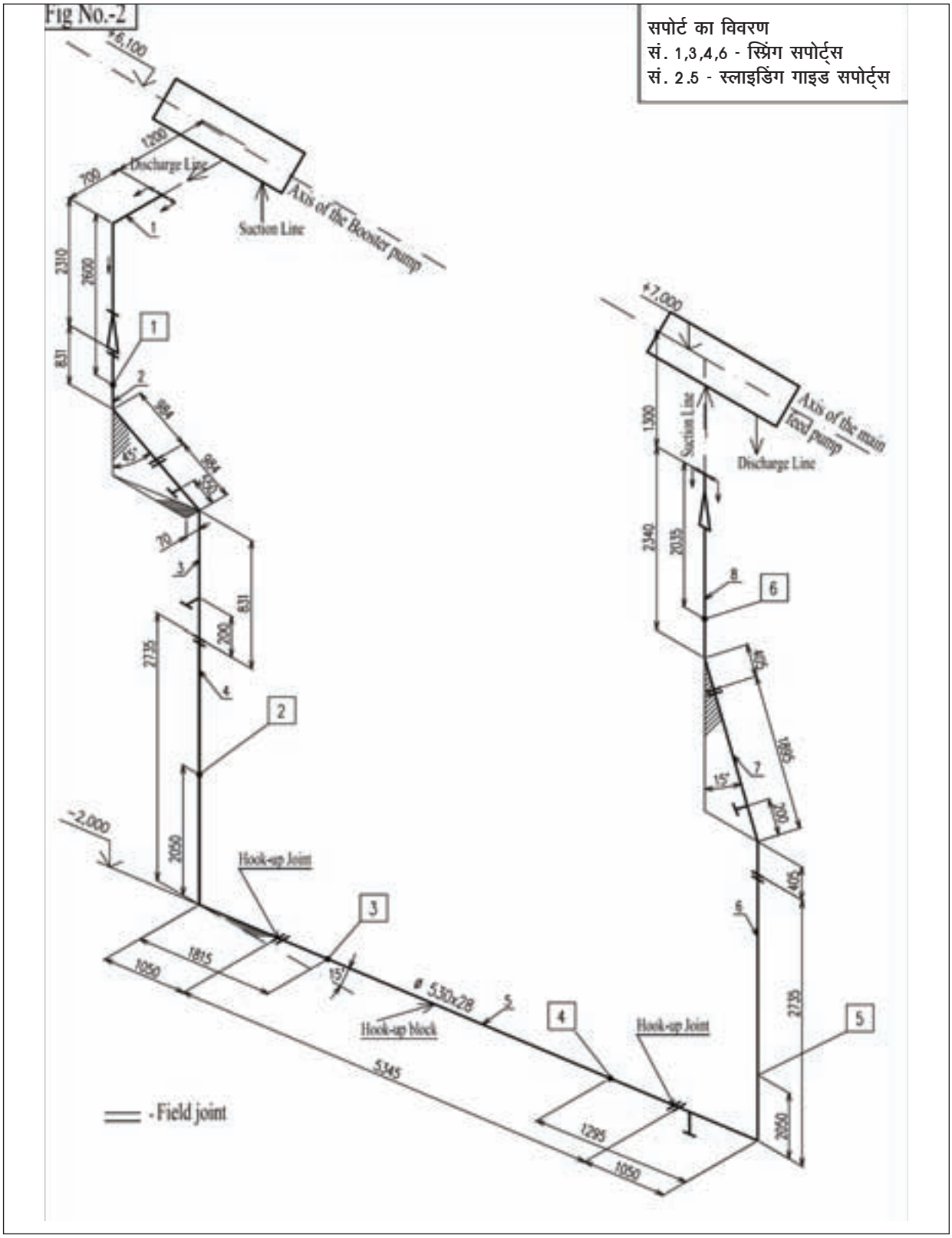


चित्र-1 पंप एवं उसकी अंतर्योजित पाइप लाइनों का आरेख

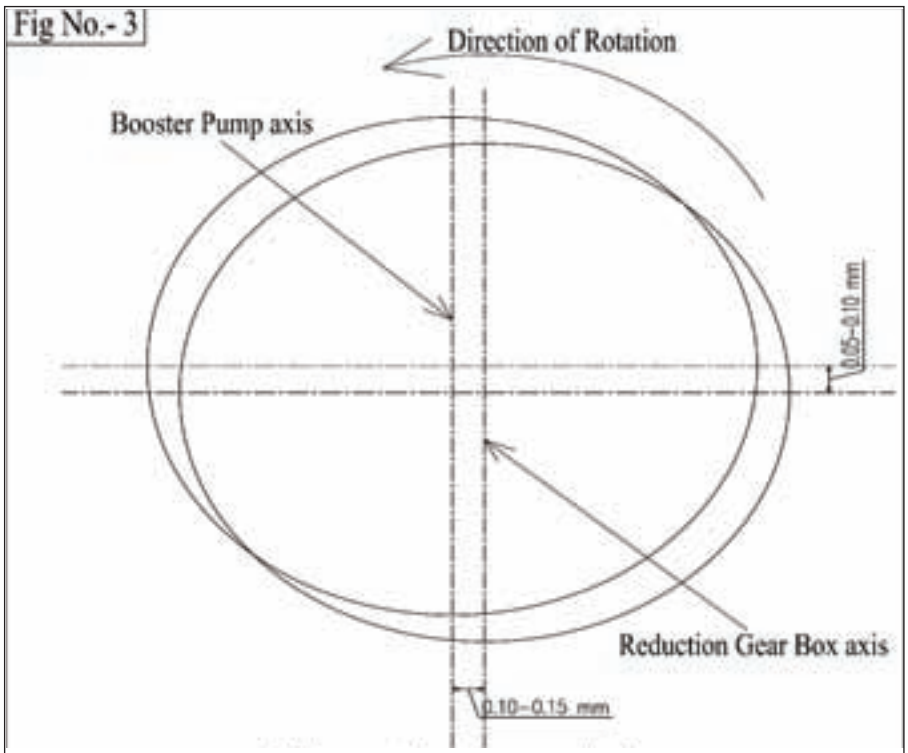
यहां उल्लिखित पाइप लाइन, फीड वाटर पाइप लाइन हैजो बूस्टर पंप को मुख्य फीड वाटर पंप से आरेख (चित्र 1) में दर्शाए गए अनुसार जोड़ती है। यह पाइप लाइन मुख्य फीड वाटर पंप के सक्शन नॉजल से जुडा होता है। लोड को स्ट्रक्चर तक हस्तांतरित करने के लिए पाइप लाइन पर दो गाइड-स्लाइंडिंग सर्पोर्ट एवं चार हैंगर सपोर्ट लगे होते हैं। पाइप लाइन के आयाम एवं स्थितियां, जो कि प्रचालन पर निर्भर होती हैं, सारणी-1 में दर्शाई गई हैं। पाइप लाइन का विस्तृत ले-आऊट चित्र-2 में दर्शाया गया है जो सपोर्ट एवं रूट की अवस्थिति दर्शा रहा है।

उद्देश्य

1) हुक-अप जोड़ों की वेल्डिंग के पश्चात पंप के अलाइनमेंट के लिए आवश्यक स्थितियां प्राप्त करना (चित्र-3 में यथानिर्देशित)



चित्र-2 बूस्टर पंप एवं मुख्य फीड पंप के मध्य अंतर्योजित पाइप लाइन का आरेख



Note:
The above requirements indicate the values for radial alignment.
The axial alignment values are 0.03mm (0.1mm per 1000mm length).

चित्र-3 पंप की अलाइनमेंट के लिए आवश्यक स्थितियां

सारणी - 1 पाइपिंग की मूल धातु के रासायनिक संघटक एवं भौतिक गुण-धर्म

ए) रासायनिक संघटक (wt %)

कार्बन	सिलिकॉन	मैगनीज	क्रोमियम	निकल	कॉपर	सल्फर	फास्फोरस
0.12-0.18	0.7-1.0	0.9-1.3	0.3 से ज्यादा नहीं	0.3 से ज्यादा नहीं	0.3	0.025	0.035

बी) यांत्रिक एवं भौतिक गुण-धर्म

UTS (MPa)	यील्ड प्वाइंट (MPa)	सापेक्षिक विस्तार	सापेक्षिक संकुचन (%)	कठोरता J/cm²	(20ºC) तापीय विस्तार की गुणकता	तापीय सुचालकता	तन्यता का मापांक
490 से कम नहीं	294	18	45	59	10.8E-6/ºK	36W/mK	200 GPa

2) पाइपलाइन एवं पंप के नॉजल में न्यूनतम अवशिष्ट प्रतिबल प्राप्त करना एवं पंप के मूल फ्रेम पर 100 किग्रा. के भीतर एक समान लोडिंग करना (अवशिष्ट प्रतिबल का संसूचक)

पूर्वापेक्षाएं

पूर्वापेक्षानुसार निम्नलिखित गतिविधियां संपन्न कराई गईः

1) हुक-अप जोड़ को छोड़ कर अन्य सभी जोड़ों को वेल्ड कर प्रयोज्य एनडीटी विधि से निरीक्षण किया गया तथा परिणाम संतोषजनक होने की पुष्टि की गई।

2) सभी सपोर्ट इरेक्ट किए गए एवं लॉक कंडीशन में रखे गए।

3) हुक-अप ब्लॉक्स की स्थापना पूर्ण की गई एवं इसे वेल्डिंग के लिए तैयार किया गया।

4) सटीक डायल गेज को स्थापित करने हेतु चित्र-4 में दर्शाई गई स्थिति निर्धारित की गई एवं उसकी स्थापना पूर्ण की गई। चित्र-5 में डायनमोमीटर्स की स्थापना के लिए भी स्थान का निर्धारण किया गया।

5) इस वेल्डिंग कार्य के लिए प्रयोज्य वेल्डिंग प्रक्रियाविधि विनिर्देशन (WPS) एवं प्रक्रियाविधि क्वालिफिकेशन रिकॉर्ड (PQR) की उपलब्धता सुनिश्चित की गई।

6) संबंधित कार्मिकों को अनुमोदित वेल्डिंग एवं इरेक्शन प्रक्रियाविधि विशेषकर अवशिष्ट नियंत्रण के संबंध में ब्रीफ किया गया।

7) विनिर्देशन के अनुसार योग्य वेल्डरों, उपभोज्य (लगने वाली) सामग्रियों एवं वेल्डिंग मशीनों की उपलब्धता सुनिश्चित की गई।

पाइपिंग की मूल धातु को समझना

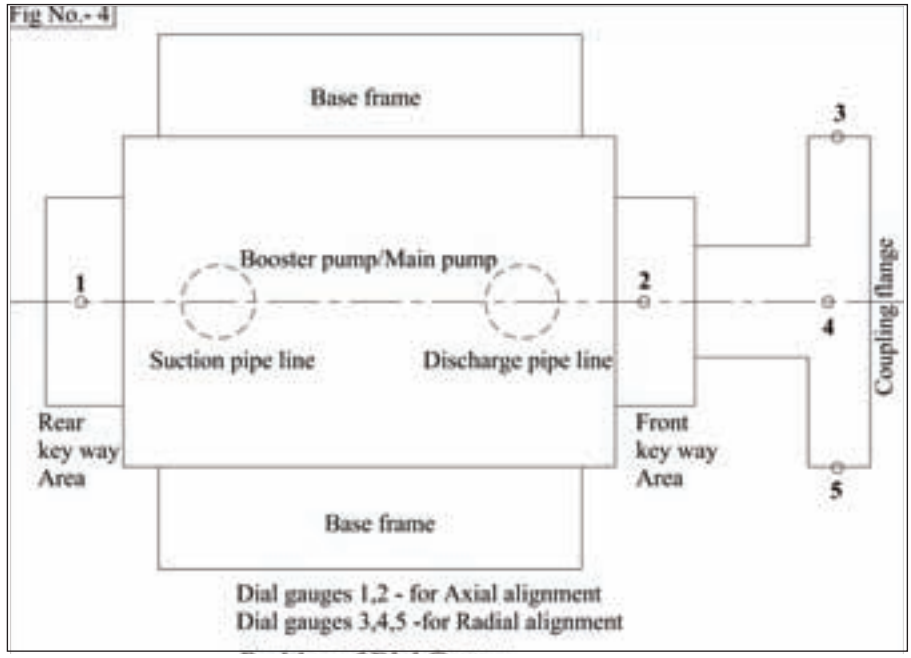
रशियन विनिर्देशन के अनुसार पाइपिंग सामग्री 15rc तब है। यह लो-अलॉय कार्बन स्टील की एक श्रेणी है। भौतिक एवं यांत्रिक विशेषताएं विकृति नियंत्रण क्षमता की सूचक होती हैं (देखें सारणी-1)।

विरूपण नियंत्रण के लिए अपनाए गए साधन

1) सभी वेल्ड जोडों के लिए चुने गए संयुक्त विन्यास जे-ग्रूव के थे (चित्र-6 के अनुसार)। जे-ग्रूव चुने जाने का आधार यह तथ्य था कि इससे न्यूनतम संकुचन तनाव उत्पन्न होगा, जिसके परिणामस्वरूप अंततः शून्य रूट अंतराल एवं न्यूनतम कटाव कोण; (15^0) के कारण न्यूनतम संकुचन तनाव होगा।

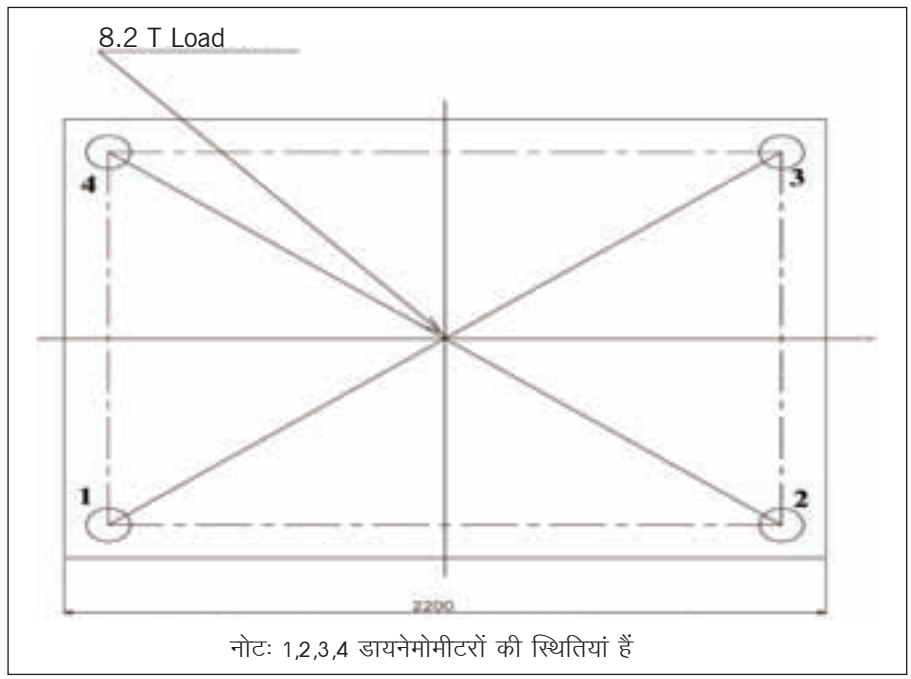
2) ब्लॉक संख्या 5 को छोड कर अन्य सभी ब्लॉकों की वेल्डिंग दोनों पर्पों के मुक्त नॉजलों में पूर्ण की गई। अंतिम हुक-अप जोड का स्थान नॉजल से काफी दूर था जिससे पंप नॉजल पर वेल्डिंग करते समय न्यूनतम तनाव उत्पन्न हुआ और इससे विकृति में

3) प्रथम दो सतहों के लिए अपनाई गई वेल्डिंग प्रक्रिया मैनुअल TIG थी एवं इसके पश्चात सभी सतहों के लिए मैनुअल SMAW प्रक्रिया अपनाई गई जिनसे वेल्डिंग के आरंभिक सतहों में न्यूनतम विरूपण हुआ। TIG प्रक्रियाविधि द्वारा फैली ताप स्रोत के रूप में कार्य करने के बजाय सांद्र ताप उत्पन्न हुआ जिससे कम विरूपण आई।



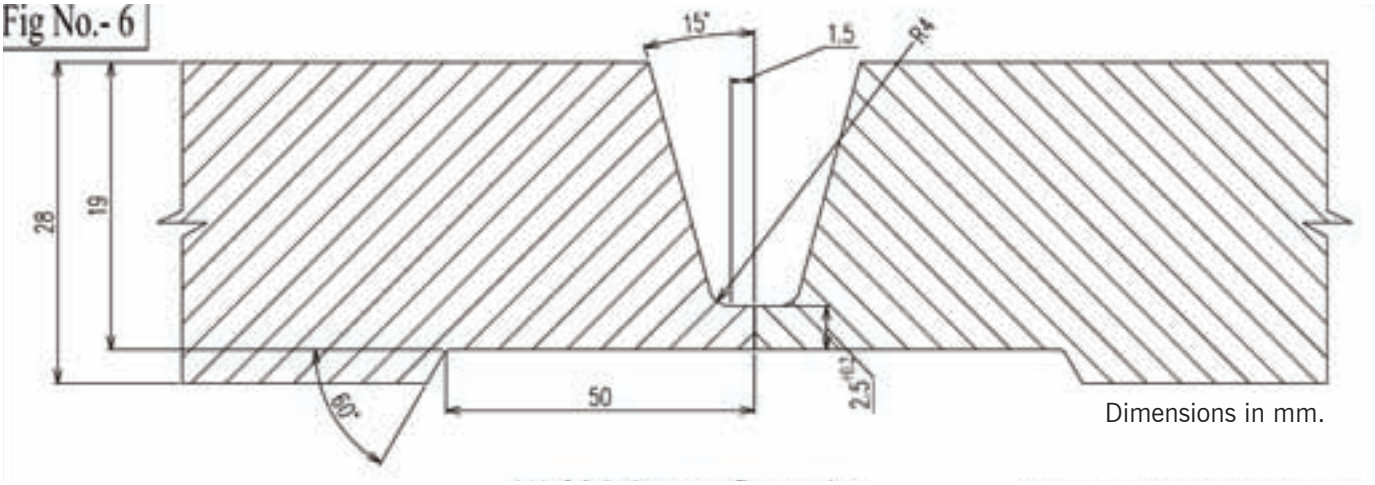
चित्र-4 डायल गेज की स्थिति

4) निम्नलिखित वेल्डिंग प्रक्रिया पैरामीटरों पर नियंत्रण के कारण विकृतियों को कम करने में सहायता मिली:

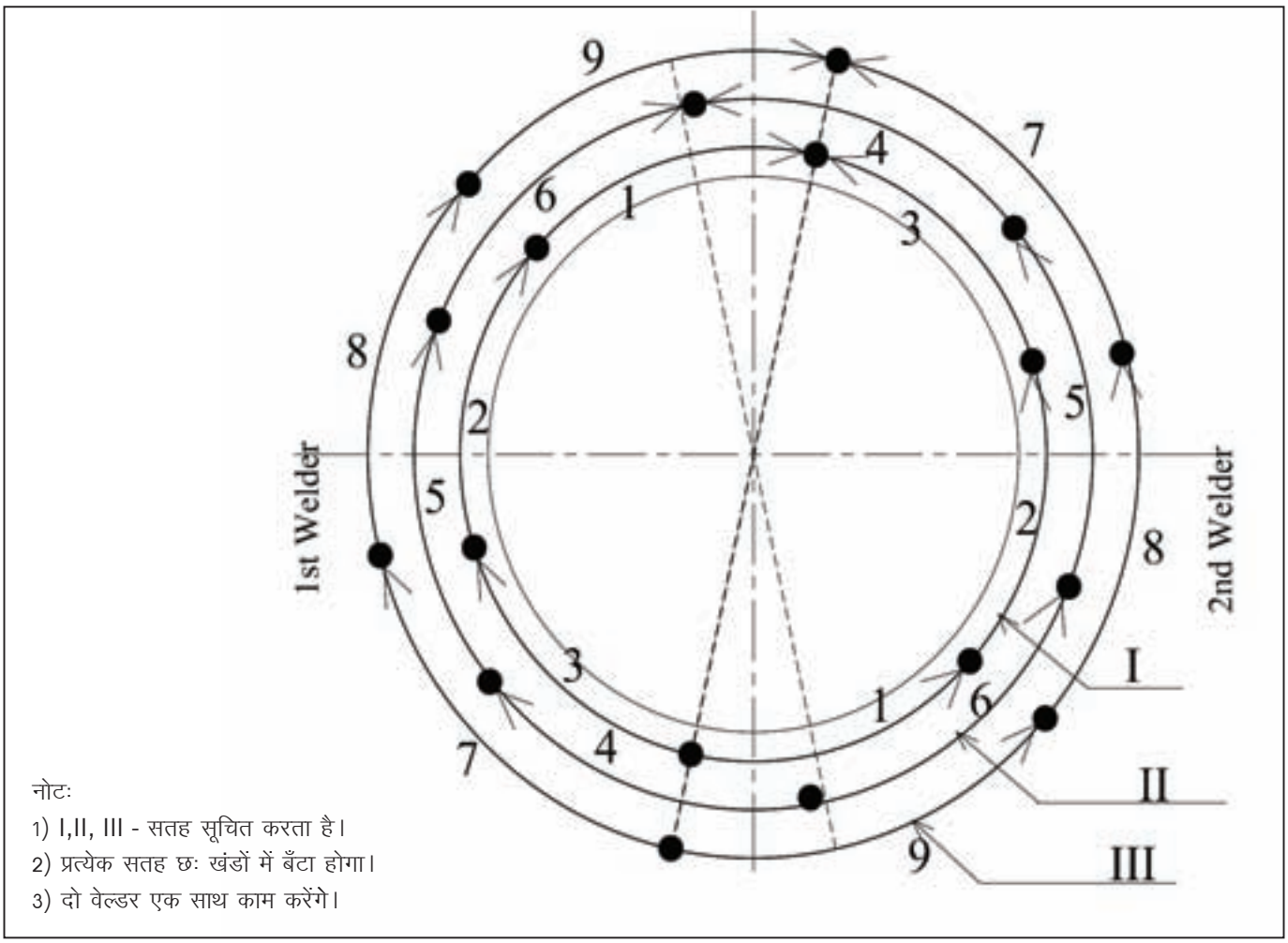


नोटः 1,2,3,4 डायनेमोमीटरों की स्थितियां हैं

चित्र-5 पंप के बेस फ्रेम पर डायनेमोमीटरों की स्थिति



चित्र-6 वेल्ड जोड विन्यास



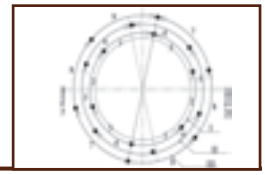
नोटः

1) I,II, III - सतह सूचित करता है।

2) प्रत्येक सतह छः खंडों में बँटा होगा।

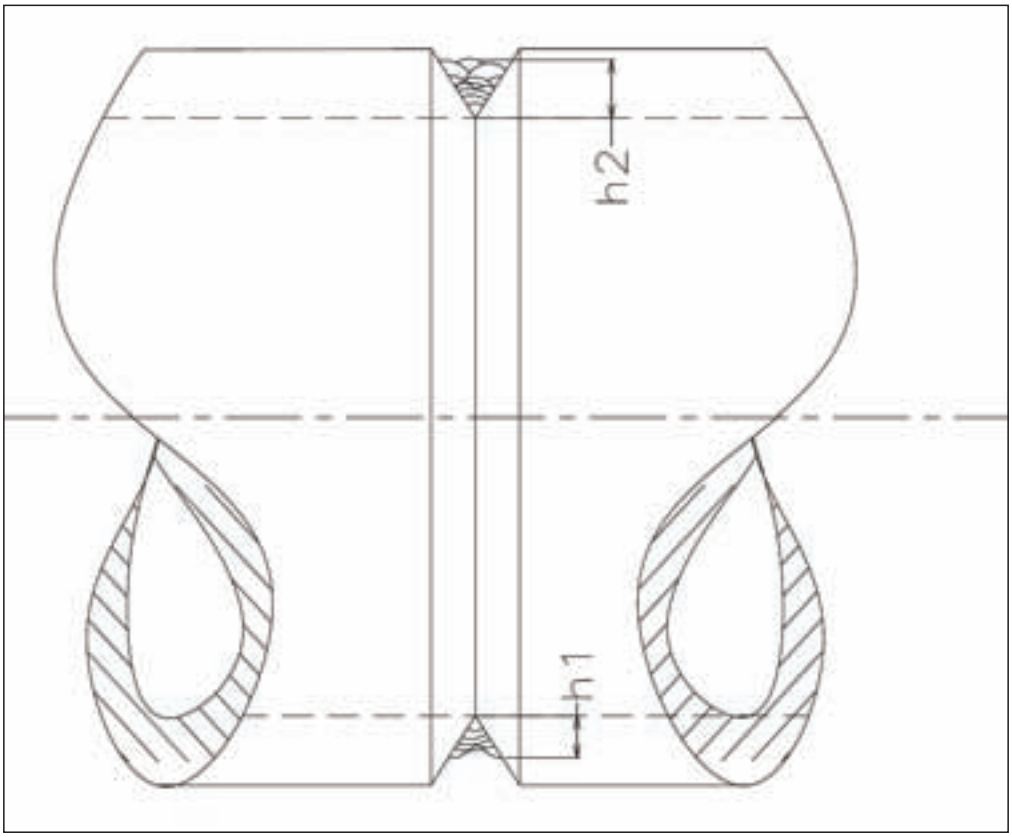
3) दो वेल्डर एक साथ काम करेंगे।

चित्र-7 अपनाए गए वेल्डिंग का क्रम



सारणी-1: गतिविधियों का क्रम

बूस्टर पंप, टरबाइन एवं फीड पंप शाफ्ट को डीकपल्ड स्थिति में रखना सुनिश्चित किया गया।
↓
टरबाइन के साथ पंप का प्री-अलाइनमेंट चेक सम्पन्न किया गया।
↓
सुनिश्चित किया गया कि हैंगर सपोर्ट का स्प्रिंग वेल्यू स्थापित (इरेक्टेड) है। इसके बाद सभी हैंगर सपोर्ट के स्प्रिंग को स्थिर करने के लिए लॉक कर दिया गया।
↓
आरंभ में एक जोड की वेल्डिंग की गई और दूसरे को दुरुस्त स्थिति में रखा गया तथा डायल गेज को लम्बवत, क्षैतिजीय एवं अक्षीय स्थिति में लगाया गया।
↓
चित्र-7 में यथानिर्देशित क्रम में TIG विधि का प्रयोग कर के जोड का रूट एवं हॉट पास बनाया गया। जोड को 6 भागों में बाँटा कर बैक-स्टेप वेल्डिंग क्रम के बाद पडने वाले विपरीत भाग में वेल्डिंग करने के लिए दो वेल्डरों को नियुक्त किया गया।
↓
रूट एवं हॉट पास के दौरान डायल गेज रीडिंग का सतत रूप से अनुवीक्षण कर रिकॉर्ड रखा गया। चित्र-3 में दर्शाई गई सीमा के परिप्रेक्ष्य में यह रीडिंग स्वीकार्य सीमा के भीतर रिकॉर्ड की गई।
↓
VT एवं PT नॉन-डिस्ट्रक्टिव टेस्टिंग; (NDT) विधियों का प्रयोग कर निरीक्षण संपन्न किया गया।
↓
50% वेल्डमोटाई प्राप्त करने के पश्चात अस्थायी क्लीट निकाल दिए गए।
↓
रेडियल अलाइनमेंट की आवश्यकताओंसे संबंधित डायलगेज रीडिंग में विचलन पाया गया।
↓
विचलन का कारण चित्र-8 में यथानिर्देशित असमान धातु डिपोजीशन होना पाया गया।
↓
जहाँ डिपोजीशन ज्यादा थी वहाँ छिद्र बनाने का कार्य कर के डिपोजीशन के कंडीशन को एक समान बनाया गया जिसके परिणामस्वरूप स्वीकार्य डायल गेज रीडिंग प्राप्त हुई।
↓
शेष 50% वेल्ड मोटाई के लिए भी वेल्डिंग कार्य आरंभ किया गया, यह समाप्त होने तक अथवा डायल गेज रीडिंग के विकृति की स्वीकार्य सीमा के पार होने तक डिपोजीशन में समान क्रम एवं एकरूपता का पालन किया गया।
↓
वेल्डिंग कार्य पूर्ण होते ही एनडीटी (VT, PT, RT, UT) का प्रयोग कर के वेल्ड की जाँच की गई।
↓
जोड के प्रत्येक सतह के बाद डायल गेज का अनुवीक्षण करते हुए अन्य जोडों के लिए भी समान क्रम का अनुपालन किया गया।
विभिन्न एनडीटी विधियों (VT, PT, RT, UT) का प्रयोग कर के अन्य जोडों के भी वेल्ड का निरीक्षण किया गया।
↓
डायनमोमीटर्स का प्रयोग कर के पंप के बेस फ्रेम पर लोडिंग की जाँच की गई एवं यह पाया गया कि रीडिंग में अंतर स्वीकार्य सीमा से काफी कम है। जिससे पुष्टि होती है कि तनाव स्वीकार्य सीमा के भीतर है।



चित्र-8 वेल्ड डिपोजिशन में भिन्नता के कारण विरूपण

- इलेक्ट्रोड व्यास (अधिकतम 4 mm)
- इंटरपास तापमान (अधिकतम 120^0)
- ताप फैलने से कम करने के लिए वेल्डिंग की गति पर नियंत्रण
- पासेस/सतहों की न्यूनतम संख्या
- प्रत्येक पास का गठन इलेक्ट्रोड के व्यास के 3 गुना से ज्यादा नहीं था।
- प्रत्येक सतह की ऊँचाई 6-10 mm के मध्य थी।
- परतों के बीच के आरंभिक बिंदु 16 mm से 20 mm तक पृथक/दूर था।

5) वेल्डिंग के पूर्व वेल्ड पर क्लीट का प्रयोग कर के नियंत्रण (रीस्ट्रेंट) लगा दिया गया था। नियंत्रण लगाने से विरूपण की मात्रा में कमी आई। जोड को फिट-अप स्थिति में लाने के लिए कुल छः क्लीट का प्रयोग किया गया।

6) सर्कुलर बट वेल्ड में विरूपण का प्रमुख कारण अनुप्रस्थ संकुचन है। अनुप्रस्थ संकुचन पर नियंत्रण करने के लिए बैक-स्टेप वेल्डिंग क्रम के साथ-साथ सममिति वेल्डिंग की गई। चरणबध्द अलगोरिथम पर आधारित अपनाई गई क्रमबध्द गतिविधियां सारणी-1 में उल्लिखित हैं।

7) वेल्ड की गई सभी जोड़ों का एनडीटी परीक्षण किया गया था। 100% स्कोप के साथ निरीक्षण के लिए अपनाई गई विधियां VT, PT, RT एवं UT थी। अत्यधिक कुशलताप्राप्त वेल्डरों द्वारा जोडों की वेल्डिंग की गई थी एवं इसके लिए प्रक्रियाविधि का सख्ती से पालन किया गया था ताकि बाद में वेल्ड की मरम्मत की आवश्यकता ही न पडे। गाऊजिंग एवं मरम्मत के कारण ही जोडों में संकुचन विरूपण होता है।

निष्कर्षः

निम्नलिखित कार्य संतोषजनक रूप से पूर्ण करते हुएअंतिम हुक-अप ब्लॉक के दोनों जोडों की वेल्डिंग संपन्न की गईः

ए) पंप कपलिंग के अक्षीय एवं कोणीय अलाइनमेंट की आवश्यकताओं को पूरा किया गया।

बी) NDTs कर दोनों वेल्ड जोडों की जांच की गई एवं विनिर्देशन की आवश्यकताओं की पूर्ति होने से स्वीकार्य पाया गया। पाइप लाइन एवं टरबाइन, जनरेटर, कंडेसर ऑक्जीलरी सिस्टम का इरेक्शन एवं कमिशनिंग, जिसमें पाइपिंग एवं उपकरण भी शामिल है, के कार्य का अनुभव है।

सी) पंप के बेस फ्रेम पर एक समान लोडिंग पाई गई एवं लोड वैल्यू विनिर्देशित सीमा (100 kg) के भीतर था।

डी) लोड रन, लोड टेस्ट एवं पंप का उत्तरवर्ती प्रचालन संतोषजनक पाया गया।

संदर्भ

1) ASM हैंडबुक वाल्यूम-6

2) आर. एस. परमार कृत वेल्डिंग इंजीनियरिंग एंड टेक्नोलॉजी

3) निर्माता का दस्तावेज एवं वर्किंग ड्राइंग।

आर. संतोषकुमार *ने अभियांत्रिकी में डिप्लोमा पूर्ण करने के पश्चात वर्ष 2007 में केकेएनपीपी 1 व 2 में कार्यभार ग्रहण किया। उन्हें केकेएनपीपी 1 व 2 के गुणवत्ता आश्वासन अनुभाग में नियमित गुणवत्ता आश्वासन संबंधी गतिविधियों जैसे कॉमन सर्विस सिस्टम के इनडोर एवं आऊटडोर पाइपिंग तथा उपकरणों, सी-वाटर सिटम उपकरण एवं सी-वाटर पंप हाऊस तथा क्लोरीफिकेशन संयंत्र में पाइप लाइनएवं टरबाइन, जनरेटर, कंडेसर ऑक्जीलरी सिस्टम का इरेक्शन एवं कमिशनिंग, जिसमें पाइपिंग एवं उपकरण भी शामिल है, के कार्य का अनुभव है।*

आर. सुधाकर बाबू, *यांत्रिकी अभियंता ने वर्ष 2007 में केकेएनपीपी 1 व 2 में पदभार ग्रहण किया था। उन्हें केकेएनपीपी 1 व 2 में निर्माणावधि में विभिन्न उपकरणों तथा प्रणालियों पर कार्य करने का काफी अनुभव है। वे केकेएनपीपी 1 व 2 में आरंभिक निर्माण संबंधी गतिविधियों से ले कर विभिन्न उपकरणों एवं प्रणालियों की कमिशनिंग गतिविधियों में भी कार्यरत रहे।*

सुनील एम. पेलागडे, *अभियांत्रिकी स्नातक ने अपने इंडक्शन प्रशिक्षण के लिए वर्ष 2003 में एनपीसीआईएल प्रशिक्षण विद्यालय ज्वाइन किया था। तापबिघ 3 व 4 में अपने आरंभिक वर्ष गुजारने के पश्चात उनका स्थानांनतरण केकेएनपीपी हो गया, जहां उन्होंने गुणवत्ता आश्वासन अभियंता के रूप में गुणवत्ता आश्वासन अनुभाग में पदभार गहण किया। उन्हें प्री-फैब्रिकेशन, इरेक्शन, क्रेन, हॉइस्ट, ट्रॉली एवं एलीवेटरों का निरीक्षण एवं परीक्षण का अनुभव है। वे केकेएनपीपी 1 व 2 में विभिन्न उपकरणों एवं प्रणालियों; M-3 पैकेज के इरेक्शन एवं कमिशनिंग के लिए गुण. आश्वा. अभियंता रहे हैं। उन्होंने वर्ष 2012 में ''यंग एक्जिक्यूटिव पुरस्कार'' भी प्राप्त किया है।*

केकेएनपीपी-1 व 2 में समुद्री जल पाइप लाइनों की आंतरिक कोटिंग

बी. शंकरनारायण, अपर मुख्य अभियंता; (बीओपी) केकेएनपीपी 3 व 4

परिचय

केकेएनपीपी 1 व 2 के कंडेसर, एसेंशियल एवं नॉन-एसेंशियल प्रक्रिया लोड के लिए कूलिंग वाटर समुद्र (मन्नार की खाडी) से मत्स्य संरक्षण सुविधायुक्त एक इनटेक के माध्यम से लिया जाता है। समुद्र तट से 1.2 किमी की दूरी से लिया जाने वाला समुद्र जल मत्स्य संरक्षण सुविधा से हो कर जाने वाली एक भूमिगत सुरंग (UPN) एवं एक फोर-बे (UPU) से गुजरते हुए कंडेसर कूलिंग वाटर पंप (PAC) एसेंशियल लोड कूलिंग वाटर पंप (PEC) एवं नॉन-एसेशियल लोड कूलिंग वाटर पंप (PCC) के चूषण (सक्शन) पंप तक पहुँचता है। संयंत्र की विभिन्न कूलिंग आवश्यकताओं की पूर्ति के लिए ये पंप समुद्र जल की आपूर्ति करते हैं। समुद्र जल पंप हाऊस के भीतर एक पृथक भवन जिसे UQC कहा जाता है, के भीतर एसेंशियल लोड कूलिंग वाटर पंप (PEC) स्थित होते हैं, एवं इसी प्रकार UQA नामक भवन के भीतर नॉन-एसेंशियल कूलिंग वाटर पंप (PCC) तथा कंडेसर कूलिंग वाटर पंप स्थित होते हैं।

कंडेसर कूलिंग वाटर पंप (PAC) 2200 मिलीमीटर व्यासकार्बन स्टील (CS) भूमिगत पाइप लाइनों जिनमें आंतरिक कोटिंग होती है, का प्रयोग कर टरबाइन भवन तक मुख्य कंडेसर कूलिंग के लिए समुद्री जल की आपूर्ति करता है। एसेंशियल लोड कूड कूलिंग वाटर पंप CS पाइप लाइन, जिसमें (टनल के भीतर लगी हुई) आंतरिक कोटिंग होती है, के द्वारा रिएक्टर भवन में शट डाऊन कूलिंग आदि जैसे अनिवार्य सेफ्टी लोड की देखभाल एवं संरक्षा भवन (UKD) में इमरजेंसी डीजल जनरेटर कूलिंग एवं सेफ्टी चिलर कूलिंग की देखभाल करने हेतु समुद्री जल की आपूर्ति करता है। नॉन-एसेंशियल कूलिंग वाटर पंप (PCC) भूमिगत HDPE पाइप लाइनों/ CS पाइप लाइनों, जिनमें आंतरिक कोटिंग होती है, के माध्यम से टरबाइन में नॉन-सेफ्टी चिलर, कंप्रेसर एवं अन्य नॉन-एसेंशियल लोड को तथा अन्य भवनों को समुद्री जल की आपूर्ति करता है।

समुद्रीजल पाइपों का संक्षारण से संरक्षण

संक्षारणरोधी संरक्षण के आधार पर समुद्री जल प्रणाली पाइपों की डिजाइन और आपूर्ति को निम्नानुसार श्रेणीबध्द किया जा सकता हैः

1) एसेंशियल लोड पाइप लाइन (PEB) कंडेसर कूलिंग एवं नॉन-एसेंशियल पाइप लाइन

ए) 600 मिमी. व्यास से ज्यादा का पाइप CS पाइपों से बना होता है एवं उनमें आंतरिक कोटिंग एवं बट वेल्ड जोड होता है।

बी) एसेंशियल लोड पाइप लाइनों के लिएः 600 मिमी से ले कर 200 मिमी तक केव्यासवाला पाइप सीएस पाइप का बना होता है जिनमें आंतरिक कोटिंग होती है एवंबटवेल्ड जोड (जोड पर कोई कोटिंग नहीं) पर एनॉडिक प्रोटेक्टर (सेक्रिफिशियल एनॉड) लगा होता है।

सी) अन्य पाइप लाइनों के लिएः 600मिमी से कम व्यास वाली पाइप लाइन CS पदार्थ से बनी होती है एवं इसमें आंतरिक कोटिंग तथा कोटिंग फ्लैंज जोड (कोटयुक्त) होता है।

डी) 108 से 14 मिमी आकार वाली पाइप लाइन जो कि टयूब की तरह होती है, टाइटेनियम से निर्मित होती है।

सभी CS पाइप में, आंतरिक कोटिंग

कोपेन हाइकोट 162HB विलायक मुक्त 1000 माइक्रोमीटर की मोटाई तक के दो भागों में इपॉक्सी कोटिंग प्रणाली से की जाती है। यह प्रणाली समुद्री जल प्रणाली के कार्यकारी/कार्यमूलक ड्राइंग की आवश्यकतानुरूप प्रयोज्य है।

कोटिंग प्रणाली की चयन प्रक्रिया

रशियन फेडरेशन (RF) डिजाइनर ने समुद्री जल पाइप लाइन की आंतरिक/भीतरी सतह आरएफ मानकों के अनुरूप 'PLOAK EP-21' से कोट किया जाना विनिर्दिष्ट किया है। विनिर्दिष्ट कोटिंग का जीवनकाल 40 वर्ष है। भारतीय/अंतरराष्ट्रीय बाजार में उपलब्ध समतुल्य कोटिंग प्रणाली की तलाश की गई एवं उपयुक्त कोटिंग प्रणाली की पहचान की गई।

विभिन्न कोटिंग प्रणालियों का निरीक्षण करने एवं अपनी रिपोर्ट प्रस्तुत करने के लिए कार्यान्वयन, गुणवत्ता एवं क्षेत्र अभियांत्रिकी विभाग के कार्मिकों को मिला कर एक समिति का गठन किया गया था। समिति ने विभिन्न पैरामीटरों का विश्लेषण करने के पश्चात रशियन डिजाइनर के अनुमोदन के लिए निम्नलिखित कोटिंग प्रणाली की संस्तुति की:

1) विभिन्न अनुप्रयोगों पर आधारित 500 से 1000 माइक्रोन मोटाई युक्त एक दो घटकों वाला विलायक मुक्त इपॉक्सी कोटिंग प्रणाली-कोपेन हाइकोट 162 HB

2) 2000 माइक्रोन मोटाई युक्त-100: ठोस, हाई बील्ड पॉलीयूरेथेन

उपर्युक्त दोनों प्रणालियों के लिए RF डिजाइनर का अनुमोदन लिया गया था।

कंडेंसर कूलिंग वाटर पाइप लाइन की आंतरिक कोटिंग

पंप हाऊस (UQA) में स्थापित कंडेंसर कूलिंग वाटर पंप टरबाइन भवन से लगे हुए कंडेंसर को 2200 मिमी व्यासवाले कंक्रीट पाइप लाइन के द्वारा 12 मिमी CS लाइनर की सहायता से समुद्री जल की आपूर्ति करता है। पाइपलाइन भूमिगत है एवं CS पाइप में संक्षारणरोधी कोटिंग की गई है। केकेएनपीपी में पहली बार 2200 मिमी व्यास की CS पाइप की आंतरिक कोटिंग कोपेन हाइकोट 162 HB प्रारंभ की गई। प्रक्रिया का संक्षिप्त विवरण निम्नानुसार है:

कोटिंग प्रणाली की प्रक्रिया जांच

एक सार्वजनिक निविदा के माध्यम से कोटिंग का कार्य एक स्थानीय ठेकेदार को सौंपा गया जिसने ई-वुड लिमिटेड, इंग्लैंड से कोपेन हाइकोट कोटिंग का प्रापण किया। निविदा के विनिर्देशन में कोटिंग की तकनीकी आवश्यकताओं एवं अनुप्रयोगों के विषय में स्पष्ट उल्लेख किया गया था। कोटिंग प्रणाली की पूर्व-योग्यता एवं अनुप्रयोग प्रक्रियाविधि का निर्धारण प्रमुख आवश्यकताएं थीं। ई-वुड लिमिटेड द्वारा आपूर्ति की गई कोटिंग सामग्री को IIT चेन्नई जैसी विभिन्न प्रयोगशालाओं में परीक्षण के लिए भेजा गया था। किए गए परीक्षण की प्रक्रिया जांच रिपोर्ट (PQR) निम्नानुसार है:

ए) समुद्री जल अनुप्रयोग की संगतता।

बी) जल वाष्प पारगम्यता।

सी) संघात प्रतिरोध।

डी) संपीडनता।

ई) संकुचन योग्य विस्तारण

एफ) तन्यता।

जी) अपघर्षण प्रतिरोध।

एच) अपक्षय की तीव्रता।

आई) जल अवशोषण।

जे) साल्ट स्प्रे/साल्ट फोम प्रतिरोधी

के) कैथोडिक डिस्बैंडमेंट।

एल) स्क्रब प्रतिरोध।

एम) आर्द्रता प्रतिरोध।

एन) जीवाणु प्रतिरोध।

ओ) मोल्ड प्रतिरोध।

पी) स्क्रैच प्रतिरोध।

क्यू) ज्वाला/लपट फैलने से प्रतिरोध।

परीक्षण रिपोर्ट के परिणामों के आधार पर कोटिंग एवं साथ में अनुप्रयोग की विधि को योग्य पाया गया। प्रक्रियाविधि भी उपर्युक्त के आधार पर ही निर्धारित की गई।

पाइपों के सतह की तैयारी

पाइपों की आंतरिक सतह बजरी को आईएसओ 8501-1 के अनुसार ऊपरी सतह SA 21/2) तक लौह कणों (ग्रिट-G16) से ग्रिट ब्लास्टकिया गया। चूंकि पाइप का व्यास 2200 मिमी था इसलिए मैनुअल ग्रिट ब्लास्टिंग अपनाया गया, जिसमें पाइप का वेल्ड जोड भी शामिल था। प्रेस 'O' फिल्म का प्रयोग कर 75 माइक्रोन के सर्फेस एंकर प्रोफाइल के लिए ब्लास्ट सर्फेस का परीक्षण किया गया जिसके अंतर्गत प्रोफाइल का मापन एवं रिकॉर्ड किया गया। सतह पर क्लोरीन संदूषण परीक्षण भी किया गया।

कोटिंग का अनुप्रयोग

कोपेन हाईकोट दो घटकों वाली ऐसी कोटिंग प्रणाली है, जिसके घटक 35-65°C के बीच की ऊष्म अवस्था में मिश्रित किए जाने होते हैं। बेस और एक्टीवेटर को 2:1 के अनुपात में मिश्रित किया जाना होता है। पाइप की आंतरिक सतह पर ऊष्मन करने, मिश्रण करने एवं कोटिंग लगाने के लिए प्लूरल फीड हॉट एयरलेस स्प्रे पेंटिंग मशीन का प्रयोग किया गया। स्प्रे गन का प्रयोग करते हुए कोटिंग को मैनुअली लगाया गया। पाइप की आंतरिक सतह पर 500 माइक्रोन्स का एक एकल कोट लगाया गया।

कोट की गई सतह का क्षेत्र परीक्षण

अनुमोदित गुणवत्ता आश्वासन योजना

पीएबी पाइपलाइन असेम्बली

(QAP) के अनुसार कोट की गई सतह पर निम्न क्षेत्र परीक्षण किए गए:

1) कोटिंग की नम (वेट) फिल्म की मोटाई।

2) कोटिंग की शुष्क (ड्राई) फिल्म की मोटाई।

3) कोटिंग की चिपकने की शक्ति का पता लगाने के लिए आसंजक (एढेसिव) परीक्षण।

4) छूटी हुई कोटिंग का पता लगाने के लिए होलीडे परीक्षण।

5) पाइप की सतह (shore) का कठोरता परीक्षण।

इन परीक्षणों में यदि कोई त्रुटि पाई जाती है तो पुनः कोटिंग की जाती है। अनुमोदित प्रक्रिया के अनुसार छूट गए (होलीडे) क्षेत्र/कम मोटाई वाले क्षेत्र में सतह को खुरदरा बना कर 50 मिमी X 50 मिमी या इससे अधिक क्षेत्र की ओवर कोटिंग की जाती है।

कोट की गई सतह का आवधिक परीक्षण

वर्ष 2004 में एसेंशियल कूलिंग वाटर सिस्टम की PAB पाइप लाइनों की कोटिंग की गई थी। 2009 में इकाई 1 की PAB पाइप लाइनें समुद्र जल से भर गई थीं। इस कोटिंग का आवधिक रूप से परीक्षण किया गया तथा इसे अच्छी स्थिति में पाया गया। 2014 तक इन बडे व्यास की पाइपों में कोई समस्या नहीं आई।

एसेंशियल एवं नॉन-एसेंशियल कूलिंग वाटर की पाइप लाइनों की आंतरिक कोटिंग

इस समुद्र जल प्रणाली में 80-1100 मिमी के व्यास के CS पाइप लगे हैं। संरक्षा

केकेएनपीपी-1व2 के ब्रेक वाटर डाइक का हवाई चित्र

केकेएनपीपी-1व2 के ब्रेक वाटर डाइक का हवाई चित्र

संबंधी क्षेत्र में 150 मिमी व्यास से नीचे के टाइटेनियम पाइपों का एवं अन्य क्षेत्रों में 80 मिमी व्यास से नीचे के क्षेत्रों में टाइटेनियम पाइपों का प्रयोग किया गया।

साइट ग्रिट ब्लास्टिंग एवं पेंटिंग शॉप

केकेएनपीपी में पाइप लाइनों की आंतरिक कोटिंग के लिए अनुप्रयोक्ता (ठेकेदार) ने एक ग्रिट ब्लास्टिंग एवं पेंटिंग शॉप स्थापित की। इस शॉप में वैक्यूम क्लीनिंग सेट-अप वाली एक सेमी-ऑटोमेटिक ग्रिट ब्लास्टिंग मशीन थी। अनुलग्नक-1 में चित्रों में शॉप की व्यवस्था तथा आंतरिक सतह पर कोटिंग का अनुप्रयोग दिखाया गया है।

मशीन प्लेटफार्म पर पाइप स्थिर रूप से रखा हुआ है एवं इसका नॉजल पाइप के भीतर घूम-घूम कर अक्षीय रूप से संचलन करता है तथा भीतरी सतह पर ग्रिट को ब्लास्ट करता है। दूसरे छोर परग्रिट एवं डस्ट को वैक्यूम का प्रयोग कर दूर किया गया। इस मशीन का प्रयोग कर 750 मिमी तक के व्यास वाली पाइपों को ब्लास्ट किया गया। इससे ज्यादा व्यास वाली पाइपों में मैनुअल रूप से ब्लास्टिंग की गई।

आईएसओ 8501-1 के अनुसार SA 21/2 तक का सरफेस फिनिश प्राप्त कर लिया गया। प्राप्त की गई सरफेस प्रोफाइल (रफनेस) 60 से 75 माइक्रोन की थी। शॉप में निम्नलिखित परीक्षण किए गए :

1) ब्लास्टिंग के पश्चात ब्लास्टकिए गए ग्रिट सरफेस की फिनिश का मानक तुलनकारी से परीक्षण किया गया एवं तत्पश्चात एनपीसीआईएल को सौंपा गया।

2) प्रेस 'ओ' फिल्म की सहायता से सतह के खुरदरेपन (रफनेस) की जाँच की गई।

3) सतह पर क्लोरीन के संदूषण का परीक्षण भी किया गया।

पेंटिंग मशीन का उद्घाटन

आंतरिक कोटिंग मशीन

स्वीकार्य स्तर की सतह के ग्रिट ब्लास्टिंग के पश्चात क्रेन का प्रयोगकर के पाइप को आंतरिक कोटिंग मशीन तक स्थानांतरित किया जाएगा। आंतरिक कोटिंग मशीन भी सेमी ऑटोमेटिक है जिसमें पाइप को एक स्थिर प्लेटफार्म पर रखा जाता है एवं पेंटिंग नॉजल पाइप के भीतर जा कर एक घूमने वाले स्प्रे नॉजल की सहायता से सतह को कोट करता है। बेस एवं एक्टीवेटर के रूप में कोटिंग दो घट कों को ग्रहण करता है। इन्हें एक ड्रम से प्राप्त किया जाता है जो कि पेंटिंग मशीन में पहले से ही तापित रहता है एवं दोहरे फीड हॉटप्लूरल स्प्रे उपकरण से जुडा होता है।

घटकों की आपूर्ति सही अनुपात एवं तापमान में होती है तथा इन्हें उपकरण में मिश्रित कर के घूमने वाले नॉजल में पंप कर दिया जाता है। नॉजल घूमता है एवं सतह पर पेंट को कोट कर देता है। कोटिंग की मोटाई नॉजल के चलने एवं घूमने की गति से प्राप्त होती है। न्यूनतम 1000 माइक्रोन मोटाई की कोटिंग की जाती है। कोटिंग की मोटाई नम (वेट) अवस्था में मापी जाती है एवं यह 1000 से 1300 माइक्रोन के भीतर रहती है।

कोटिंग का क्षेत्र परीक्षण

इसकी प्रक्रियाविधि कंडेसर कूलिंग वाटर पाइप लाइनों पर प्रयोज्य प्रक्रियाविधि के समान ही है।

परिशिष्ट 1: ए) विलायक - मुक्त द्रव हपॉक्सी के साथ पाइप कोटिंग

आंतरिक शॉट ब्लास्टर

आंतरिक शॉट ब्लास्टिंग

एक्टिवेटर एवं बेस की हीटिंग व मिक्सिंग

आंतरिक कोटिंग बूम

आंतरिक कोटिंग

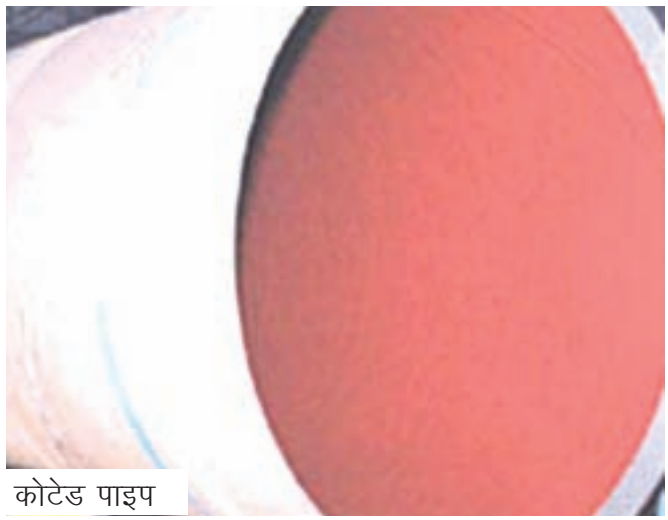
आंतरिक कोटिंग

बी) कोटेड पाइपों का परीक्षण और स्टैकिंग

आंतरिक कोटिंग

वेट थिकनेस मापन

कोटिंग रिपेयर मार्किंग



कोटेड पाइप

कोटेड पाइप स्टैकिंग

कोटेड पाइप स्टैकिंग

अनुलग्नक-ए **आंतरिक पाइप विलेपन-पॉलीग्लास/कोरोग्लास**

संविरचन आवश्यकताएँ

1.1 फ्लेंज के नुकीले किनारों की घिसाई इस प्रकार से की जानी है कि फ्लेंज के नुकीले किनारों के अंदर के भाग को वेधता हुआ बाहर निकले पाइप पर कोटिंग करने का कार्य किया जा सके। यह कार्यविधि वेल्ड सीम की सुरक्षा का कार्य करेगी एवं फ्लेंज जोडों के बीच दरारें पड़ने से रोकेगा। जहां पर भी संभव हो, फेब्रिकेशन के पहले एवं आकृति 1, 2 एवं 3 के सदृश फ्लेंज रिबेट्स की मशीन से घिसाई की जानी चाहिए।

1.2 सभी वेल्ड्स पूरी तरह से चिकने हों एवं धातु एवं छितराव से रहित हों।

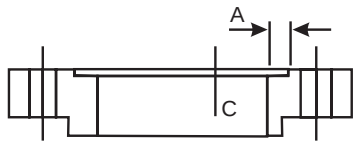
1.3 क्षेत्र के अभिगम्य नुकीले किनारों को कोट किया जाना है एवं घिसकर कम से कम 1.5 एमएम त्रिज्या का बना देना है।

1.4 पाइप स्पूल्स के दोनों सिरे फ्लेंज किए हों एवं जिस भी ब्रांच कनेक्शन पर कोटिंग के बाद फील्ड फिट वेल्ड की जानी हो तो विस्तृत जानकारी के लिए PS2 का संदर्भ लें।

1.5 थ्रेडेड प्लग आदि की फिटिंग के जरिए कोटिंग को होने वाली क्षति से रोकने के लिए जहां पर भी हो सके इस प्रकार की व्यवस्था से बचना चाहिए। जहां पर टेप्ड बोसेस एवं सेडल कनेक्शन फिट किए जाएं उन्हें सर्विस इनवायरमेंट हेतु नॉन कोरोडिबल धातु से निर्मित किए जाने चाहिए, नॉन कारोडिबल इन्सर्ट को ओवरलेप करते हुए कोटिंग को पूर्ण किया जाए।

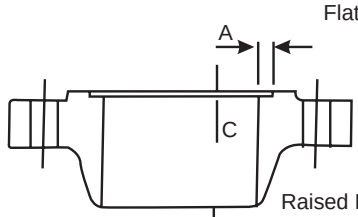
फ्लेंज	आयाम-ए	आयाम-सी
फ्लेट केस	20 मिमि अथवा बोर किए जाने वाले बोल्ट होल के 3 मिमि. के अंदर, जो भी कम हो।	1.5 मिमि.
उभरा हुआ फेस	10 मिमि. अथवा उभरे हुए भाग की आधी चौडाई जो भी कम हो।	1.5 मिमि.
आरटीजे	'ओ' रिंग ग्रुप तक आंतरिक सतह की पूर्ण चौडाई	1.5 मिमि.

आकृति 1



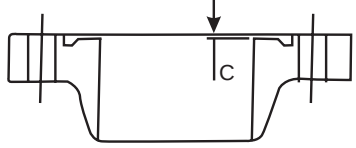
Flat Face

आकृति 2



Raised Face

आकृति 3



RTJ

अन्य फिटिंग एवं फ्लेंज की कोटिंग

पाइप फिटिंग, फ्लेंज एवं नोजल की कोटिंग मैनुअल तरीके से पैंटिंग मशीन एवं नोजल को इस्तेमाल कर की गई। फ्लेंज की सतह पर कोटिंग समतलता लाने के लिए अत्यंत दुष्कर कार्य था।

कोटिंग के लिए पूर्वापेक्षाएं

पाइप एवं फिटिंग की जाँच की जाती है एवं कोटिंग से पूर्व निम्नलिखित पूर्वापेक्षाओं के आधार पर तैयार किया जाता हैः

1. गहरे जमे हुए जंग को निकाल कर, सतह को समतल बनाकर सतह को छितराव से रहित चिकनी बनाई जाती है।
2. नुकीले किनारों, दरारों को छोडते हुए वेल्ड ज्वाइंट्स की अच्छी तरह से घिसाई की जानी है। धातुमल को हटाया जाना है।
3. तीखे किनारों से बचने के लिए फ्लेंज के सिरों को 1.5 से 3मिमि. तक समतल कर दिया जाना चाहिए।
4. ग्रीट ब्लास्टिंग द्वारा कोई भी जंग, धातु पपडी को हटाया जाना होता है।
5. ग्रीस, ऑयल एवं अन्य अशुध्दियों को उचित विलायक का उपयोग कर दूर किया जाना है।
6. स्टील सतह अनिवार्यतः सूखी हो एवं वातावरण की आर्द्रता 85 प्रतिशत से अधिक नहीं होनी चाहिए।
7. ब्लास्ट क्लिीनिंग से पहले पावडर वाशिंग द्वारा क्लोराइड जैसे लवण की धुलाई की जानी चाहिए।

फील्ड वेल्ड ज्वाइंट्स की कोटिंग

12मीटर तक लंबाई वाले पाइपों को शॉप

में कोटेड किया गया एवं इरेक्शन साइट पर ले जाया गया। इरेक्शन एवं फील्ड में ज्वाइंट की वेल्डिंग के बाद वेल्ड ज्वाइंट्स को भी कॉपेन हायकोट कोटिंग से कोट किया गया। 600 मिमी एवं ऊपर के व्यास वाले पाइप की कोटिंग मैनुअली फील्ड में की गई। संरक्षा संवर्गप्प्, अर्थातः 600मिमी व्यास से नीचे की अत्यावश्यक कूलिंग वाटर पाइपलाइन हेतु पाइपलाईन में अनावृत्त वेल्ड ज्वाइंट्स की सुरक्षार्थ एनोडिक प्रोटेक्टर्स (जस्ता प्रोटेक्टर्स) वेल्ड किए गए। कैट-III श्रेणी के पाइपों के लिए 600 मिमी व्यास से कम के पाइपों के लिए फ्लेंज ज्वाइंट्स को लगाया गया।

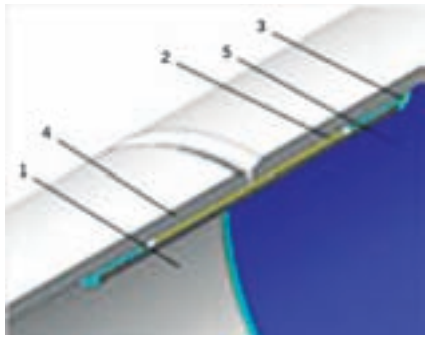
सामान्यतः शॉप कोटेड पाइपस में सिरों पर 50मिमी. की अनकोटेड सतह होती है। वेल्डिंग करने के पश्चात घिसाई कर के पाइपों की सतह तैयार की जाती है एवं सतह को रफ बनाने के लिए पॉवर निडल्स का प्रयोग किया जाता है। तब वेल्ड ज्वाइंट्स पर ब्रश के इस्तेमाल से कोटिंग की जाती है। पैंट की आवश्यक मात्रा गर्म कर मिश्रित किया जाता है एवं ब्रश के इस्तेमाल से लगाया जाता है।

कोटेड पाइप्स के साथ अनुभव

600मिमी. एवं अधिक के व्यास वाले पाइपों में अच्छी कोटिंग का होना पाया गया है एवं बेकार नहीं हुई है। इन लाइनों में नोजल ज्वाइंट्स (100 मिमी आकार तक की नोजल) में कुछ कमियां पाई गई हैं। अन्य सभी व्यास वाले पाइपों में भी नोजलों में एवं कुछ बेंड्स व फ्लेंज्स में भी कमियां देखी गई हैं। कमियों पर विश्लेषण किया गया एवं उस पर निम्नलिखित सुधारों के संबंध में सुझाव प्रदान किए गए हैं।

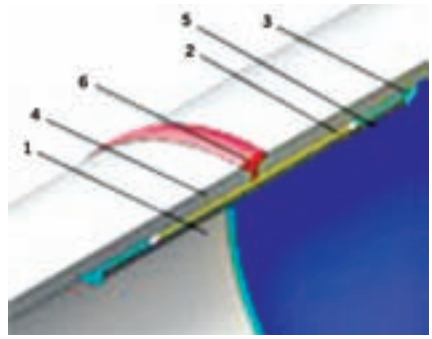
परिशिष्ट - बी

विनिर्माण पूर्व स्टील फिटिंग्स व स्पूलों की आंतरिक कोटिंग



वैल्डिंग के पहले ज्वाइंट

1. कोटेड पाइप की आंतरिक सतह
2. ऊष्मीय संरक्षण
3. मैस्टिक इपॉक्सी
4. स्टील पाइप
5. स्टील पाइप वाले पदार्थ से ही कोट आर कनेक्शन प्रणाली के माध्यम से कोटिंग की गई



वैल्डिंग के बाद ज्वाइंट

1. कोटेड पाइप की आंतरिक सतह
2. ऊष्मीय संरक्षण
3. मैस्टिक इपॉक्सी
4. स्टील पाइप
5. स्टील पाइप वाले पदार्थ से ही कोट आर कनेक्शन प्रणाली के माध्यम से कोटिंग की गई
6. वेल्ड

इंटरनल कोटेड पाइपों हेतु प्रदान किए गए सुझाव

यह संस्तुति की गई कि समुद्री जल पाइपलाईन प्रणाली की डिजाइन व्यावहारिक समस्याओं एवं कोटिंग की सीमाओं को ध्यान में रखकर की जाए। फेब्रिकेशन एवं इरेक्शन सुधार भी बताए गए। संस्तुतियां निम्न प्रकार से थीः

ए) 150मिमी. अथवा उससे नीचे की पाइपलाइनों पर अनुप्रयोग हेतु आंतरिक रूप से कोटेड सीएस पाइपों के स्थान पर टाइटेनियम के पाइपों के इस्तेमाल की संस्तुति की गई है।

बी) समुद्री जल सीएस पाइपों में से कम से कम 75मिमी व्यास वाली शाखाएं होंगी। इंस्ट्रूमेंटेशन टयूबिंग को एक उपयुक्त टाइटेनियम एडोप्टर के जरिए जोडा जाएगा।

सी) फ्लेंज ज्वाइंट्स को छोड दिया जाएगा क्योंकि फ्लेंज सतह की कोटिंग पाइपों की आंतरिक सतह पर, अधिकतम गुणवत्ता प्राप्त किए जाने योग्य का अवलोकन नहीं किया जा सकता है।

सतह कोटिंग की मोटाई का फर्क, बोल्ट के छिद्रों एवं फ्लेंज

के बाहरी सिरों में दरारों को यूँ ही नहीं छोडा जा सकता। इससे फ्लेंज के जोडों को कसने के दौरान कोटिंग बेकार हो सकती है। जब भी फ्लेंज को खोला जाता है उसे पुनः पैंट किया जाना है।

डी) दूसरी दृष्टि से कोटिंग आवश्यकताओं को पूरी करने हेतु डिजाइन की गई फ्लेंजों का चयन कर आपूर्ति की जाएगी। विशेष फ्लेंज के लिए Corro-coat के यूजर डाटा संदर्भ हेतु अनुलग्नक 'ए' के रूप में संलग्न है। फ्लेंजों की आपूर्ति आंतरिक तीखे किनारों के व्यास के साथ हो ताकि उचित मोटाई की पैंटिंग की जा सके। तथापि तीखे सिरों को कोटिंग विनिर्देशों की आवश्यकताओं के अनुसार पैंटिंग से पहले घिसना है यदि तीखे कोनों सहित आपूर्ति की गई हो। अतः फ्लेंज डिजाइन के समय इस मोटाई को कम करना ध्यान में रखा जाना चाहिए।

ई) 600मिमी. व्यास से नीचे के पाइपों के जोडों के लिए मौजूद अन्य प्रौद्योगिकियों में जैसे-प्रिकोटेड स्लीव्स/कपलिंग्स का डिजाइन के भाग के रूप में विश्लेषण किया जाएगा एवं पाइपलाईन के साथ ही आपूर्ति की जाएगी। Thru-kote केटलॉग में से संबंधित आकृति संदर्भ हेतु अनुलग्नक 'बी' के रूप में संलग्न है।

एफ) समुद्री जल कोटेड पाइपलाईनों में बदलाव जैसे- नोजल लगाना अथवा बाद की तिथि को 1/2'' नोजल से बदलकर 3''नोजलें लगाने से फैल्योर की दर बढ जाती है।

जी) पाइपों की बाहरी सतहों पर कोपेन हायकोट कोटिंग का अनुप्रयोग नहीं किया जाएगा क्योंकि अत्यधिक मात्रा में हैंडलिंग क्षति होती है, इससे कोटिंग रिजेक्शन होता है। समुद्री जलपाइपों के लिए वेल्डिंग की फर्स्ट पास एंड हॉट पास टीआईजी वेल्डिंग द्वारा निष्पादित की जाएगी जैसा कि केकेएनपीपी में की गई है। यह आंतरिक सतह में बढ़िया प्रोफाइल्स प्रदान करेगी।

एच) रशियन संघ से SWAM पध्दति द्वारा वेल्डिंग कर प्रिफेब्रिकेटेड पाइपों की आपूर्ति करना केकेएनपीपी, इकाई 1 एवं 2 में एक समस्या थी। उक्त से भविष्य की परियोजनाओं में बचा जाएगा। सभी वेल्ड ज्वाइंट्स परियोजना स्थल पर ही किए जाएंगे ताकि वेल्ड क्षेत्र में पैंटिंग आवश्यकताओं के लिए उचित वेल्ड प्रोफाईल प्राप्त किया जा सके अथवा निर्माता को आवश्यक वेल्ड प्रोफाईल प्राप्त करने हेतु अनुदेश प्रदान किए जा सकें।

आई) कोटिंग के पश्चात हैंडलिंग के दौरान पाइपों के सिरों पर एंड कैप प्रदान की जाएगी।

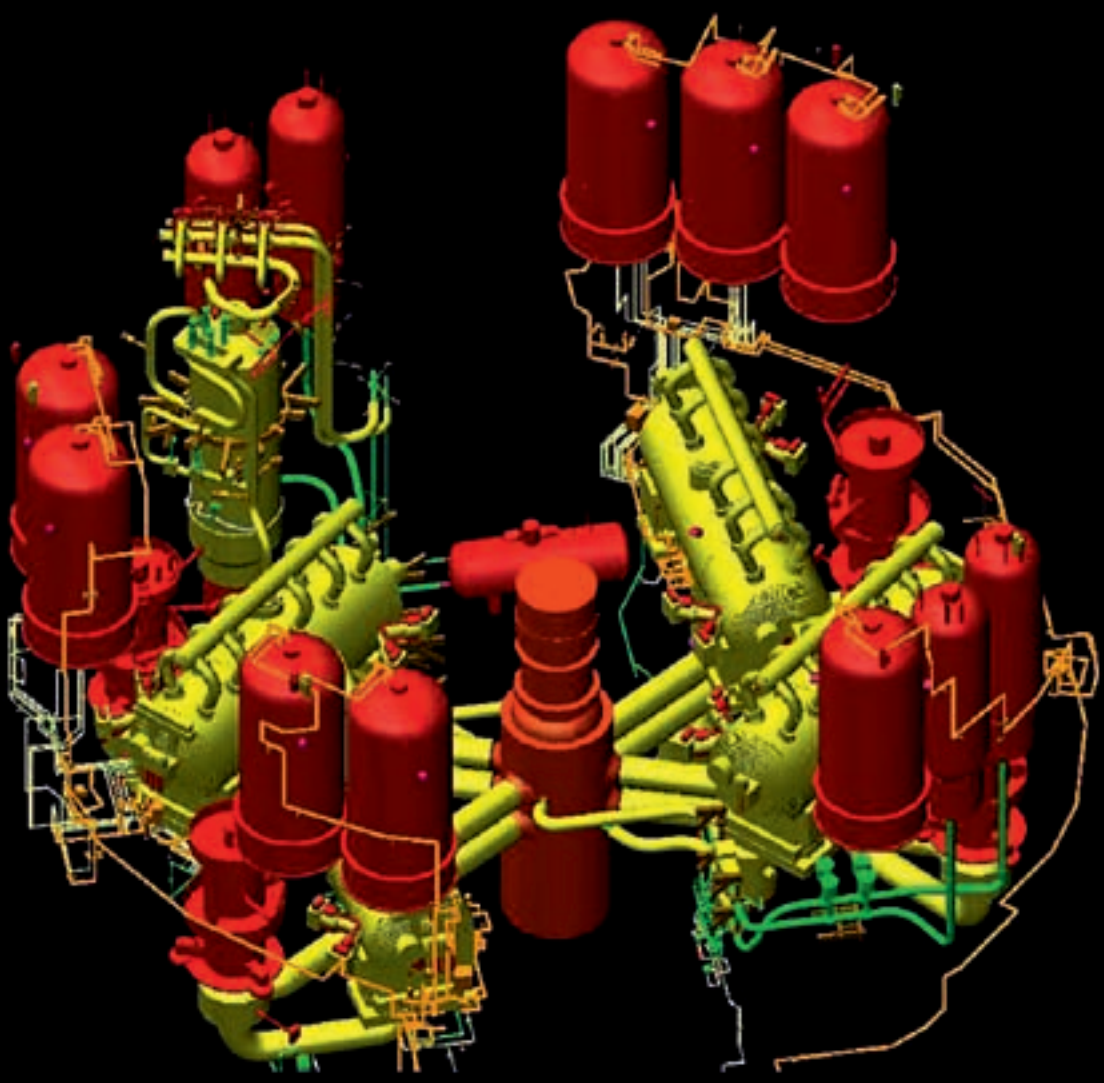
वी. शंकर नारायणन *बी. ई. (मैकेनिकल) स्नातक हैं। उन्होंने एनपीसीआईएल 1988 में ज्वाइन किया एवं वे कुडनकुलम न्यूक्लियर पावर परियोजना, इकाई 1 एवं 2 में सी वाटर सिस्टम पैकेज के संविरचन तथा स्थापन के प्रभारी रहे हैं। वे इकाई-2 के सी वाटर सिस्टम की कमिशनिंग एवं इरेक्शन व क्रेन्स एवं होइस्ट्स की कमिशनिंग के साथ ही क्रिटिकल कार्यों जैसे-मैन कूलेंट पाइप वेल्डिंग, कंडेंसर इरेक्शन आदि कार्यों में भी भागीदार रहे हैं। आरंभिक वर्षों में, उनकी महत्वपूर्ण भूमिकाओं में कुडनकुलम न्यूक्लियर पावर परियोजना-इकाई 1 एवं 2 में 650 टन की क्रेन से डोम इरेक्शन जैसी भारी सामग्री प्रबंधन योजना का विकास करना महत्वपूर्ण रहा है। वर्तमान में वे अपर मुख्य अभियंता (संयंत्र संतुलन), कुडनकुलम न्यूक्लियर पावर परियोजना-इकाई 3 एवं 4 के पद पर कार्यरत हैं।*

केकेएनपीपी

एक अभियांत्रिकी चमत्कार

परियोजना विशिष्टताएँ

केकेएनपीपी की परियोजना उत्तम डिजाइन, कुशल योजना,
समन्वित दल कार्य तथा त्रुटिहीन क्रियान्वयन को समर्पित है।
परियोजना की कुछ प्रमुख पहलू तथा विशिष्टताएँ निम्न प्रकार हैं।



वीवीईआर का त्रिविमीय चित्र

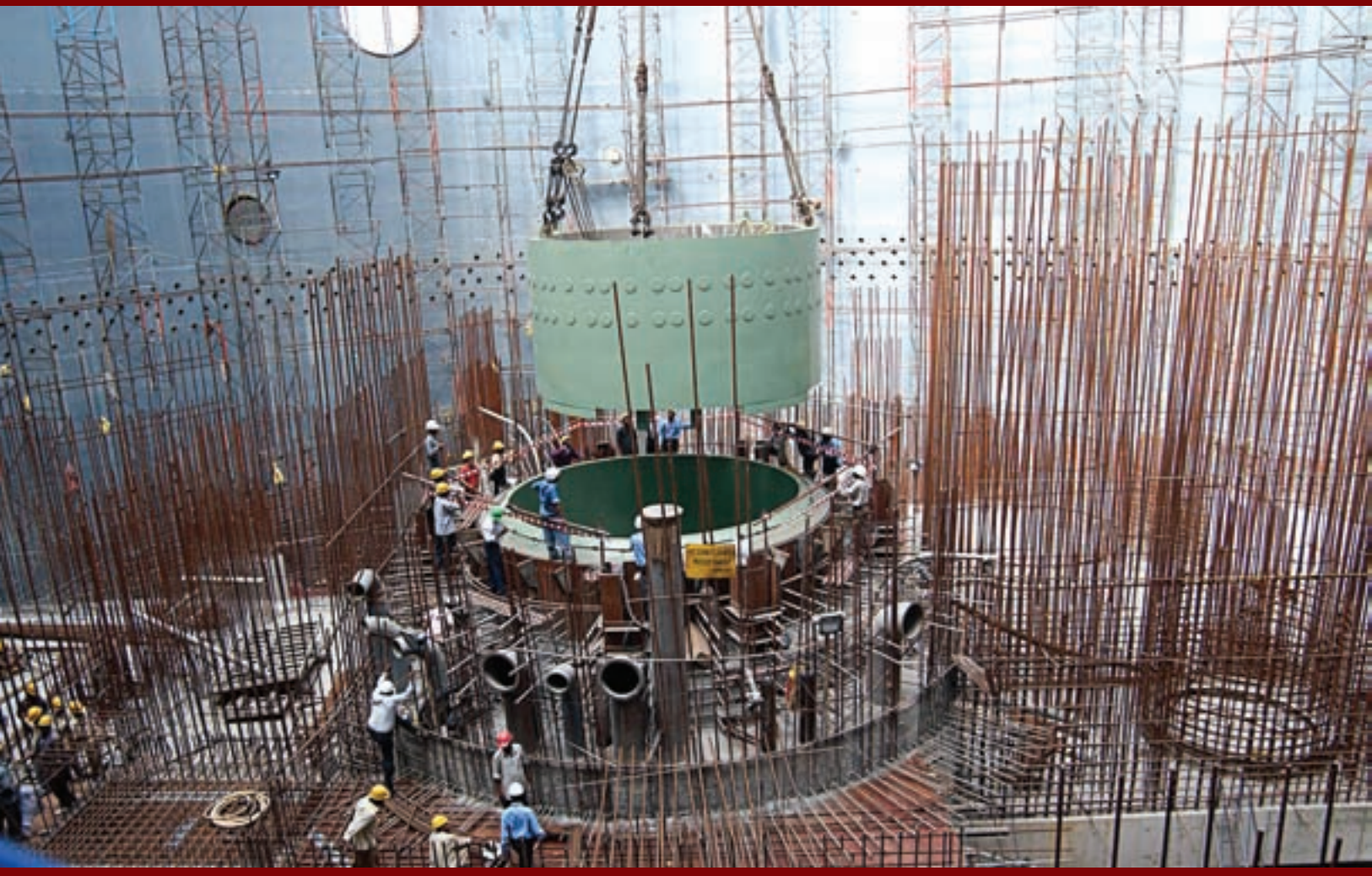
वीवीईआरः यह कैसे कार्य करता है

नाभिकीय विद्युत संयंत्र में ईंधन में नियंत्रित विखंडन शृंखला अभिक्रिया द्वारा ऊष्मा उत्पन्न की जाती है। ऊष्मा का इस्तेमाल भाप बनाने में किया जाता है विद्युत जिससे टर्बो जनरेटर को घुमाकर विद्युत उत्पादन किया जाता है। वीवीईआर में, किंचितरूप से सवंर्धित यूरेनियम को ईंधन के रूप में इस्तेमाल किया जाता है। फ्यूल असेम्बलीज को रिएक्टर कोर में स्थापित किया जाता है जिसे रिएक्टर प्रेशर वेसल (आरपीवी) में रखा जाता है। वीवीईआर में जल का इस्तेमाल शीतलक एवं मंदक दोनों रूप में किया जाता है। कूलेंट रिएक्टर में से ऊष्मा को हटाता है। रिएक्टर प्लांट में तीन बड़े लूप होते हैं। कूलेंट सर्किट, अथवा नाभिकीय वाष्प आपूर्ति प्रणाली (एनएसएसएस) रिएक्टर, प्राईमरी कूलेंट पंप, स्टीम जनरेटर एवं संबध्द पाइपों को समाविष्ट करता है। ऐसे चार सर्किट आरपीवी से जुड़े हैं। चूंकि जल का क्वथनांक 100 डिग्री सेंटीग्रेड है एवं रिएक्टर में कूलेंट का तापमान 322 डिग्री सेंटीग्रेड तक पहुँच जाता है, कूलेंट को एक लुप से प्रेशराइजर को जोडकर, इसके क्वथन को रोकने हेतु प्रेशराइज्ड रखा जाता है।

गर्म कूलेंट इसकी ऊष्मा को स्टीम जनरेटर में वाष्प में दूसरे लूप में जल परिचालन के लिए परिवर्तित करता है जिसे 'द्वितीय' चक्र कहा जाता है। इस प्रकार स्टीम जनरेटर में दो साइड प्राथमिक एवं द्वितीयक हैं। द्वितीयक परिपथ में स्टीम जनरेटर्स, टर्बाइन्स, मोइश्चर सेपरेटर एवं रिहीटर, कंडेंसर, फीड वाटर पंप डिएरेटर्स, संबध्द पाइपलाइनों एवं अन्य उपकरणों को शामिल किया जाता है। द्वितीयक परिपथ भी बंद लूप है एवं इसमें रेडियोसक्रियता नहीं होती है। तथापि, यह वातावरण से वियोजित ही रहता है।

स्टीम जनरेटर में उत्पादित स्टीम टर्बाइन सेट में भेजी जाती है जो कि जनरेटर को घुमाकर विद्युत उत्पन्न करती है। टर्बाइन से स्टीम को एक कंडेंसर में एकत्र की जाती है जहाँ पर इसे संघनित्र (कंडेन्स) एवं ठंडा किया जाता है। कंडेंसेट को वापस पंप कर स्टीम जनरेटर में भेजा जाता है। कंडेंसर कूलिंग प्रणाली तीसरे लूप द्वारा निष्पादित की जाती है, कंडेंसर कूलिंग प्रणाली, जो कि मन्नार की खाड़ी से प्रशीतलन जल लेती है। तीसरा परिपथ वातावरण में खुला हुआ होता है एवं यह भी रेडियोसक्रियता से रहित होता है।

निर्माण विशिष्टताएँ



वीवीईआर प्रकार के रिएक्टर निर्माण चुनौतियों को चित्रित करते हुए सिविल निर्माण एवं उपकरण स्थापन कार्य समानांतर रूप से जारी है।

कंक्रीटिंग एवं स्ट्रक्चर्स

यूनिक कंक्रिट प्रि-स्ट्रेसिंग सिस्टम

कंक्रिट के लिए अपनी तरह का पहला अनबोंडेड प्रिस्ट्रेसिंग प्रणाली Fressinet 55 C15 कुडनकुलम न्यूक्लियर पावर परियोजना में अपनाई गई है। इस प्रिस्ट्रेसिंग प्रणाली में एक अद्‌भुत विशेषता है कि यह भविष्य में रिस्ट्रेसिंग की भी सुविधा प्रदान करता है। प्रि-स्ट्रेसिंग सिस्टम हेतु कुडनकुलम न्यूक्लियर पावर परियोजना रिएक्टर कंटैनमेंट भवन में 128 टेंडन (टेंडन 60 ऊर्ध्वाधर U टेंडन एवं 68 क्षैतिजिय पूर्ण गोलाकार टेंडन) मौजूद हैं। प्रत्येक टेंडन में 150वर्ग मिलीमीटर के 55 तंतु होते हैं, इनमें से प्रत्येक टेंडन पर 11.5 एम.एन. (मैगान्यूटन) का भार दिया गया है।

रिएक्टर भवन राफ्ट

वृहद रिएक्टर भवन राफ्ट (कंक्रीट फाउंडेशन) को इस प्रकार के रिएक्टर में लगने वाले 6 से 7 महीने के सामान्य समय के स्थान पर केवल 93 दिन में स्थापित कर दिया गया था जो कि परियोजना जेस्टेशन अवधि को कम करने की दिशा में महत्वपूर्ण उपलब्धि है।

हर्मेटिकल्ली सील्ड कंटैनमेंट लाइनर्स

कुडनकुलम न्यूक्लियर पावर परियोजना के रिएक्टर कंटैनमेंट भवन में लगाए गए 'लाइनर्स' में पहली बार प्रयुक्त विशिष्टता है। रिएक्टर भवन की 'इनर' कंटैनमेंट (आईसी) प्रि-स्ट्रेस्ड रिइनफोर्समेंट कंक्रिट से निर्मित है एवं इसका व्यास 44 मीटर, ऊँचाई 67 मीटर एवं दीवाल की मोटाई 1.2 मीटर है। इसके अर्धगोलाकार डोम के अंदर की तरफ 'हर्मेटिकल्ली सिल्ड' कार्बन-स्टील के लाइनर लगे हैं, जो कि 3 भागों में इंस्टाल्ड किए गए हैं। यह डोम लाइनर भारत में किसी भी नाभिकीय विद्युत संयंत्र (एन.पी.पी.) में 'प्रथम' है। इनर कंटैनमेंट की दीवारें एवं फर्श में कार्बन-स्टील लाइनर प्लेटें लगी हैं जो कि भारत में किसी भी नाभिकीय विद्युत संयंत्र (एन.पी.पी.) एक और नयी विशिष्टता है। आऊटर कंटैनमेंट (ओ.सी.) की दीवार की मोटाई 60 से.मी., व्यास 52 मीटर एवं ऊँचाई 70 मीटर है।

इनर कंटैनमेंट डोम टॉप	67 मीटर
आऊटरकंटैनमेंट डोम टॉप	70 मीटर
पी.एच.आर.एस.डिफ्लेक्टर टॉप लेवल	80 मीटर
आईसी इनर व्यास	44 मीटर
ओसी आऊटर व्यास	44 मीटर

पी.एच.आर.एस. हेतु तृतीयक डोम

कुडनकुलम न्यूक्लियर पावर परियोजना देश की प्रथम परियोजना है जिसमें रिएक्टर भवन के लिए तृतीयक डोम मौजूद है। तृतीयक डोम में पैसिव हीट रिमूवल सिस्टम (पी.एच.आर.एस.) हेतु एयर डक्ट लगे हैं। जो कि थर्मो-सायफनिंग प्रभाव पर आधारित हैं एवं इनके 80 मीटर टॉप लेवल पर पहुँचने पर 52 मीटर के ऊपर ये आरंभ होते हैं एवं इसे बाईं तरफ शटरिंग के साथ अंदर से कंक्रिट एवं मेटल स्ट्रक्चर रिब वाल के जरिए सपोर्ट दिया गया है।

कोर केचर

कुडनकुलम न्यूक्लियर पावर परियोजना के दोनों रिएक्टर्स के नीचे 101 MT वजन युक्त एक मैसिव कोर कैचर (द्रवित कोर कैचर भी कहा जाता है) इंस्टाल किया है। कोर कैचर एक पात्र होता है जो रिएक्टर भवन के तल पर वातावरण में पिघले हुए ईंधन को रोकने एवं रिएक्टर ईंधन के पिघलने जैसी अप्रिय दुर्घटना से बचाने के लिए डिजाइन किया गया है। कोर कैचर कैविटी में ऊष्मा अवशोषक सामग्री की उपस्थिति के कारण पिघला हुआ ईंधन ठंडा हो रहा हो तो कोर कैचर के घेरे को इस तरह डिजाइन किया गया है कि पानी का प्रवाह होता रहे जिससे अतिरिक्त कूलिंग बनी रहे। वास्तव में, कुडनकुलम न्यूक्लियर पावर परियोजना की दोनों इकाइयाँ भारत में पहले रिएक्टर हैं जिनमें यह अद्‌भुत संरक्षा सुविधा मौजूद है।

पीएचआरएस - वीवीईआर की अनूठी निश्चेष्ट संरक्षा विशिष्टता

निर्माणकाल के दौरान निश्चेष्ट ऊष्मा निष्कासन प्रणाली डस्ट के साथ तृतीयक डोम

नवप्रवर्तनकारी परियोजना प्रबंधन

उपकरणों की खरीद एवं लागत इष्टतमीकरण

VVER-1000 प्रकार के कुडनकुलम न्यूक्लियर पावर परियोजना रिएक्टर्स भारत में स्थापित किए जाने वाले प्रथम रिएक्टर्स थे। स्ट्रींजेंट इंजीनियरिंग आवश्यकताएं एवं विनिर्देशों पर आधारित एवं विशेष रूप से चूँकि रशियन फेडरेशन ने उपकरणों के रूप में सॉफ्ट ऋण की पेशकश की थी, रशियन फेडरेशन से उपकरणों की खरीद का निर्णय लिया गया। स्वदेशी रूप से निर्माण की तुलना में उपकरण की खरीद के इस निर्णय के पीछे दो लक्ष्य थे - परियोजना जेस्टेशन अवधि कम करने के साथ ही लागत इष्टतमीकरण हासिल करना।

ईंधन आपूर्ति

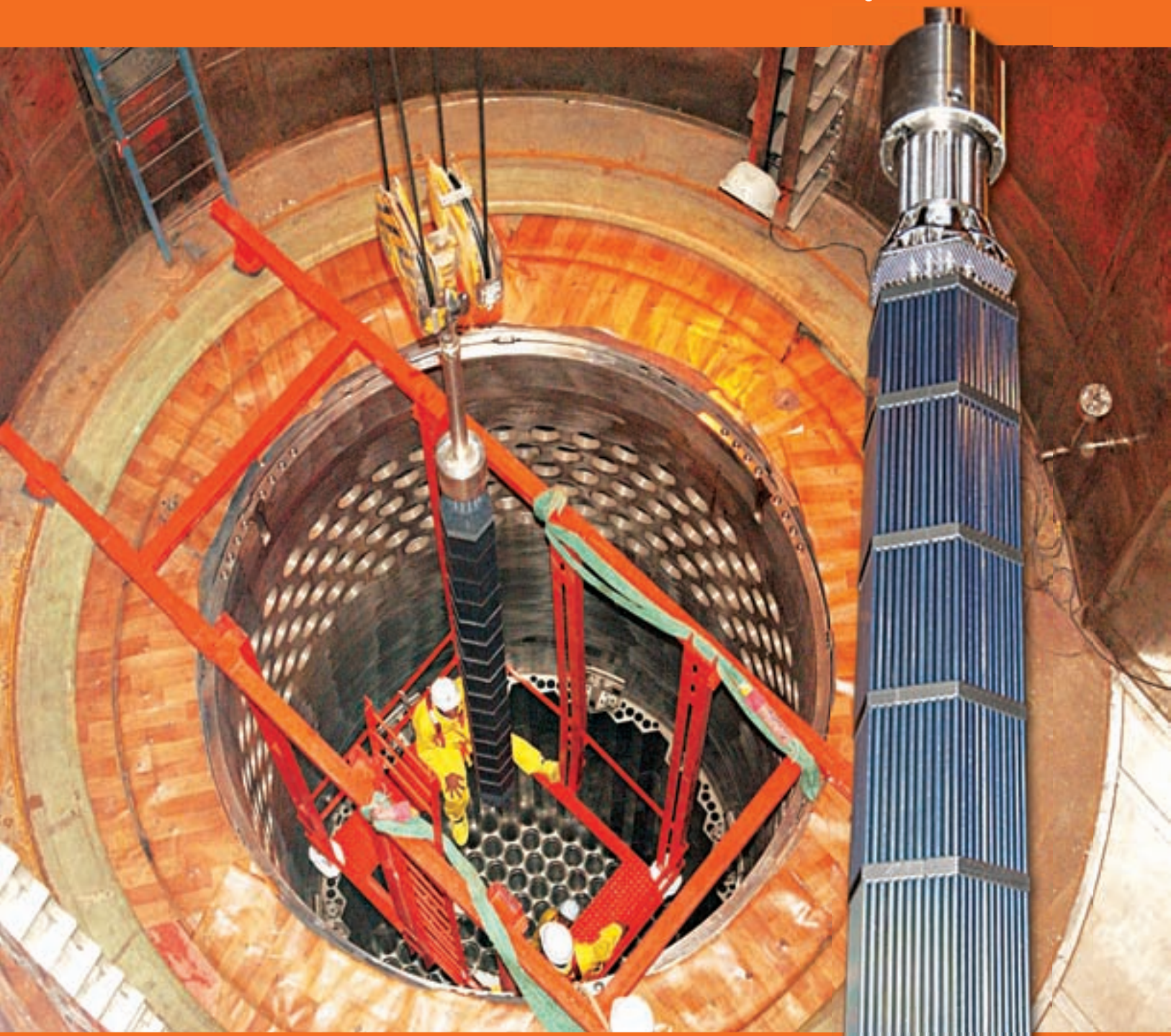
रशियन फेडरेशन के साथ एक करार द्वारा ईंधन आपूर्ति की लाईफ टाइम व्यवस्था की गई है।

विशेषीकृत प्रशिक्षण एवं मानव संसाधन विकास

कुडनकुलम न्यूक्लियर पावर परियोजना स्थित न्यूक्लियर प्रशिक्षण (एन.टी.सी.) के जरिए एक वर्ष के प्रशिक्षण एवं आवधिक व चालू प्रशिक्षण कार्यक्रमों के अतिरिक्त भारतीय अभियंताओं एवं ओ. एंड एम. (प्रचालन एवं अनुरक्षण) कार्मिकों को रशियन की तरफ से आपूर्तिकर्ता। ATOM-STROYEXPORT (ASE) द्वारा आपूर्त फुल-स्कोप सिमुलेटर का प्रयोग करते हुए एक विशेषीकृत प्रशिक्षण प्रदान किया गया। फुल-स्कोप सिमुलेटर संयंत्र प्रक्रिया, नियंत्रण एवं इंस्ट्रूमेंशन के पूर्ण प्रतिबिंब को सिम्युलेट करते हुए इंटरएक्टिव प्रशिक्षण प्रदान करने में सक्षम होता है।

कार्य के पूर्व निर्धारित प्रभाजन के अनुसार रशियन विशेषज्ञों के तकनीकी पर्यवेक्षण के अंतर्गत भारत की ओर से कंस्ट्रक्शन, इरेक्शन एवं पूरे संयंत्र की कमीशनिंग का कार्य किया गया।

ईंधन प्रहस्तन प्रणाली विशिष्टताएँ



डमी ईंधन लोडिंग

ईंधन संयोजन

कुडनकुलम के V-412 VVER-1000 रिएक्टर्स में कम संवर्धित यूरेनियम का इस्तेमाल होता है। ईंधन संयोजन षड्कोणीय विन्यास-क्रम में होता हैं एवं 163 ईंधन संयोजनों से मिलकर रिएक्टर कोर का गठन होता है। प्रत्येक ईंधन संयोजन में 331 लोकेशन (स्लोट्स) होते हैं। इंधन संयोजन में 331 स्थानों में से Zr-Nb की टयूब्स में 311 लोकेशंस में ईंधन भरा जाता है। जबकि शेष 20 लोकेशंस में कंट्रोल रॉड एवं इंस्ट्रूमेंटेशन टयूब्स स्थापित की गई। फ्यूल रॉड जिर्कोनियम-नियोबियम (Zr-Nb) टयूब्स हैं जिनमें फ्यूल पेल्लेट्स इनकेप्सुलेट किए जाते हैं।

इंधन	Sintered UO_2
क्लेड मोटाई	0.69 एम.एम.
क्लेड सामर्ग्री	Zr-1%Nb
दाब हेतु भरी हुई हीलियम गैस	2 025 Mpa

कोर रिफ्यूलिंग

वर्ष में एक बार रिएक्टर की पुनर्भरण प्रक्रिया होती है जिसमें से एक तिहाई रिएक्टर को फ्रेश ईंधन से बदल दिया जाता है। ईंधन भरण प्रक्रिया रिएक्टर को शट डाऊन करने एवं इसका दाब वातावरण के दाब के समान लाने के साथ आरंभ होती है। कूलेंटका ताप 60 से 70 डिग्री सेंटीग्रेड तक कम किया जाता है। तत्पश्चात रिएक्टर पात्र (RPV) का टॉप कवर हटाया जाता है। यह टॉप कवर पर से कनेक्शन एवं रक्षाकारी टयूब संयोजन को हटाने के बाद किया जाता है। इसके बाद एक ओवरहेड क्रेन आरपीवी का टॉप कवर ऊपर ऊठाती है। कोर से निकाला गया अवशिष्ट ईंधन कूलिंग पोंड्स में उनके रिसाव की जाँच करने के बाद ले जाया जाता है। शेष बचे हुए दो तिहाई ईंधन संयोजन को डिजाइन के अनुसार कोर में पुनर्व्यवस्थित किया जाता है। वह फ्रेश ईंधन जिसे पहले ही फ्रेश ईंधन क्षेत्र से होल्डिंग प्वाइंट पर शिफ्टकर दिया गया है, उसे रिक्त स्थान पर खाली कर दिया जाता है।

संपूर्ण कार्रवाई बोरेटेड जल की एक रक्षाकारी परत के नीचे संपन्न की जाती है। रिएक्टर पिट अथवा कैविटिको बोरेटेड जल से भरा जाता है, जिसमें ईंधन संयोजन के ऊपर पानी की 3 मीटर से अधिक मोटी परत भरी जाती है।

अवशिष्ट ईंधन भंडारण

रिएक्टर कोर में से अवशिष्ट ईंधन को निकालकर आरंभिक शीतलन अवधि हेतु रिएक्टर भवन के अंदर भंडारित किया जाता है, इसके बाद में इसे रिएक्टर भवन के बाहर स्थित अवशिष्ट ईंधन-बै में शिफ्टकर दिया जाता है। स्टोरेज पूल प्रत्येक समय शुध्द, डिमिनरलाइज्ड बोरेटेड जल से भरा होता है जिसे लगातार परिचालित किया जाता है। इन उच्च इंटीग्रिटि कंक्रीट पूलों में लाइनिंग स्टैनलेस स्टील की जाती है।

रिएक्टर डिजाइन विशिष्टताएँ

आरपीवी अन्डरवे के ऊपरी हिस्से का संयोजन

रिएक्टर दाब पात्र

रिएक्टर दाब पात्र (आरपीवी) नाभिकीय विद्युत संयंत्र का हृदय होता है। कुडनकुलम न्यूक्लियर पावर संयंत्र के रिएक्टर दाब पात्र (आरपीवी) की ऊँचाई 19.45 मीटर एवं व्यास 4.5 मीटर व वजन 316 मीट्रिक टन है। यह 200-एमएम मोटा सिलिंड्रिकल पात्र है जो कि हल्की मिश्रधातु हाई स्ट्रेंथ स्टील से बना होता है। इसके अंदर ऑस्टेनिक स्टैनलेस स्टील की क्लेडिंग होती है।

रिएक्टर दाब पात्र (आरपीवी) में ईंधन संयोजन, नियंत्रण छड़ें एवं अन्य मैकेनिज्म व कनेक्शंस का एक होस्ट होता है। साधारण जल जो कि शीतलक होता है, रिएक्टर दाब पात्र (आरपीवी) के ऊपरी भाग से जुड़े हुए कूलेंट इनलेट एवं आऊटलेट के जरिए क्रमशः आता-जाता रहता है। इनलेट के जरिए आने वाले कूलेंट को नीचे की तरफ दिशा प्रदान की जाती है एवं कोर बैरेल पर मौजूद परफोर्मेशंस के जरिए कोर बैरेल में आता है। कूलेंट रिएक्टर कोर के जरिए परिचालित होता है एवं न्यूक्लियर ईंधन में होने वाली श्रृंखला अभिक्रिया द्वारा उत्पन्न की गई कोर में मौजूद ऊष्मा को अवशोषित करता है, तत्पश्चात यह गर्म कूलेंट आउटलेट के बाहर चला जाता है। यहां से कूलेंट स्टीम जनरेटर में पहुँचता है। साधारण जल में प्राकृतिक रूप से मौजूद खनिज लवण के फलस्वरूप पडने वाले कुप्रभावों को दूर करने के लिए इसका विलवणीकरण किया जाता है। बोरिक अम्ल की एक निर्धारित मात्रा इस विलवणीकृत जल में मिलाई जाती है। विलवणीकृत जल मंदक एवं रिफ्लेक्टर के रूप में कार्य करता है। बोरिक अम्ल में मौजूद बोरोन न्यूट्रॉन अवशोषक है। इसलिए यह रिएक्टिविटि अर्थातः श्रृंखलाबध्द विखंडन अभिक्रिया की दर को नियंत्रित करने में सहायक होता है।

वेसल हेड रिसावरोधी चेंबर होता है जो दाब को निर्मित करने में सहायता करता है ताकि कम तापमान पर शीतलक जल का क्वथन रोका जा सके जबकि रिएक्टर दाब पात्र (आरपीवी) का ऊपरी कवर हटा लेने योग्य होता है।

रिएक्टर के अन्य अंतर-अंगों में संरक्षी टयूब यूनिट सम्मिलित होती है जो कोर को अपनी जगह बनाए रखती है तथा कोर में नियंत्रण छड़ों को मार्गदर्शित करने का कार्य करती है। कोर बेफल तथा कोर के बीच कोर बेरल होती है जो किरणन से आरपीवी का रक्षण करती है, ईंधन संयोजनों मापयंत्रण तथा नियंत्रण के लिए प्रणाली को सपोर्ट करती है। यंत्रण एवं यंत्रण, किरणित होने वाले स्पैसीमैन के प्लेसमेंट तथा रिट्रिवल के लिए भी प्रावधान होते हैं आदि।

आरपीवी के ऊपरी हिस्से में 121 रिएक्टर नियंत्रण ड्राइव्ज लगे होते हैं। न्यूट्रॉन अवशोषक सामग्री युक्त नियंत्रण छड़ें श्रृंखलाबध्द अभिक्रिया की दर अर्थातः रिएक्टर की शक्ति को नियंत्रित करती हैं। ये छड़ें विद्युत चुंबकीय क्लचों की पकड़ में होती हैं और इन्हें नियंत्रण संरक्षी तथा संरक्षा अवशोषक छड़ें (कंट्रोल प्रोटेक्शन एवं सेफ्टी आब्जर्वर रॉड्स-सी.पी.

एस.ए.आर.) कहा जाता है। ज्यादा संख्या में नियंत्रण छडों के होने से शृंखलाबध्द विखंडन अभिक्रिया पर ज्यादा नियंत्रण होता है तथा विखंडन शृंखला अभिक्रिया की त्वरित समाप्ति होती है।

रिएक्टर दाब पात्र (आरपीवी) प्रत्यक्षतः चार वाष्प जनित्रों से जुडा होता है तथा शीतलक मुख्य परिसंचरण पंपों के माध्यम से इसमें वापस आ जाता है। ये पंप संख्या में 04 होते हैं प्रत्येक स्टीम जनरेटर पर एक-एक लगे होते हैं और अंदर स्टीम जनरेटरों से रिएक्टर शीतलक को पंप करते हैं। गर्म शीतलक क्लोज्ड लूप प्राईमरी सर्किट से प्रवाहित होता है जिसे प्राथमिक परिसंचरण परिपथ या नाभिकीय वाष्प आपूर्ति प्रणाली कहा जाता है। प्राथमिक परिसंचरण परिपथ में से जब शीतलक की ऊष्मा एक अलग सेकंडरी सर्किट में वाष्प उत्पन्न करने के लिए साधारण जल में हस्तांतरित की जाती है तो परिसंचरण पंपों द्वारा शीतलक को वापस रिएक्टर दाब पात्र (आरपीवी) में प्रवाहित कर दिया जाता है। प्राथमिक परिसंचरण परिपथ को सेकंडरी सिस्टम से भौतिक रूप से अलग रखा जाता है क्योंकि प्राईमरी सर्किट के शीतलक में हल्की सी रेडियोसक्रियता होती है। सेकंडरी सर्कुलेशन सर्किट में रेडियोसक्रियता नहीं होती है।

वाष्प जनित्र

केकेएनपीपी के वाष्प जनित्रों की अनूठी क्षैतिज डिजाइन होती है। केकेएनपीपी के प्रत्येक रिएक्टर में 04 वाष्प जनित्र होते हैं। ये वाष्प जनित्र शैल एवं टयूब टाइप के क्षैतिज ऊष्मा विनिमायक होते हैं। शैल के अंदर यू-आकार की टयूबों का जाल होता है। वाष्प जनित्रों की क्षैतिज डिजाइन होने से इसमें सेकंडरी साइड का जल ज्यादा मात्रा में एकत्रित हो जाता है जो कि असंभावित परिस्थिति में यदि फीड वाटर आपूर्ति रुक भी जाए तो भी विशाल जल संग्रह का कार्य करता है। वाष्प जनित्र की क्षैतिज डिजाइन का एक और लाभ यह है कि सेकंडरी साइड के स्तर में महत्वपूर्ण कमी भी हो जाए तो वाष्पजनित्र की ऊष्मा पृथक्करण क्षमता प्रभावित नहीं होती है। इन वाष्पजनित्रों में विशाल वाष्पीकरण सतह भी होती है जिससे वाष्प का वेग कम संपर्क में आता है। यदि मुख्य फीड वाटर आपूर्ति किसी असामान्य स्थिति में बाधित भी हो जाए तो वाष्पजनित्रों में आक्जिलरी फीड वाटर की आपूर्ति का प्रावधान होता है। सेकंडरी साइड से आपातकालीन ऊष्मा पृथक्करण का कार्य डीजल जनित्रों से चलने वाले आपातकालीन कूल डाऊन सिस्टम द्वारा किया जाता है। इस सिस्टम में ऊष्मा विनिमायक एवं पंप होते हैं और यह स्टीम जनित्रों की इनवेंटरी को प्रयोग करने वाला क्लोज्ड लूप सिस्टम होता है जिसमें फीड वाटर की आवश्यकता नहीं होती है।

वाष्प जनित्र में उत्पन्न ऊष्मा को टर्बाइनों में भेजा जाता है जिससे टर्बाइनें घूमती हैं और विद्युत उत्पन्न होती है। टर्बाइन से वाष्प को संघनित्र के अंदर भेजा जाता है जहां इसे शीतल एवं संघनित किया जाता है। संघनित वाष्प को वापस वाष्प जनित्र में पंप कर दिया जाता है।

रिएक्टर डोम निर्माण की माड्युलर एप्रोच

कंक्रीटिंग के पहले रिएक्टर भवन संशोधन डोम

संरक्षा में नए आयाम

भारतीय नाभिकीय विद्युत संयंत्रों के प्रत्येक आयामों के मूल में संरक्षा है और यह वस्तुतः डिजाइन, साइटिंग (स्थल चयन), निर्माण, कमीशनिंग एवं प्रचालन से ही आरंभ हो जाती है।

संरक्षा प्रतिमानों को और अधिक विस्तृत करने के क्रम में, केकेएनपीपी-1 एवं 2 विश्व के अब तक बने सर्वश्रेष्ठ संरक्षित डिजाइन से बने रिएक्टर हैं।

संरक्षा प्रणाली

विशिष्टताएं

केकेएनपीपी रिएक्टर्स की कुछ अद्वितीय संरक्षा विशेषताएं निम्नलिखित हैं:

- वायुरुध्द (हर्मिटिकली) सील्ड डबल संरोधन - पहली बार कार्बन स्टील लाइनर के साथ।
- क्षय ऊष्मा के अक्रिय निष्कासन के माध्यम से आपातकालीन कोर शीतलन उपलब्ध कराने हेतु अनूठी निश्चेष्ट ऊष्मा निष्कासन प्रणाली (पीएचआरएस)।
- संरक्षा प्रणाली की चतुर्आयामी (4x100%) प्रचुरता।
- संरक्षा को बढ़ाते हुए ज्यादा नियंत्रण छड़ें (121)।
- रिएक्टर हेतु अतिरिक्त शटडाउन सिस्टम, जैसे बोरोन इंजेक्शन सिस्टम।
- हाइड्रो एक्युमुलेटर्स
- हाइड्रोजन रिकमबाइनर्स
- कोर कैचर

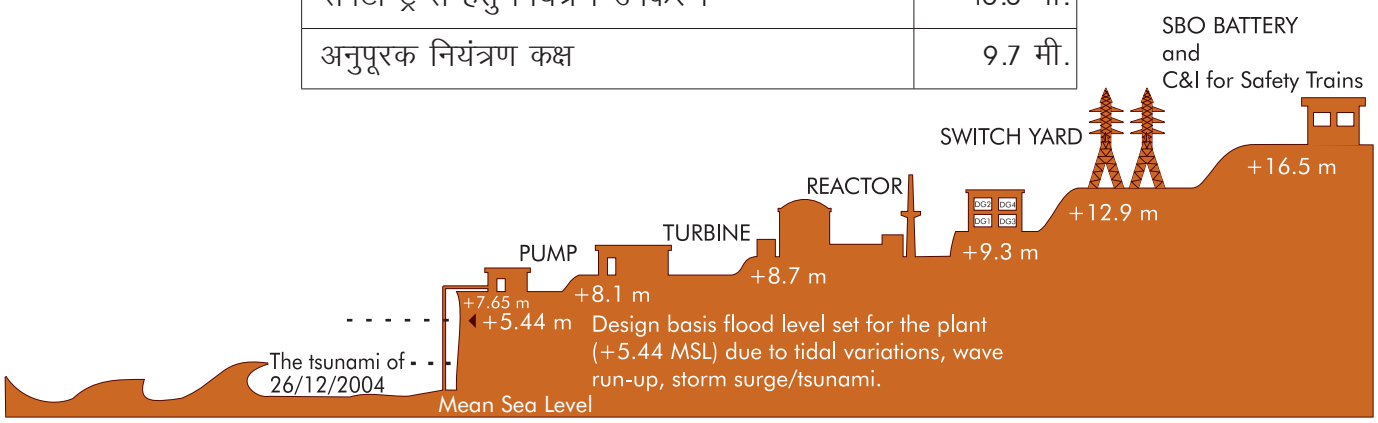
प्राकृतिक एवं बाह्य जोखिमों से संरक्षा

कुडनकुलम साइट न्यूनतम भूकंप प्रवण/संभावित क्षेत्र भारत के भूकंपरोधी डिजाइन कोड (आईएस 1893 (भाग-1) 2002) के अनुसार जोन-II जो कि देश के न्यूनतम भूकंपीय जोखिम जोन में अवस्थित है। संयंत्र को इस तरह से डिजाइन किया गया है कि वह तीव्र भूकंप को भी सहन कर सके, प्रचालन एवं शटडाउन के लिए भूतल से सुरक्षित दूरी को ध्यान में रखते हुए संयंत्र को डिजाइन किया गया है और साथ ही साइट के आस-पास कोई भी सक्रिय फॉल्ट नहीं है। संयंत्र सुनामीजन्य फॉल्ट (सुनामीजन्य फॉल्ट वह है जहां से सुनामी उत्पन्न होती है।) से बहुत दूर (लगभग 1500 कि.मी. दूर) अवस्थित है। इसका अर्थ यह हुआ कि जब तक यह कुडनकुलम के तट तक पहुँचती है (संभवतः) तब तक उसकी तीव्रता बहुत कम हो जाएगी।

औसत समुद्र तल से उच्चतर साइट ढलान और साथ ही संयंत्र सिस्टम एवं उपकरण की ढलानयुक्त अवस्थिति बाढ़ जैसी समस्या से बचने के लिए पर्याप्त संरक्षा उपलब्ध कराते हैं। रिएक्टर एवं संरक्षा संबंधी भवनों में गैसकेट्स सहित लीक टाइट दरवाजे लगाए गए हैं जिससे कि सुनामी जैसी अभिकाल्पनिक डिजाइन से अधिक की तीव्रता से भी पानी अंदर प्रवेश नहीं कर सके। हवाईजहाज की टक्कर सहने को भी बचाने के लिए मजबूत दौहरा संरोधन डिजाइन किया गया है।

यदि हम मूलभूत बाढ स्तर डिजाइन 5.44 मीटर से तुलना करें तो के.के.एन.पी.पी. के महत्वपूर्ण सुविधाओं की ऊँचाई औसत समुद्र स्तर से निम्नलिखित हैः

रिएक्टर बिल्डिंग का भू-तल	8.7 मी.
सेफ्टी डीजल जेनेरेटर सैट्स	9.3 मी.
सेफ्टी ट्रेन्स हेतु स्विचगीयर	9.3 मी.
ग्रुप-1 बैटरी बैंक	12.9 मी.
स्टेशन ब्लैकाउट बैटरी	16.5 मी.
सेफ्टी ट्रेन्स हेतु नियंत्रण उपकरण	16.5 मी.
अनुपूरक नियंत्रण कक्ष	9.7 मी.



केकेएनपीपी की संरचनाओं का माध्य समुद्रतल एवं आपेक्षिक ऊँचाई

नाभिकीय विद्युत संयंत्रों में संरक्षा सर्वप्रमुख प्राथमिकता है। अत्याधुनिक डिजाइन पर आधारित नवीनतम तकनीकी वाले के.के.एन.पी.पी. रिएक्टरों में सक्रिय एवं परोक्ष संरक्षा प्रणाली का अनूठा संयोजन है, जो उसके संरक्षा प्रतिमानों को उत्कृष्टस्तर तक ले जाता है। कुडनकुलम रिएक्टर्स वास्तव में प्रौद्योगिकीय उपलब्धि की पराकाष्ठा का प्रतिनिधित्व करते हैं और वस्तुतः विश्व के सर्वोत्तम संरक्षित रिएक्टरों में से एक हैं।

संयंत्र की ओवरलेपिंग संरक्षा विशेषताएं गहन संरक्षा के दर्शन पर आधारित हैं और वे प्रचुरता एवं विविधता के सिध्दांतों का अनुसरण करते हैं। जैसेकि संयंत्र में चौगुनी (क्वाड्रुप्लीकेटड) (4X100%) प्रचुर संरक्षा प्रणाली है, जबकि यहां केवल एक ही पर्याप्त है। यह प्रचुरता का उदाहरण है।

विविधता के सिध्दांत का इस्तेमाल कॉमन मॉड विफलताओं से बचने के लिए किया गया है। जैसे कि संरक्षा संबंधी सिस्टमों और उपकरणों में पावर सप्लाई एक से अधिक ग्रिड फीडरों से दी गई है। इनके पुनः बैक-अप के लिए ऑनसाइट क्वाड्रप्लेट डीजल जेनरेटरर्स मौजूद हैं और बैक-अप हेतु बैटरी बैक-अप है।

'अभियांत्रिकी' संरंक्षा सिस्टम के अलावा, रिएक्टरों का अत्याधुनिक डिजाइन उन्हें 'अंतर्निहित' संरक्षा प्रदान करता हैं। रिएक्टर में नेगेटिव वॉइड को-एफिसिएंट विशेषता होने के कारण रिएक्टर कोर से जल की किसी भी प्रकार की कमी होने पर ये स्वतः ही शटडाउन हो जाता है। जबकि रिएक्टर की निगेटिव पावर को-एफिसिएंट विशेषता सुनिश्चित करती है कि किसी भी प्रकार की असमान्य वृध्दि होने पर रिएक्टर की पावर स्वतः ही बंद हो जाता है।

सक्रिय एवं अक्रियसंरक्षा प्रणाली की एक झलक

सक्रिय संरक्षा प्रणाली आपातकाल की किसी भी प्रकार की अनहोनी घटना की स्थिति में तत्काल सशक्त संरक्षा प्रकार्य प्रदान करता है। सक्रिय प्रणालियों के अनुपूरक रूप में अक्रिय संरक्षा प्रणालियाँ स्टेशन ब्लैकआउटकी स्थिति में भी अर्थात् संयंत्र में विद्युत की पूर्ण अनुपलब्धता होने पर भी कार्य करती है। यह इसलिए संभव हो पाता है क्योंकि अक्रिय संरक्षा सिस्टम को शुरू होने के लिए किसी विद्युत ट्रिगर की आवश्यकता नहीं होती है परंतु यह कभी विफल न रहने वाले प्राकृतिक सिध्दांतों जैसे गुरुत्व, ज़डत्व/संवेग संरक्षण, दाबांतर, संवहन इत्यादि पर निर्भर करता है।

केकेएनपीपी के कुछ संरक्षा सिस्टमों की झलक यहां प्रस्तुत हैं।

अभिक्रियात्मक नियंत्रण

नियंत्रक छड़ें: उत्कृष्ट प्रणाली विश्वसनीय प्रचालन सुनिश्चित करता हैं। उदाहरण के तौर पर नियंत्रण छड़ें अभिक्रिया को नियंत्रित करने में इस्तेमाल की जाती हैं। रिएक्टर प्रेशर वेसल (आरपीवी) के ऊपर नियंत्रण छड प्रणाली अवस्थित होती है जो कि अभिक्रियाशीलता को कम करने के लिए विभिन्न स्थितियों में नियंत्रण छड़ों का संचालन करती है और जिसके परिणामस्वरूप रिएक्टर की पावर आउटपुटकम हो जाती है। इलैक्ट्रोमैग्नैटिक क्लच्स इन छड़ों को धारण करती हैं और विद्युत बंद होने के बाद ये क्लच्स ऊर्जा विमुक्त हो जाती हैं, जिससे नियंत्रक छडे उन्मुक्तता से रिएक्टर कोर में गुरुत्वीय बल के कारण गिर जाती हैं और रिएक्टर को 2 से 4 सेकेंड में सब क्रिटीकल कर देती हैं। नियंत्रण छडों की अधिक संख्या (121) अधिक संरक्षा उपलब्ध कराती है।

क्विक बोरोन इंजेक्शन सिस्टम: यह एक और त्वरित गति से रिएक्टर को शटडाउन करने वाला सिस्टम है। बोरोन एक न्यूट्रॉन अवशोषक है जो कि अभिक्रिया को रोकने के लिए इस्तेमाल (बॉरिक एसिड के रूप में) किया जाता है। यह सिस्टम विविधता के सिध्दांत पर आधारित है, जो कि उल्लिखित अभिक्रियाशीलता नियंत्रक एवं त्वरित शटडाउन हेतु नियंत्रण छड़ों की प्रक्रिया के बैक-अप सिस्टम उपलब्ध कराता है। क्विक बोरोन इंजेक्शन सिस्टम के दो संघटक हैं-सक्रियएवं अक्रिय। पम्पों (सक्रिय प्रकार्यता) के प्रयोग द्वारा यह सिस्टम सांद्र बोरिक एसिड के विलयन को रिएक्टर कूलेंटसर्किट में पहुँचाता है, परंतु यह सिस्टम पंपों को विद्युत की अनुपलब्धता की स्थिति में भी कार्य कर सकता है क्योंकि ये पम्प से जुड़े 'फ्लाईव्हील' के माध्यम से संचालित होता है। इन फ्लाईव्हील में अक्रिय प्रकार्यता होती है जो कि ज़डत्व के सिध्दांत (संवेग के संरक्षण) पर कार्य करता है। यह संरक्षित ऊर्जा उस समय तक संचालित करती है जो कि बोरिक एसिड के विलयन के इंजेक्शन को पहुँचने के लिए पर्याप्त हो।

आपातकालीन कोर शीतलन प्रणाली (ईसीसीएस)

उस असंभावित घटना की स्थिति में बोरिक एसिड युक्त ईसीसीएस पानी को रिएक्टर कोर में डालने के लिए आपातकालीन कोर शीतलन प्रणाली (ईसीसीएस) नियोजित की जाती है। ईसीसीएस के दो संघटक होते हैंः सक्रिय ईसीसीएस एवं अक्रिय ईसीसीएस। अक्रिय ईसीसीएस को किसी पंप अथवा पावर सप्लाई की आवश्यकता नहीं होती है अपितु वह अत्यंत दुरूह स्थिति ब्लैकआउट में भी कार्य कर सकती है। ईसीसीएस के इस अक्रिय भाग में विशेष एक्युमुलेटर टैंक होते हैं जो कि स्वतंत्र नोजल द्वारा आरपीवी की ऊंचाईयुक्त अवस्थिति से रिएक्टर प्रेशर वेसल (आरपीवी)से जुड़े होते हैं। यदि शीतलन का अभाव होता है, शीतलक प्रेशर कम हो जाता है।

उस समय जब शीतलक का दाब पूर्व निर्धारित मान (जो कि टैंक दाब से कम हो) से कम हो जाने पर, भंडारित बोरॉनयुक्त पानी रिएक्टर कोर में गिरना आरंभ हो जाता है। यहां एक ओर अक्रिय सिस्टम का प्रावधान है जो कि आरपीवी से ऊपर ऊंचाईयुक्त अवस्थिति पर अतिरिक्त पानी को रोककर रखता है, जो कि आपातकाल के दौरान कोर को डुबाए रखने के लिए विस्तारित अवधि के लिए धीरे धीरे पानी प्रवाहित करता है।

अक्रिय ईसीसीएस एक सक्रिय ईसीसीएस द्वारा बैकअप प्राप्त होता है जो पंपों का इस्तेमाल करता है और 4 उच्च दाब चैनलों एवं 4 निम्न दाब के चैनलों के सबसैट से प्रकार्यता प्राप्त करता है। सिस्टम को लंबी अवधि हेतु अवशिष्ट ऊष्मा को निष्कासित करने के लिए डिजाइन किया गया है। यह सिस्टम अवशिष्टइंधन पोंड के स्रोत से अतिरिक्त पानी का इस्तेमाल करता है और इसके बाद संरोधन संप में सक्शन पर स्विच हो जाता है।

संरोधन स्प्रे सिस्टम

रिएक्टर में एक संरोधन स्प्रे सिस्टम का प्रावधान होता है, जो कि रिएक्टर संरोधन में उत्पन्न ऊष्मा को निष्कासित करता है, उदाहरण के तौर पर कूलेंट पाइपलाइन में अवरोध होने पर संरोधन के अंदर ऊष्मा एकत्रित हो जाती है। संरोधन के अंदर पूर्वनिर्धारित दाब मान से आगे दाब बढ़ जाने पर फव्वारा सिस्टम स्वतः सक्रिय हो जाते हैं। इस सिस्टम में फव्वारों के दो अधिक चैनल लगे होते हैं जो कि संरोधन डोम के अंदर पानी का छिडकाव करते हैं। वाष्प को संघनित्र करके संरोधन सिस्टम तापमान को नियंत्रित करता है और उस मान दाब तक ले जाता है जिस पर इंटीग्रीटी सुनिश्चित की जाती है। छिडकाव के पानी में ऐसे रसायन भी होते हैं जो विखंडन उत्पादों को बंधित करते है जो कि संरोधन बिल्डिंग के अंदर प्राथमिक सिस्टम रिसाव के दौरान उन्मुक्त हुए हों।

निश्चेष्ट ऊष्मा निष्कासन प्रणाली (पीएचआरएस)

निश्चेष्ट ऊष्मा निष्कासन प्रणाली (पीएचआरएस) के.के.एन.पी.पी. की एक अनूठी संरक्षा विशेषता है। संयंत्र के अंदर विद्युत नहीं होने एवं ग्रिड पावर तथा बैकअप पावर भी नहीं होने जैसी बदतर स्थिति होने पर आपातकालीन रिएक्टर कोर कूलिंग उपलब्ध कराने के लिए इस सिस्टम को डिजाइन किया गया है। संरक्षा के इस उत्कृष्ट स्तर को अक्रिय 'थर्मो सिफनिंग' के द्वारा प्राप्त किया गया है और यह एयर डक्ट्स के इस्तेमाल द्वारा संवहन के प्राकृतिक सिध्दांतों पर कार्य करता है। रिएक्टर से ऊष्मा का स्थानांतरण स्टीम जेनरेटरर्स के द्वितीयक सतह में उपस्थित पानी की विशाल मात्रा में होता है और यह पानी बाहरी संरोधन के ऊपर लगे कूलर से वायुमंडलीय वायु द्वारा शीतल किया जाता है। गर्म वायु स्वतः ही ऊपर उठती है और आउटलेट डक्ट्स द्वारा निष्कासित की जाती है, जबकि ठंडी वायु इन्लेट डक्ट्स के द्वारा अंदर आती है। एक प्राकृतिक परिसंचरण स्थापित हो जाता है और बिना किसी पावर के इस्तेमाल के ऊष्मा निष्कासित हो जाती है।

हाइड्रोजन संयोजक

संरोधन बिल्डिंग में अवस्थित हाइड्रोजन संयोजक केकेएनपीपी के अक्रिय संरक्षा सिस्टम का एक और उदाहरण है। ये रसायनिक उत्प्रेरक के सिध्दांत (पैलेडियम धातु का उत्प्रेरक के रूप में इस्तेमाल) पर कार्य करते हैं और इन्हें किसी भी प्रकार के प्रचालक अंतर्वेशन अथवा विद्युत की आवश्यकता नहीं होती है। इन परोक्ष डिवाइसों के सैट से अत्यंत असंभावित घटना के दौरान उच्च तापमान पर जल और धातु की अभिक्रिया से उत्पन्न हाइड्रोजन को संयोजित होती है और इस प्रकार हाइड्रोजन गैस विस्फोट (जैसा कि फुकुशिमा में हुआ था) नहीं होगा।

कोर केचर

कोर केचर भी एक और अक्रिय संरक्षा डिवाइस है जिसे भारत के किसी भी रिएक्टर में पहली बार लगाया गया है। यह एक बहुत बडा स्टील टैंक प्रकार का संरोधन होता है जो कि केकेएनपीपी के रिएक्टर बिल्डिंग के प्रत्येक रिएक्टर कोर के नीचे अवस्थित होता है, बदतर स्थिति में जब ईंधन पिघलने की स्थिति हो, तब कोर केचर रिएक्टर के तले से निकलने वाले किसी भी पिघले ईंधन को एकत्र कर लेगा। कोर केचर में फेरस ऑक्साइड और एल्युमिनियम ऑक्साइड की ईंटें लगी होती हैं जो स्वयं पिघलकर उस ऊष्मा को अवशोषित कर लेंगी और इस प्रकार तापमान कम हो जाएगा तथा संयंत्र के तले से अथवा भूमि के अंदर रेडियोधर्मी पदार्थ के रिसाव को रोकते हुए ईंधन को ढेर में परिवर्तित भी करता है।

रिएक्टर भवन निर्माण के दौरान कोर कैचर को नीचे स्थापित करते हुए

संरक्षा के ढांचे में आमूल सुदृढ़ता

फुकुशिमा दुर्घटना के पश्चात् के.के.एन.पी.पी.-1 एवं 2 के संरक्षा विश्लेषण निष्पादित करने हेतु एनपीसीआईएल द्वारा टास्क फोर्स गठित की गई। सुनामी के कारण अभिप्रेरक शक्ति की क्षमता एवं डिजाइन शीतलन जलापूर्ति मार्ग के अक्षम होने के कारण पोस्टुलेटेड के दौरान डिजाइन आधारित दुर्घटना से परे (बीडीबीए) टास्क फोर्स ने के.के. एन.पी.पी. कोर शीतलन क्षमता की समीक्षा की। यह निष्कर्ष निकाला गया कि केकेएनपीपी डिजाइन में निम्नलिखित है:

- विद्युत एवं डिजाइन्ड कूलिंग वाटर सप्लाई रूट की अनुपलब्धता स्थिति में रिएक्टर शटडाउन, कोर शीतलन सुनिश्चित करने हेतु अक्रिय संरक्षा प्रणाली।
- संरोधन सिस्टम की सुस्वस्थता सुनिश्चित करने हेतु हाइड्रोजन प्रबंधन एवं पिघली कोर दीर्घ अवधि शीतलन प्रणाली भी उपलब्ध है।
- सभी मुख्य भवनों के ग्रेड स्तरों में डिजाइन आधारित बाढ स्तर (डीबीएफएल) के अधिगमित मान से गुंजाइश होती है।

तथापि पुनः गहन सुरक्षा संरक्षा प्रतिमानों को बढाने और संरक्षा को उत्कृष्ट स्तर तक ले जाने के लिए कदाचित बहुत कम आने वाले फुकुशिमा जैसे गंभीर प्राकृतिक घटनाओं से बचने के लिए कुछ अतिरिक्त उपाय किए गए, साथ ही अभिकल्पित स्टेशन ब्लैक आउट परिस्थितियों (एसबीओ)का भी ध्यान रखा गया।

- उच्च अवस्थिति पर एक 8000 मी^{3} जल धारित्र क्षमता का एक टैंक।
- अंतर्वेशन संघटक शीतलन प्रणाली से जल एकत्र करने हेतु योजना।
- स्पेंट फ्यूल पूल तक पानी एकत्र करने हेतु योजना।
- एसजी के द्वितीयक भाग तक पानी एकत्रित करने हेतु योजना।
- रिएक्टर बिल्डिंग के बाहर स्थित 160 मी^{3} बोरोनयुक्त जल भंडारित टैंक से प्राथमिक सर्किट तक बोरोनयुक्त पानी के इंजेक्शन हेतु योजना।
- वॉल्वों एवं प्लंजर पंप हेतु मोबाइल डीजल जेनरेटर से बैकअप पावर सप्लाई उपलब्ध कराने हेतु योजना।

कमीशनिंग विशिष्टताएँ

360° रोटेटिंग पोलर क्रेन के इस्तेमाल द्वारा रिएक्टर बिल्डिंग मे
भारी ओडीसी उपकरण की हैंडलिंग एवं स्थापन करते हुए।

कमीशनिंग का परिदृश्य

पूर्व कमीशनिंग के क्रम में जो कि उपकरणों, संरचनाओं एवं प्रणालियों के डिजाइन मापकों के संदर्भ में विश्वसनीयता एवं सहनशीलता की वैधता हेतु परीक्षण संचालित किए गए, दो रिएक्टर वाली केकेएनपीपी की प्रथम इकाई की केकेएनपीपी-1 के संदर्भ में उनमें से प्रमुख निम्नलिखित हैं।

रिएक्टर संरोधन बिल्डिंग की सुव्यवस्था परीक्षण

रिएक्टर संरोधन बिल्डिंग की संरचनात्मक सशक्तता एवं अखंडता प्रदर्शित करना एक महत्वपूर्ण पूर्व-कमीशनिंग गुण है। सामान्य प्रचालन में लगने वाले दाब की तुलना में रिएक्टर बिल्डिंग पर कई गुना दाब लगाकर इसका सफलतापूर्वक परीक्षण किया गया। इसके लिए आंतरिक संरोधन को 4.60 किग्रा/सेमी^{2} तक दाबित किया गया, जो कि वायुमंडलीय दाब से कई गुना अधिक है यद्यपि प्रचालन स्थिति के दौरान यह दाब थोड़ा नकारात्मक (वायुमंडलीय दाब के बहुत नजदीक) भी होगा।

हाइड्रो परीक्षण

नाभिकीय वाष्प आपूर्ति प्रणाली (एनएसएसएस) के प्राथमिक एवं द्वितीयक सर्किटों का हाइड्रो परीक्षण सफलतापूर्वक संपन्न किया गया ताकि सर्किटों की मजबूती तथा उनके रिसाव रोधी होने का पता लगाया जा सके। रिएक्टर के प्राथमिक सर्किट का हाइड्रो परीक्षण सामान्य प्रचालन दाब से 40 प्रतिशत अधिक 24.5 एमपीए (250 किग्राएफ/सेमी^{2}) दाब पर किया गया तथा इसमें रिएक्टर दाब पात्र, वाष्पजनित्रों, रिएक्टर शीतलक पंपों दाबित्र, मुख्य शीतलक पाइपिंग, क्विक बोरोन इंजेक्शन सिस्टम के टैंक तथा विभिन्न रिएक्टर प्रक्रिया तथा संरक्षा प्रणाली के उपकरण, पाइपिंग तथा टयूबिंग का परीक्षण इसमें सम्मिलित था। प्राथमिक सर्किट को उच्चतर तापमान तक (900 सेंटीग्रेड से कम नहीं) पर परीक्षित किया गया। समुद्री जल शीतलक प्रणालियों, कम्पोनेंट शीतलक प्रणालियों, जल रसायनिकी नियंत्रण प्रणालियों मेक-अप वाटर प्रणालियों, दाब प्रणालियों विद्युत आपूर्ति प्रणालियों, नियंत्रण प्रणालियों तथा मुख्य नियंत्रण कक्ष जैसी सभी आवश्यक सहायक प्रणालियों को हाइड्रो परीक्षण आरंभ करने से पूर्व प्रचालित किया गया। सभी चार रिएक्टर शीतलक पंपों का भी पहले से पूर्वाभ्यास के रूप में सफलतापूर्वक प्रचालन किया गया। द्वितीयक सर्किट को कुछ दिन बाद 110 किग्राएफ/सेमी^{2} पर परीक्षित किया गया।

हॉट रन

किसी रिएक्टर की प्रथम क्रांतिकता प्राप्त करने से पूर्व किए जाने वाले प्रमुख अभ्यासों में से एक हॉटरन है। केकेएनपीपी का हॉट रन दो चरणों में संपन्न किया गया। पहले चरण में परमाणु ऊर्जा नियामक बोर्ड से अनुमति लेकर प्राथमिक सर्किट का तापमान 130 डिग्री सेंटीग्रेड तक बढाया गया, जिसके पश्चात् रिएक्टर शीतलक पंप (आरसीपीएस) चालू किए गए। प्राथमिक सर्किट का तापमान 130 डिग्री सेंटीग्रेड कई दिनों तक बढ़ाया गया तथा रिएक्टर शीतलक पंपों (आरसीपी) के संयोजन परीक्षण पूर्ण किए गए। फिर दूसरे चरण में 130 डिग्री सेंटीग्रेड तापमान से ज्यादा तापमान बढाने के लिए परमाणु ऊर्जा नियामक बोर्ड से अनुमति मिलने के बाद तापमान को धीरे-धीरे तब तक बढाया गया जब तक प्राथमिक सर्किट का तापमान 260 डिग्री सेंटीग्रेड और दाब 15.7 एमपीए तक नहीं पहुंच गया। उसके पश्चात् वाष्प का ब्लोडाउन शुरु किया गया। एक सप्ताह बाद वाष्प की फ्लशिंग पूरी की गई। जब प्राथमिक सर्किट का तापमान 260 डिग्री सेंटीग्रेड और दाब 15.5 एमपीए तक पहुँचा जब मुख्य वाष्प हैडर का तापमान भी 260 डिग्री सेंटीग्रेड तथा दाब 6 एमपीए तक पहुँच गया था।

सतत विद्युत प्रचालन की यात्रा

रिएक्टर इकाई की कमीशनिंग प्रक्रिया में प्राथमिक सर्किट (रिएक्टर साइड) तथा द्वितीयक सर्किट (टर्बाइन साइड) प्रणालियों, संरक्षा प्रणालियों, विद्युत प्रणालियों आदि में कई संरक्षा एवं निष्पादन परीक्षण शामिल होते हैं ताकि यह सुनिश्चित किया जा सके कि सभी प्रणालियां डिजाइन के अनुरूप कार्य निष्पादन कर रही हैं।

कमीशनिंग गतिविधियों को मुख्यतः तीन चरणोंः चरण ए, चरण बी एवं चरण सी में विभाजित किया जाता है। चरण ए की कमीशनिंग गतिविधियां मुख्यतः प्रत्येक उपकरण एवं प्रणाली की कमिशिनंग पर केंद्रित होती है। प्राथमिक एवं द्वितीयक सर्किटों की मजबूती को हाइड्रो परीक्षण के माध्यम से परीक्षित किया जाता है जबकि इसी स्तर पर संरोधन मजबूती परीक्षण भी किया जाता है।

तत्पश्चात् रिएक्टर में वास्तविक ईंधन की नकल में डमी ईंधन के साथ सभी प्रणालियों की एकीकृत निष्पादन क्षमता देखी जाती है। हॉट फंक्शनल टेस्ट (हॉटरन) के इस स्तर पर समूचे नाभिकीय विद्युत संयंत्र की थर्मल हाइड्रोलिक निष्पादन क्षमता का मूल्यांकन पूर्व निर्धारित प्रचालन परिमापों पर किया जाता है।

चरण बी की कमीशनिंग में रिएक्टर में नाभिकीय ईंधन डाला जाता है तथा प्राथमिक प्रणाली सर्किट को नॉमिनल परिमापों तक ऊष्मित किया जाता है तथा रिएक्टर को प्रथम क्रांतिकता तक लाने के लिए रिएक्टर का भौतिक स्टॉर्टअप किया जाता है।

चरण सी कमीशनिंग गतिविधियों में फेज सी-1, फेज सी-2 तथा फेज सी-3 तीन उप स्तर शामिल होते हैं जिनमें मान्य मापदंडों के संबंध में विभिन्न ट्रांजिएंट्स के प्रणाली की निष्पादन क्षमता का मूल्यांकन करने पर ध्यान केंद्रित होता है।

फेज सी-1 में रिएक्टर की शक्ति को पूर्ण शक्ति के 50 प्रतिशत तक बढ़ाया जाता है तथा जनित्र को ग्रिड से जोडा जाता है। जनित्र को ग्रिड से जोडने के बाद रिएक्टर प्रणालियों, द्वितीयक फीडवाटर तथा टर्बाइन जनरेटर प्रणालियों से संबंधित विभिन्न परीक्षण किए जाते हैं। फेज सी-2 में रिएक्टर की शक्ति को पूर्ण शक्ति के 75 प्रतिशत तक बढाया जाता है ग्रिड से सिंक्रोनाइज्ड जनरेटर के साथ रिएक्टर एवं टरबाइन प्रणलियों से संबंधित विभिन्न परीक्षण किए गए। फेज सी-3 में रिएक्टर की शक्ति को क्रमशः पहले 90 प्रतिशत तक और फिर शत-प्रतिशत तक बढ़ाया जाता हैं। इस चरण में रिएक्टर तथा टर्बाइन जनित्र प्रणालियों पर जनरेटर को ग्रिड से जुडे हुए ही कई ट्रांजिएंट और डायनेमिक परीक्षण भी किए जाते हैं।

केकेएनपीपी में कमीशनिंग फेज के दौरान निष्पादित किए गए परीक्षण बहुत व्यापक हैं; कुछ का वर्णन निम्नप्रकार से है;

प्राथमिक संरोधन के रिसाव रोधी का मूल्यांकन करने के लिए संरोधन मजबूती परीक्षण।

- प्रणाली की एकीकृतता के मूल्यांकन हेतु प्राथमिक एवं द्वितीयक सर्किट हाइड्रो परीक्षण।
- रिएक्टर कोर हाइड्रोलिक विशेषताओं के मूल्यांकन हेतु विभिन्न संयोजन में रिएक्टर शीतलक पंपों को बंद करके रिएक्टर प्रणालियों का प्रकार्य परीक्षण।
- संरक्षा प्रणालियों के निष्पादन का मूल्यांकन करने के लिए आपातकालीन कोर शीतलन प्रणाली की सभी चारों ट्रेनों और संरोधन स्प्रे सिस्टम के एकीकृत प्रचालन परीक्षण।
- कोर परिसंचरण के पूर्ण क्षति के अंतर्गत प्राकृतिक संवहन ऊष्मा निष्कासन के निर्माण के मूल्यांकन हेतु प्राकृतिक परिसंचरण परीक्षण।
- रिएक्टर के न्यूट्रॉनिक गुणधर्म के मूल्यांकन हेतु न्यून शक्ति भौतिकी परीक्षण एवं जीनॉन स्थायित्व परीक्षण।
- विद्युत प्रणाली प्रकार्य परीक्षण जैसे डीजल जनरेटर्स का आपातकालीन पावर पारेषण परीक्षण, हाऊस लोड के अंतर्गत टर्बो जनरेटर का नेट लोड रिजेक्शन परीक्षण एवं संतोषजनक प्रचालन।
- टर्बाइन प्रणाली प्रकार्य परीक्षण जैसे इलैक्ट्रो -हाइड्रोलिक गवर्निंग सिस्टम एकीकृत परीक्षण एवं लोड थ्रो ऑफ परीक्षण।
- नियंत्रण प्रणाली एवं इंस्ट्रूमेंटेशन प्रकार्य परीक्षण जैसे न्यूट्रॉन फ्लक्स अनुवीक्षण उपकरण परीक्षण, अनुवीक्षण एवं नैदानिक प्रणाली परीक्षण एवं स्वचालन पावर नियंत्रण परीक्षण।

सभी पोस्टुलेटेड प्रचालन चरणों के अंतर्गत नाभिकीय विद्युत संयंत्रों के सुरक्षित प्रचालन सुनिश्चित करने एवं उपकरणों की सहनशीलता क्षमता सुनिश्चित करने के लिए अंतरराष्ट्रीय मानकों के अनुसार इस प्रकार के अनेक परीक्षण निष्पादित किए गए।

विखंडन शृंखला अभिक्रिया का जादू प्रारंभ

प्रथम क्रांतिकता की प्राप्ति

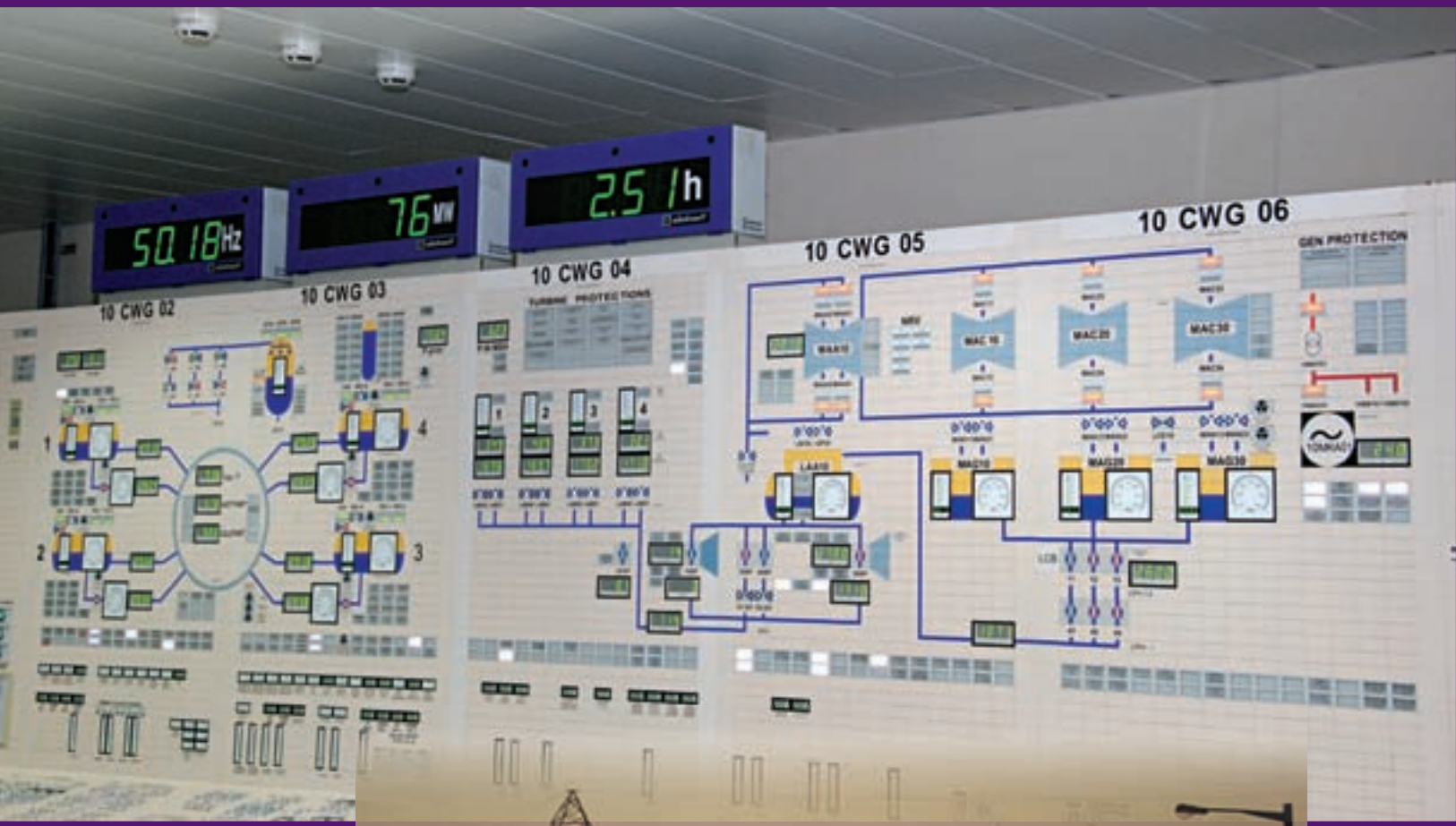
केकेएनपीपी रिएक्टर इकाई-1 (केकेएनपीपी-1) ने अपनी प्रथम क्रांतिकता 13 जुलाई, 2013 को प्राप्त की।

क्रांतिकता, एक नाभिकीय रिएक्टर की नियंत्रित चेन रिएक्शन (शृंखला प्रतिक्रिया) को स्वत: बनाए रखने की अवस्था तक पहुंचना है। इसका अर्थ है कि रिएक्टर कोर में विखंडन को बनाए रखने के लिए न्यूट्रॉनों के किसी बाह्य स्रोत की आवश्यकता नहीं होती है। नाभिकीय रिएक्टर के अंदर क्रांतिकता रिएक्टर से ऊर्जा की उपयोगी मात्रा उत्पन्न करने के लिए, प्रथम आवश्यकता है।

केकेएनपीपी इकाई-1 के लिए महत्वपूर्ण माइलस्टोन 2305 बजे हासिल किया गया जब 'बोरोन डाइल्यूशन प्रक्रिया' द्वारा न्यूट्रॉन सांद्रण को बढ़ने दिया गया, फिशन प्रारंभ हो गया और ताप पैदा होने लगा। इससे पूर्व ईंधन वाले रिएक्टर को सांद्रित बोरेटैड पानी से भरा गया था।

प्रथम क्रांतिकता की संपूर्ण प्रक्रिया पूरी तरह पुस्तक में लिखे अनुसार पूरी की गई।

ग्रिड में विद्युत प्रवाह प्रारंभ



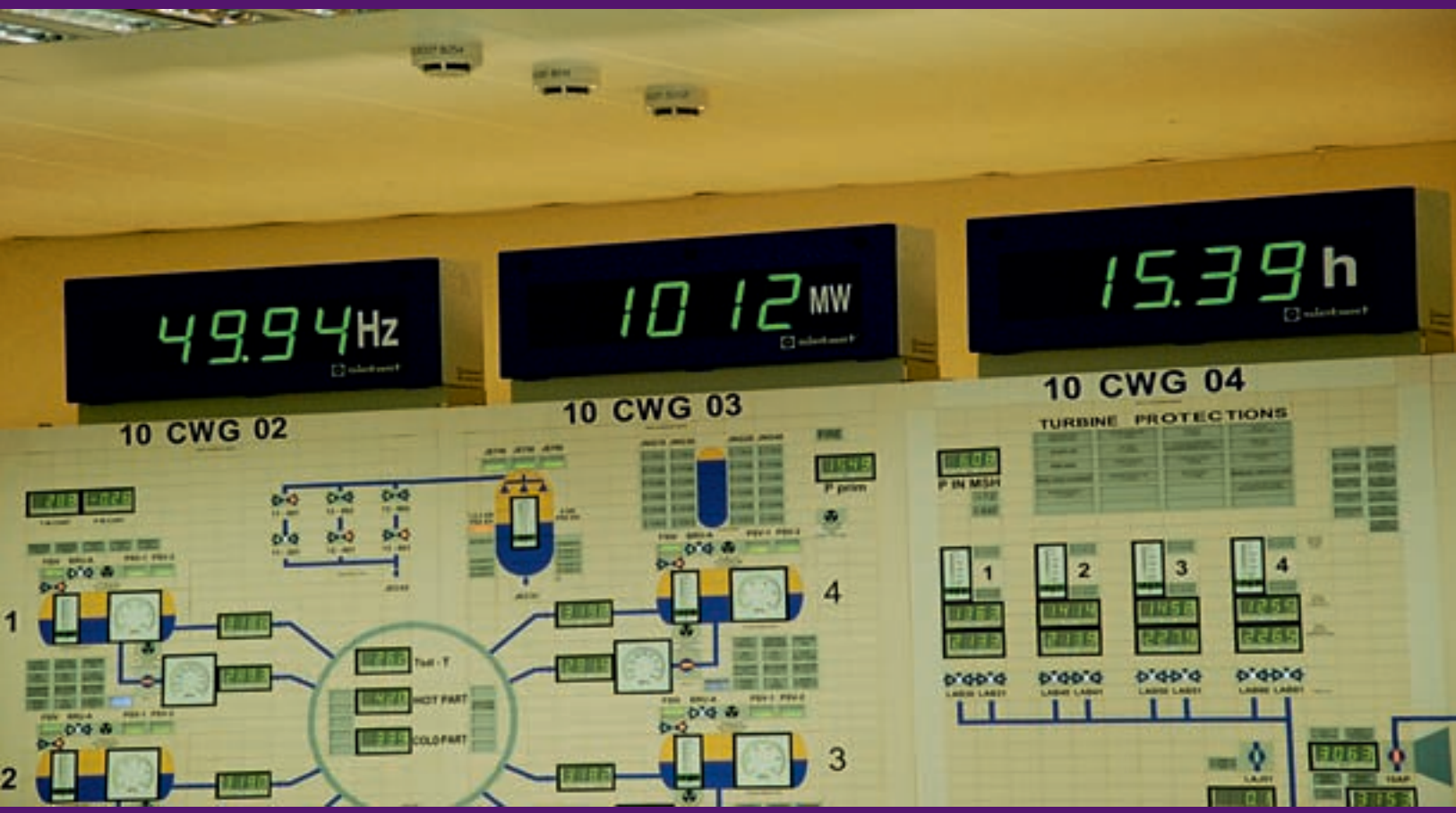
दक्षिणी ग्रिड से सिंक्रोनाइजेशन

केकेएनपीपी-1 को 22 अक्टूबर, 2013 को पहली बार दक्षिणी ग्रिड से जोड़ा एवं सिंक्रोनाइज़ किया गया।

0245 बजे प्रथम इकाई ने शुरूआत में 75 मेगावॉट का उत्पादन किया जो धीरे-धीरे 160 मेगावॉट तक बढ़ा। तदनन्तर ऊर्जा सफलतापूर्वक दक्षिणी ग्रिड को प्रेषित/ ट्रांसमिट कर दी गई।

कुडनकुलम से उत्पन्न ऊर्जा/ बिजली दक्षिणी ग्रिड के लाभग्राही राज्यों नामत: तमिलनाडु, कर्नाटक, केरल, पुडुचेरी एवं आंध्रप्रदेश के बीच बट जाती है।

रेडी, स्टेडी, गो


49.94 Hz
10 12 MW
15.39 h
10 CWG 02
10 CWG 03
10 CWG 04
TURBINE PROTECTIONS
HOT PART
COLD PART

पूर्ण विद्युत-शक्ति प्रचालन

केकेएनपीपी इकाई-1 ने 7 जून, 2014 को अपनी क्षमता की पूर्ण ऊर्जा 1000 मेगावॉट 1320 बजे प्राप्त की। ऊर्जा स्तर को परमाणु ऊर्जा नियामक परिषद (एईआरबी) द्वारा प्रदत्त अनापत्तियों के अनुरूप क्रमिक चरणों में धीरे-धीरे बढ़ाया गया। प्रत्येक चरण की सफलता पर विभिन्न परीक्षण किए गए एवं अगले चरण से संबंधित अनापत्तियां एईआरबी से प्राप्त कर ली गईं। पूर्ण ऊर्जा प्राप्ति के स्तर पर अनुबद्ध परीक्षण संचालित किए गए तथा समीक्षा एवं इकाई द्वारा पूर्ण ऊर्जा उत्पादन हेतु सतत् प्रचालन के लिए अंतिम अनापत्ति प्राप्ति के लिए परीक्षण रिपोर्टें प्रस्तुत की गईं।

स्वप्न जो साकार हुआ

इंतजार खत्म हुआ। 1000 मेगावॉट की केकेएनपीपी-1, भारत की 21वीं परमाणु ऊर्जा रिएक्टर इकाई, जिसे देश की अधिकतम ऊर्जा उत्पन्न करने वाली इकाई होने की विशेष योग्यता भी प्राप्त है, ने 31 दिसंबर, 2014 को 0001 बजे वाणिज्यिक प्रचालन का कीर्तिमान प्राप्त किया। इसी के साथ, भारत में स्थापित परमाणु ऊर्जा उत्पादन क्षमता अब 5780 मेगावॉट पर पहुंच गई है। यह इकाई करोड़ों घरों में ऊर्जा एवं मुस्कुराहट लेकर आई है। केकेएनपीपी-1 से 22 अक्टूबर, 2013 से 24 जून, 2015 तक बिजली का कुल शुद्ध उत्पादन 6873 करोड़ युनिट रहा है। भारत-रुसी सरकार की इस उत्कृष्ट तकनीकी उपलब्धि ने भारत में परमाणु ऊर्जा उत्पादन के इतिहास में एक स्वर्ण अध्याय प्रारंभ किया है। केकेएनपीपी-1व2, प्रथम द्वि-इकाई (2x1000 मेगावॉट), देश की दाबित पानी रिएक्टर के प्रकार की परमाणु ऊर्जा परियोजना ने, आने वाले वर्षों में अंतरराष्ट्रीय सहयोग से भारत में स्थापित होने वाली अधिक-क्षमता (1000 मेगावॉट और अधिक) की परमाणु ऊर्जा रिएक्टर इकाईयों की श्रृंखला की आधारशिला रख दी है। यह दाबित भारी पानी रिएक्टर (पीएचडब्ल्यूआर) सहित हमारे अपने स्वदेशी परमाणु ऊर्जा कार्यक्रम को देश में ऊर्जा उत्पादन की गति को बढ़ाने एवं उससे एक बेहतर कल के लिए तीव्र आर्थिक वृद्धि एवं विकास को शक्ति प्रदान करने के लिए संपूरित करेगा।

नाभिकीय प्रशिक्षण केंद्र

आज और कल के लिए मानव पूंजी का विकास

किसी भी अन्य ओजस्वी संगठन की भांति, मानव संसाधन एनपीसीआईएल की रीढ़ की हड्डी का निर्माण करते हैं। प्रशिक्षण केंद्रीय है जिससे ऐसे सक्षम व्यक्तियों के दल का विकास हो जो विशेषता प्राप्त समूहों में श्रेष्ठ सामंजस्य के साथ आज और आने वाले कल के संगठनात्मक लक्ष्यों की प्राप्ति के लिए कार्य करते हैं। एनपीसीआईएल में, यह अद्‌भुत प्रशिक्षण एवं कौशल विकास कार्यक्रमों द्वारा संपादित किया जाता है, जिसमें नाभिकीय प्रशिक्षण केंद्र (एनटीसी) प्रबल भूमिका निभाते हैं।

एनटीसी सुस्थापित होते हैं, नवीनतम शिक्षण सामग्री, प्रशिक्षण के आधारभूत ढ़ांचे, ढ़ांचागत डॉक्यूमेंटेशन एवं प्रशिक्षण सहायक सामग्री तथा इन सबसे ऊपर/ महत्वपूर्ण अनुभवी फैकल्टियों के एक विशाल दल से पूर्णतया सुसज्जित।

केकेएनपीपी के आईएसओ-9001:2000 प्रमाणित एनटीसी के पास 'विशेषीकृत-दाबित पानी रिएक्टर' प्रशिक्षण केंद्र, जहां नवोन्नत प्रारुपों, मॉकअप एवं संदर्भित संयंत्र सिम्यूलेटर जैसे उपस्कर हैं। कुडनकुलम परमाणु ऊर्जा परियोजना के प्रशिक्षण सिम्यूलेटर की विस्तारित प्रतिकृति का आशय कुडनकुलम एनपीपी के प्रचालन की समस्त पद्धतियों में प्रचालन अभियंताओं को प्रशिक्षण दिया जाना है। यह सिम्यूलेटर समस्त सामान्य प्रचालन दशाओं नामत: स्टार्टअप एवं शटडाउन, साथ ही इसी प्रकार असामान्य प्रचालन जिसमें प्रशिक्षण के उद्देश्य से दुर्घटना की दशा शामिल है। केकेएफएसएस का डिजाइन संदर्भ इकाई के रूप में केकेएनपीपी इकाई-1 पर आधारित है।

प्रशिक्षण सिम्यूलेटर में क्षमता है कि वह ठंडी से गर्म अवस्था में संयंत्र स्टार्ट अप को सिम्यूलेट कर सके, ऊर्जा श्रेणियों में से युक्तिपूर्ण तरीके से पूर्ण ऊर्जा प्राप्त कर सके। इसी प्रकार से इकाई की ऊर्जा कम करना, शटडाउन एवं कूल-डाउन को सिम्यूलेट किया जा सकता है। साथ ही, क्षणिक एवं आपातकाल प्रचालन दशाओं जैसे प्रत्याशित प्रचालनरत घटनाएं, डिजाइन आधारित दुर्घटनाएं एवं डिजाइन आधारित से परे दुर्घटनाएं भी सिम्यूलेट की जा सकती हैं। सिम्यूलेशन क्षमता में असंभावित दुर्घटना दशाएं जैसे कि स्टेशन ब्लैकआउट, प्राथमिक सर्किट में कूलेंट अभाव दुर्घटना, फीड वॉटर का पूर्णतया अभाव, ऊर्जा पर नियंत्रण रॉड ग्रुप का अनियंत्रित प्रत्याहार, रिएक्टर आपातकाल बचाव प्रणाली का असफल हो जाना, स्टेशन ब्लैकआउट सहित प्राथमिक सर्किट में कूलेंट अभाव दुर्घटना इत्यादि शामिल हैं।

केकेएनपीपी की विद्युत प्रणालियों का विकास: एक अभियांत्रिक यात्रा

आर. कामथ, एसीई (परियोजना एलडब्ल्यूआर-विद्युत), केकेएनपीपी-3व4

कुडनकुलम परमाणु ऊर्जा परियोजना (केकेएनपीपी) सभी प्रकार से भारतीय परमाणु ऊर्जा के इतिहास में एक स्मरणीय उपलब्धि है, वास्तव में जिसकी आधारशिला काफी समय पहले वर्ष 1988 में उस समय के सोवियत यूनियन एवं भारत द्वारा हस्ताक्षरित अंतर सरकार करार के माध्यम से 20 नवंबर, 1988 को रखी गई थी।

परियोजना की किसी भी अन्य प्रणाली की भांति कुडनकुलम परमाणु ऊर्जा परियोजना की विद्युत प्रणालियां अंतिम स्वरूप-डिजाइन डॉक्यूमेंटेशन के साथ-साथ केकेएनपीपी रिएक्टर इकाइयों-1व2 की विद्युत प्रणालियों के इरेक्शन, परीक्षण एवं कमिशनिंग की सफलतापूर्वक समाप्ति के माध्यम से विद्युत प्रणालियों का कार्यान्वयन, दोनों ही रूपों में विकास एवं प्रगति की एक श्रृंखला से होकर गुजरी हैं।

यह लेख इस पूरी प्रक्रिया, इस विकास के प्रारंभ, केकेएनपीपी के लिए 1988 में उस समय के सोवियत यूनियन एवं भारत द्वारा हस्ताक्षरित आईजीए (अंतर सरकार करार) के बाद से इकाई-1 जेनेरेटर के सिंक्रोनाइजेशन तक के इन वर्षों में विभिन्न मुद्दों के संपूर्ण सप्तक की प्रगति को प्रस्तुत करने का प्रयास कर रहा है।

1 टेक्निकल असाइनमेंट (टीए)

टेक्निकल असाइनमेंट (टीए), टेक्निकल दस्तावेजों में प्रथम और सबसे महत्वपूर्ण है, जो तत्कालीन सोवियत/ रूसी विशेषज्ञों के साथ हुई गहन वार्ताओं की श्रृंखला पर आधारित है। दस्तावेज में विभिन्न मुख्य प्रणालियों एवं उपस्करों जिसमें संयंत्र के इंजीनियर्ड सेफ्टी फिचर्स, जिन्हें संयंत्र के डिजाइन विस्तार के समय पूरा किया जाना था के नामों, परिभाषाओं, वर्गीकरणों, सामान्य डिजाइन एवं तकनीकी आवश्यकताओं का आधारभूत विवरण था। एक परमाणु ऊर्जा केंद्र की विभिन्न प्रकार के लोड एवं ग्रिड संबंधी विशेषताओं के तहत प्रचालन अवस्थाओं की भी विस्तारपूर्वक चर्चा की गई तथा उपस्करों की तकनीकी आवश्यकताओं जो इस प्रकार की लोड विभिन्नताओं एवं नियमनों का वहन कर सके, की गणना विस्तृत डिजाइन अभियांत्रिकी के विकास के आधारभूत मापदंड के रूप में की गई।

इसके साथ, इस दस्तावेज में डिजाइन विस्तार के दौरान अनुसरण एवं संग्रहित किए जाने वाले नियामक दस्तावेज एवं अंतरराष्ट्रीय नियमन/ मानदंड/ कोड इत्यादि की भी चर्चा की गई एवं अंतिम रूप दिया गया। तकनीकी असाइनमेंट में तत्कालीन सोवियत यूनियन के संदर्भ संयंत्रों पर विचार-विमर्श किया गया एवं सूची बनाई गई।

केकेएनपीपी की विद्युत प्रणालियों के लिए टीए

विद्युत प्रणालियों के लिए प्रणालियों (दोनों प्रकार की सामान्य एवं आपातकाल) का संक्षिप्त विवरण एवं उपस्कर जो अतिरिक्त उच्च वॉल्टेज (ईएचवी)/ मध्यम वॉल्टेज (एमवी)/ निम्न वॉल्टेज (एलवी) स्विचगेयर, ट्रांसफॉर्मरों, डीजल जेनेरेटर सेटों, बैटरियों के प्रकार इत्यादि सभी की चर्चा की गई एवं दोनों पक्षों के बीच पारस्परिक सहमति हुई। इन समस्त प्रणालियों एवं उपस्कर की मुख्य तकनीकी विशेषताओं एवं आवश्यकताओं जिसमें केकेएनपीपी के लिए अनुप्रयोज्य वॉल्टेज स्तरों का चयन शामिल था, पर भी विचार-विमर्श किया गया एवं पारस्परिक सहमति हुई।

प्रमुख रूप से दीर्घ एवं अल्प-कालीन नियमन विशेषताओं जो प्रचालन और साथ ही साथ 'सामान्य ग्रिड' एवं 'ग्रिड डिस्टर्बेंस' अवधि के दौरान आउटपुट का नियमन शामिल करते हों, के लिए

आधारभूत दिशानिर्देशों पर चर्चा की गई, परिणामत: जेनेरेटर हेतु पावर कर्व पर निर्णय लिया गया। इसके साथ, संयंत्र की विभिन्न दशाओं जिसमें जेनेरेटर विशेषताएं, उसका क्षमता कर्व, उसका विभिन्न ग्रिड दशाओं के प्रति रेसपॉन्स के तहत वॉल्टेज नियमन आवश्यकताओं की चर्चा की गई एवं भारतीय पक्ष की आवश्यकताओं को टीए में अनुबंधित किया गया।

मुख्य तकनीकी आवश्यकताओं में से विद्युत प्रणालियों से संबंधित कुछ की चर्चा की गई और 'टीए को फाइनल करते समय' दोनों पक्षों की सहमति वाली आवश्यकताओं को निम्नानुसार सूचीबद्ध किया गया है

ए) विस्तृत इंजीनियरिंग एवं डिजाइन पहलु जो संयंत्र विद्युत प्रणालियों एवं उपस्कर की विशेषताओं, संयंत्र की अन्य प्रणालियों एवं ग्रिड के साथ उनकी क्रिया-प्रतिक्रिया सहित शामिल करते हैं, का मूल क्षेत्र।

बी) विद्युत सहायक प्रणालियों और साथ ही साथ ऊर्जा निष्क्रमण के लिए वॉल्टेज स्तर।

सी) पावर सप्लाई के आधारभूत समूह (वर्ग) एवं प्रकार अनुमित रूकावट समय सहित, यदि पावर सप्लाई के प्रत्येक समूह के लिए कोई है।

डी) प्रणाली एवं उपस्कर क्षमता तथा पर्यावरणीय दशाएं जिसके तहत प्रणालियों एवं उपस्कर का प्रचालन अपेक्षित है, के लिए आधारभूत दिशानिर्देश।

ई) अनुमित वॉल्टेज एवं बारंबारता सहन क्षमता (फ्रिक्वेंसी टॉलरैंसेस)।

एफ) अनुप्रयोज्य मानदंड एवं योग्यता आवश्यकताएं/ अपेक्षाएं।

जी) केकेएनपीपी में विद्यमान कोस्टल एवं सेलाइन परिस्थितियों के मद्देनजर, पावर आउटपुट प्रणाली उपस्कर के विशिष्ट लक्षणों; यह प्रस्तावित किया गया कि 220 एवं 440 केवी दोनों ही प्रणालियों के लिए गैस इंस्यूलेटेड प्रकार का स्विचगेयर होना चाहिए।

एच) ट्रांसफार्मरों के साइज एवं क्षमता सीमाओं एवं टैप चेंजर की रेंज, न्यूट्रल ग्राउंडिंग प्रणालियों के प्रकार (ठोस ग्राउंडिंग), इत्यादि के मद्देनजर 'तीन सिंगल-फेज इकाइयों' के जेनेरेटर ट्रांसफार्मर होने का निर्णय लिया गया।

आई) रिजर्व एवं यूनिट ऑक्जीलेरी (इकाई सहायक) ट्रांसफार्मरों का रेंज एवं न्यूट्रल ग्राउंडिंग प्रक्रिया (रेजीस्टेंस ग्राउंडिंग) के लिए टैप चेंजिंग प्रक्रिया के प्रकार चयन; यह भी अनुबद्ध किया गया कि ट्रांसफार्मरों की प्रतिबाधा का भी चुनाव किया जाएगा जिससे सब-ट्रांसिएंट शॉर्ट-सर्किट करंट वैल्यू की प्रभावी वैल्यू 40केए से अधिक न हो एवं एसिममैट्रिकल शॉर्ट-सर्किट वैल्यू 100केए से अधिक न हो। प्रणालियों की डिजाइनिंग इस आधार पर की जानी थी कि किसी फॉल्ट के घट जाने पर शॉर्ट-सर्किट करंटों को विद्युत मोटरों की कितनी सहायता मिलती है।

जे) डिजल जेनेरेटर (डीजी) सेटों एवं उसकी सहायक प्रणालियों की आईईईई-387 के अनुसार योग्यता की अनुबद्धता एवं डीजी कक्षों में अग्निशामक प्रणालियों के प्रकार सहित मूलभूत आवश्यकताएं।

के) एमवी/एलवी स्विचगेयर एवं मोटर कंट्रोल सेंटरों (एमसीसी) के प्रकार।

एल) स्टेशन ब्लैक आउट (एसबीओ) जैसी परिस्थिति में 24 घंटे के लिए अलग से प्रावधान सहित बैटरी एवं बैटरी चार्जर/ रेक्टीफायर, इनवर्टर प्रणालियों इत्यादि के प्रकार।

एम) ऊर्जा निष्क्रमण अर्थात् नाभिकीय ऊर्जा संयंत्र (एनपीपी) का पावर ग्रिड से संबंध होने पर स्विचिंग स्कीम का प्रकार। प्रचालन नम्यता, लचीलेपन एवं इतने विशालकाय ऊर्जा संयंत्र हेतु विश्वसनीयता बिंदु को ध्यान में रखते हुए 400 केवी गैस-इंसूलेटेड स्विचगेयर (जीआईएस) प्रणाली के लिए वन एंड ए हाफ ब्रेकर स्कीम को अपनाया गया तथा 220 केवी प्रणाली के लिए 'टू मेन बस' स्कीम अनुबद्ध की

गई। एक आधारभूत सिंगल लाइन ड्रॉइंग जिसमें उक्त दोनों स्कीमें दर्शाई गई हैं, भी तैयार की गई एवं विस्तृत डिजाइन इंजीनियरिंग अवस्था के दौरान आगे के विकास के लिए एक बेसलाइन ड्रॉइंग पर पारस्परिक सहमति हुई।

एन) 6 केवी बस के पावर सप्लाई स्रोत का यूनिट सिस्टमों से रिजर्व में स्वत: चेंजओवर तथा इसी के विपरीत के दौरान मूलभूत तकनीकी आवश्यकताओं को भी सिस्टम पर अनुमित वोल्टेज ड्रॉप्स सहित अनुबद्ध किया गया।

ओ) सामान्य एवं आपातकाल ऑक्जीलरी पावर सप्लाई सिस्टमों के आधारभूत दिशानिर्देशों एवं आवश्यकताओं को भी उल्लिखित किया गया, जो सेफ्टी सिस्टम अथवा संबंधित पावर सप्लाई को दिए जाने आवश्यक भार की पहचान पर जोर देने सहित विस्तृत डिजाइन इंजीनियरिंग के विकास में मार्गदर्शक दस्तावेज के रूप काम आएगा। उक्त मानदंड को पूरा करने के क्रम में एक चौथे डीजी सेट (3x100% डीजी व्यवस्था, जिसका सामान्यतया रुसी नाभिकीय ऊर्जा संयंत्रों में उस समय बिंदु पर अनुसरण किया जाता था, के साथ) की आवश्यकता को भी तदनुसार अनुबद्ध किया गया।

पी) उपस्कर लेआउट, केबलिंग रूटों, ट्रे सिस्टमों, पृथककरण इत्यादि के विसंयोजन के संबंध में आधारभूत डिजाइन मानदंड की भी गणना की गई, जो रुसी पक्ष के विस्तृत डिजाइन इंजीनियरिंग का मार्गनिर्देशन करेंगे।

क्यू) केकेएनपीपी के केबलिंग सिस्टमों के लिए प्रयोग की जाने वाली चौड़ी प्रकार की केबलों संबंधी तकनीकी आवश्यकताओं को, प्रयोग किए जाने वाले फायर बैरियर सिस्टमों सहित विनिर्दिष्ट किया गया।

आर) विभिन्न सहायक प्रणालियों जैस कि लाइटिंग सिस्टम, रिसेप्टेकल नेटवर्क, ग्राउंडिंग, स्पेस हीटर्स इत्यादि की आवश्यकताओं की भी चर्चा की गई एवं तदनुसार अनुबद्ध किया गया।

एस) आइसोलेटेड फेज बस डक्ट (आईपीबीडी) के माध्यम से जेनेरेटर आउटपुट का ट्रांसफार्मर से अंतर्संबंध का प्रणाली-विज्ञान तथा इसी के लिए विभिन्न प्रणाली प्रचालन स्थितियों पर विचार-विमर्श किया गया एवं आवश्यकताओं को अनुबद्ध किया गया।

टी) जेनेरेटर एवं उसकी सहायक प्रणालियों की तकनीकी आवश्यकताओं तथा विभिन्न ग्रिड वॉल्टेज एवं फ्रिक्वेंसी विभिन्नताओं के तहत जेनेरेटर कार्यनिष्पादन विशिष्टिताओं, जिन्हें डिजाइन विकास के दौरान सुनिश्चित करना था, इन समस्त की चर्चा कर सहमति प्रदान की गई।

यू) इन सबसे महत्वपूर्ण, क्षेत्र, विषयवस्तुएं एवं ड्रॉइंगों/ डॉक्यूमेंटेशनों/ आकलन रिपोर्टों इत्यादि के प्रकार, जिन्हें विस्तृत डिजाइन इंजीनियरिंग अवस्था के दौरान विकसित किए जाने की आवश्यकता थी, पर भी विचार-विमर्श किया गया तथा दस्तावेज में सूचीबद्ध किया गया।

उक्त समस्त आवश्यकताओं पर संयंत्र विद्युत प्रणालियों एवं उसके उपस्करों के विस्तृत डिजाइन विकास एवं इंजीनियरिंग के दौरान रुसी डिजाइनकर्ताओं द्वारा विचार किया जाना था तथा भारतीय पक्ष द्वारा इसी की अनुपालना का अभिनिश्चयन किया जाना था।

यह नोट किया जाना भी प्रासंगिक है कि मूल टेक्निकल असाइंमेंट (टीए) की चर्चा एवं फाइनलाइजेशन वर्ष 1989-90 की प्रारंभिक चर्चाओं के दौरान किया गया, जिनकी पुन: चर्चा (1998 में दोनों देशों के बीच परियोजना संबंधी बातचीत के पुन:प्रवर्तन के बाद) आवश्यक संशोधन को शामिल करने हेतु की गई तथा अतिरिक्त एवं अद्यतन तकनीकी आवश्यकताओं

को वर्ष 1998 में दोनों पक्षों द्वारा हस्ताक्षरित परिशोधित/ संशोधित टीए में जोड़ा गया।

उक्त समस्त टीए दस्तावेजों की समीक्षा, तुलना एवं आकलन संदर्भ नाभिकीय ऊर्जा संयंत्रों में उपलब्ध प्रमुख विशेषताओं, उस समय बिंदु पर प्रचालित एवं निर्माणाधीन नए रूसी संयंत्रों के साथ ही विभिन्न कोडों, दिशानिर्देशों, मानदंडों जैसे कि आईएईए, यूएसएनआरसी, 10 सीएफआर, एईआरबी मैनुअलों, आईईसी/ आईईईई मानदंडों, भारतीय विद्युत नियमों इत्यादि के सर्वांगीण अध्ययन के माध्यम से किया गया। टीए के फाइनलाइजेशन से पूर्व सदैव, स्वदेशी तकनीक से विकसित पीएचडब्ल्यूआर संयंत्रों की संगत प्रणालियों एवं उपस्करों में विद्यमान डिजाइन विशेषताओं का संदर्भ लेकर तुलना की गई।

2.0 प्रणाली अध्ययन रिपोर्ट

किसी भी ऊर्जा संयंत्र से जुड़े ट्रांसमिशन लाइन सिस्टमों की 'ऊजा प्रणाली अध्ययन रिपोर्ट' विस्तृत डिजाइन इंजीनियरिंग, विशेषकर ऊर्जा निष्क्रमण प्रणालियों, वॉल्टेज नियमन इत्यादि से संबंधित इंजीनियरिंग भाग के विकास हेतु एक महत्वपूर्ण आधारभूत दस्तावेज है। इसमें केकेएनपीपी के लिए ट्रांसमिशन प्रणालियों की पहचान के लिए लोड फ्लो एवं शॉर्ट-सर्किट अध्ययनों पर आधारित विभिन्न अध्ययन किए जाते हैं। इसके साथ ही स्टेप-अप वॉल्टेज, ट्रांसमिशन कोरिडोर्स, आउटलेटों की संख्या एवं स्टार्ट-अप पावर उपलब्ध कराने वाले सिस्टम की पहचान करने के लिए भी इसका उपयोग किया जाता है। विभिन्न स्थायित्व आंकलनों के साथ आकस्मिक लोड थ्रो-ऑफ अथवा आकस्मिक लोड इंजेक्शन का प्रभाव, ओवर वॉल्टेज अध्ययन इत्यादि भी किए जाते हैं। केकेएनपीपी से संबद्ध ट्रांसमिशन प्रणालियों पर प्रथम ऊर्जा प्रणाली अध्ययन रिपोर्ट कंसेल्टैनसी आधारित दक्षिणी ग्रिड में तब विद्यमान ट्रांसमिशन प्रणालियों के आधार पर वर्ष 1991 में केंद्रीय विद्युत प्राधिकरण द्वारा तैयार की गई और इन अध्ययनों के माध्यम से निम्नलिखित ट्रांसमिशन लाइनें फाइनलाइज की गईं।

1. कुडनकुलम-त्रिवेनद्रम: 400 केवी डी/सी लाइन
2. कुडनकुलम-मदुरैई: 400 केवी डी/सी लाइन
3. मदुरैई-अन्नूर: 400 केवी डी/सी लाइन
4. अन्नूर-सेलम: 400 केवी एस/सी लाइन

तथापि 1992-98 की अवधि में केकेएनपीपी परियोजना पर चर्चाओं की अधिकता के कारण उक्त रिपोर्ट का पुन:अधिप्रमाणन किया गया। अत: वर्ष 1999 में केकेएनपीपी से ऊर्जा निष्क्रमण हेतु उचित ट्रांसमिशन लाइन प्रणालियों को विकसित करने का सीईए से पुन: अनुरोध किया गया। चूंकि दक्षिणी ग्रिड के निकटवर्ती ग्रिड में साथ ही साथ केकेएनपीपी के लिए पूर्व नियोजित ट्रांसमिशन प्रणालियों में महत्वपूर्ण / सार्थक परिवर्तन से उत्पादन स्थिति में आए परिवर्तन से उत्पादन परिवर्तन के संदर्भ एवं लोड को दृष्टिगत करते हुए पुन: प्रणाली अध्ययन किया गया।

इस नई रिपोर्ट से केकेएनपीपी से संबंधित निम्नलिखित मुख्य निष्कर्ष सामने आए, जिन्हें विस्तृत डिजाइन विकास के लिए काम में लाया जाना था।

1. केकेएनपीपी में उत्पन्न ऊर्जा को बढ़ाकर 400 केवी किया जाना चाहिए और छ: ट्रांसमिशन लाइनों के माध्यम से दक्षिणी क्षेत्र की ग्रिड को ट्रांसमिट की जानी चाहिए।
2. केकेएनपीपी की स्टार्ट-अप पावर सप्लाई को 220 केवी के स्तर पर उपलब्ध कराए जाने की योजना थी।
3. 220 केवी एवं 400 केवी की बसों को दो 315 एमवीए के अंतर्संबंधित ऑटो ट्रांसफॉर्मरों के माध्यम से अंतर्संबंधित किया जाना था।
4. बिजली पर लोड की अवस्थाओं में वॉल्टेज को नियंत्रित करने के

इंस्टॉलेशन से पहले टर्बाइन का प्रत्यक्ष निरीक्षण

इंस्टॉलेशन से पहले टर्बाइन का प्रत्यक्ष निरीक्षण

लिए केकेएनपीपी बस पर 2x80 एमवीएआर शंट रिएक्टरों का प्रावधान रखा गया है।

5. इस प्रकार 1998 की रिपोर्ट के अनुसार फाइनलाइज की गईं ट्रांसमिशन लाइनें निम्नानुसार थीं:

   ए) केकेएनपीपी-त्रिवेंद्रम: 400केवी डी/सी लाइनें

   बी) केकेएनपीपी-कायाथर: 400केवी डी/सी लाइनें

   सी) केकेएनपीपी में कायाथर-त्रिवेंद्रम का एलआईएलओ: 400केवी, एस/सी लाइनें

   डी) केकेएनपीपी - नागरकोल एस/एस: 220केवी एस/सी लाइन

   ई) नागरकोल-कायाथर एस/एस: 220केवी एस/सी लाइन

   एफ) केकेएनपीपी-तूतीकोरिन: 220केवी एस/सी लाइन

1998 में किए गए इस प्रणाली अध्ययन का बाद में पावर ग्रिड कॉर्पोरेशन ऑफ इंडिया लि. (पीजीसीआईएल) के एक और संशोधित ऊर्जा प्रणाली अध्ययन द्वारा अनुसरण किया गया। वर्ष 1999 की इस रिपोर्ट में यह फाइनल किया गया कि केकेएनपीपी की ऊर्जा को क्वाड कंडक्टर्स का प्रयोग करते हुए, जो शायद दक्षिणी ग्रिड के इस भाग में पहली बार होने वाला था, केकेएनपीपी-तिरुनेवेली की केवल 4 लाइनों के माध्यम से निष्क्रमित किया जाएगा। विभिन्न स्थितियों के तहत संभावित ग्रिड व्यवस्था का आकलन करने के लिए विभिन्न स्थायित्व, शॉर्ट-सर्किट अध्ययनों के परिणामत: एवं डाइनैमिक ओवर वॉल्टेज अध्ययन भी किए गए तथा ग्रिड प्राधिकारियों द्वारा सुचारु पाए गए। उक्त प्रणाली अध्ययनों की रिपोर्टों के परिणामों की परियोजना के सामान्य डिजाइनरों के साथ चर्चा की गई, जिससे विस्तृत डिजाइन इंजीनियरिंग एवं साथ ही साथ विभिन्न उपस्कर विनिर्देशों जैसेकि 220 केवी एवं 400 केवी गैस इंस्यूलेटड स्विचगेयर प्रणाली इत्यादि में अपेक्षित आवश्यक परिवर्तनों को शामिल किया जा सके।

3.0 विस्तृत परियोजना रिपोर्ट (डीपीआर) पैकेज

यह तीसरी, एवं केकेएनपीपी के लिए विद्युत प्रणाली डिजाइन एवं प्रगति के विकास की अब तक की सबसे महत्वपूर्ण अवस्था है। विस्तृत परियोजना रिपोर्ट (या प्रचलन में डीपीआर के नाम से जाना जाता है) तैयार करने का प्राथमिक उत्तरदायित्व केकेएनपीपी के सामान्य डिजाइन संस्थान एटोमिनरजोप्रोइक्ट (एईपी) के साथ था। सामान्य डिजाइनर द्वारा प्रत्येक संकाय के लिए प्रस्तुत किए जाने वाले पैकेजों को उसको सौंपे जाने की अनुसूची के साथ ही पूर्व में ही चिह्नित कर लिया गया था। अत: एईपी द्वारा प्रस्तुत डीपीआर पैकेजों की, उनके फाइनलाइजेशन से पूर्व समीक्षा, टिप्पणी एवं उस संबंध में पारस्परिक चर्चा की जानी थी।

प्रारंभ करने के लिए, डीपीआर संविदा पर 1998 में हस्ताक्षर किए गए तथा दोनों पक्षों द्वारा हस्ताक्षरित संविदा के नियमों एवं शर्तों के अनुसार, विभिन्न डीपी रिपोर्टों की प्रस्तुत की जाने वाली सूची तय की गई एवं जल्द ही 1999-2000 में उक्त प्रस्तुतीकरण प्रारंभ हुआ।

विद्युत प्रणालियों से संबंधित कुल नौ डीपी रिपोर्टों के पैकेज निम्न सूची के अनुसार थे:

- ई-1: प्रणालियों की संकल्पना एवं नियामक आधार: 400केवी एवं 220 केवी स्विचगेयर, लाइटिंग, ग्राउंडिंग एवं लाइटनिंग प्रोटेक्शन
- ई-2: प्रणाली की संकल्पना एवं नियामक आधार: कम्यूनिकेशन एवं सिग्नलिंग
- ई-3: प्रणालियों की संकल्पना एवं नियामक आधार: पावर आउटपुट प्रणालियां, ऑक्जीलेरी पवार सप्लाई प्रणालियां, केबलिंग, रिले प्रोटेक्शन, जेनेरेटर एवं उसका एक्साइटेशन
- ई-4: 400केवी एवं 220 केवी स्विचगेयर, जेनेरेटर एवं उसकी एक्साइटेशन प्रणाली, लाइटिंग प्रणाली, ग्राउंडिंग एवं लाइटनिंग

प्रोटक्शन के डिजाइन मेटेरियल ई-5 पावर आउटपुट प्रणाली, ऑक्जीलेरी पावर सप्लाई सिस्टम, केबलिंग, रिलेशन प्रोटेक्शन एवं ऑटोमैटिक स्विचिंग प्रणालियों का डिजाइन मेटेरियल

- ई-6 कम्यूनिकेशन एवं सिग्नलिंग के डिजाइन मेटेरियल
- ई-7 ट्रांसफॉर्मरों, 400केवी एवं 220केवी स्विचगेयर एवं ऑक्जीलेरी पवार सप्लाई प्रणालियों के उपस्कर के लेआउट सोल्यूशनों के डिजाइन मेटेरियल
- ई-8 नाभिकीय ऊर्जा परियोजना संयंत्रों पर ऑक्जीलेरी भवनों एवं ऑक्जीलेरी ढ़ांचों के डिजाइन मेटेरियल
- ई-9 उच्च फ्रिक्वेंसी कम्यूनिकेशन एवं टेलिमीटरिंग के डिजाइन मेटेरियल

फाइनल किए गए संपूर्ण डीपीआर को दो भागों में बांट दिया गया। जिसमें प्रथम भाग में प्रणालियों एवं उपस्कर की संकल्पना एवं नियामक आधार को शामिल किया गया (नामत: ई-1, ई-2 एवं ई-3 पैकेज), डीपीआर के द्वितीय भाग में (नामत: ई-4, ई-5, ई-6, ई-7, ई-8 एवं ई-9 पैकेज) डिजाइन मैटेरियल, डीपीआर के प्रथम भाग में वर्णित प्रणालियों एवं उपस्कर विवरण को शामिल किया गया।

अत: प्रस्तुत डीपीआर दस्तावेजों में आधारिक तौर पर समस्त संकायों के प्रत्येक महत्वपूर्ण प्रणालियों एवं उपस्कर को शामिल किया गया। इस रिपोर्ट में, आधारभूत तकनीकी विनिर्देशों/ मापदंडों एवं योग्यता आवश्यकताओं पर भी चर्चा की गई एवं निर्णय लिया गया। अत: प्रस्तुत डीपीआर पैकेजों में शामिल सूचना बाद में दोनों पक्षों के बीच के टेक्नोकमर्शियल मुद्दों पर चर्चा करने के लिए काफी पर्याप्त थी, जिससे यह संभव था कि वास्तविक अनुमानित लागत को बनाया व महसूस किया जा सके।

डीपीआर पैकेजों के साथ सभी प्रणालियों के लिए प्राथमिक सेफ्टी आकलन रिपोर्ट (प्रीलिमिनेरी सेफ्टी एनालिसिस रिपोर्ट्स- पीएसएआर) पैकेज भी तैयार किए गए जिनकी विषयवस्तु की प्रत्येक समूह द्वारा विस्तृत समीक्षा की गई एवं संबंधित विशिष्ट समूहों की राय से निर्णय लिए गए। अत: कोई भी प्रारंभिक समस्त विभिन्न प्रणालियों/ उपस्कर पर फाइनल किए गए पीएसएआर को कोई भी प्रारंभिक गतिविधि अथवा नाभिकीय ऊर्जा परियोजना की साइट पर वास्तविक निर्माण कार्यों को किए जाने से पूर्व एईआरबी को उनके द्वारा समीक्षा एवं स्वीकार किए जाने के लिए प्रस्तुत किया गया।

विद्युत प्रणालियों के संदर्भ में, एस-8 पीएसएआर दस्तावेज को तैयार कर लिया गया था एवं रुसी पक्ष से क्रमिक चर्चाओं/ कई बार की चर्चा के बाद उसे फाइनल कर दिया गया तथा वर्ष 2000-01 में एईआरबी को सौंप दिया गया। एईआरबी की विस्तृत समीक्षा के पश्चात् दी गई टिप्पणियों की भी बाद में सामान्य डिजाइनरों से चर्चा की गई एवं पीएसएआर पैकेजों को पुन: सौंपे जाने एवं नियामक प्राधिकरण से अनापत्ति प्राप्त करने से पूर्व पीएसएआर पैकेजों में जहां कहीं भी आवश्यकता थी वहां आवश्यक परिवर्तन/ परिशोधन भी समाविष्ट किए गए।

विद्युत प्रणालियों के संदर्भ में, सभी नौ पैकेजों एवं पीएसएआर एस-8 पैकेज की सर्वांगीण समीक्षा की गई तथा डीपीआर पैकेजों में दी गई मुख्य विशेषताओं एवं मापदंडों की भारतीय नियामक दस्तावेजों एवं मानदंडों के विभिन्न अनुबंधों को ध्यान में रखते हुए भारतीय संदर्भ में औचित्य व अनुकूलन की दृष्टि से जांच एवं तुलना की गई।

डीपीआर अवस्था के दौरान विद्युत उपस्कर के प्रमुख तकनीकी विनिर्देशों एवं मापदंडों जैसे कि स्विचगेयर/ ट्रांसफॉर्मर का प्रकार, उसका स्तर/ क्षमता, वॉल्टेज अनुपात, सतत करंट क्षमता, एस-सी ब्रेकिंग क्षमता, सिस्टम ग्राउंडिंग का प्रकार, नियंत्रण का प्रकार, मॉनिटरिंग एवं रिले प्रोटेक्शन (सीएमआरपी) योजनाएं, बैटरी बैंकों के प्रकार, प्रयोग की जाने वाली केबलों के प्रकार इत्यादि की दोनों पक्षों के बीच पूरी तरह चर्चा कर निर्णय लिया गया तथा संगत पैकेजों में रिकॉर्ड किया गया।

अनन्य रूप से एक डीपीआर पैकेज को केवल विद्युत भवनों को ही नहीं, बल्कि उन भवनों को भी, जिनमें विद्युत पैनल/ स्थापनाएं, केबल गैलेरियां इत्यादि थीं ले-आउट प्लानों, आधारभूत फ्लोर ले-आउट, उपस्कर ले-आउट, केबल गैलेरी ले-आउट इत्यादि के फाइनलाइजेशन को समर्पित कर दिया गया।

डीपीआर पैकेजों के साथ, संगत कोडों/ दिशानिर्देशों एवं जीओएसटी मानदंडों में से कुछ जिनका उक्त दस्तावेजों को तैयार करने में संदर्भ लिया गया था तथा उसकी विषयवस्तु को न केवल समीक्षा बल्कि साथ ही साथ भविष्य में संदर्भ/ रिकॉर्ड के लिए संदर्भ सहायक के रुप में रुसी पक्ष से प्राप्त किया गया।

अत: मुख्य करार के प्रावधानों की अनुरुपता में, डीपीआर संविदा, टैक्नो-कमर्शियल ऑफर (टीसीओ) की चर्चा की गई एवं दोनों पक्षों के बीच सहमति हुई तथा जनरल फ्रेमवर्क एग्रीमेंट (जीएफए) पर परियोजना के कार्यान्वयन हेतु दोनों पक्षों द्वारा वहन किए जाने वाले समझौतों एवं उत्तरदायित्वों के विभिन्न नियम एवं शर्तों के विस्तार के साथ परस्पर हस्ताक्षर किए गए। इस जीएफए के क्रम में वर्किंग डॉक्यूमेंटेशन (डब्ल्यू डी) के विस्तार तथा लौंन्ग डिलवरी साथ ही अन्य उपस्कर (जिसे बैलेंस ऑफ प्लांट बीओपी) की आपूर्ति हेतु विभिन्न संविदाओं की चर्चा की गई एवं दोनों पक्षों के बीच परस्पर सहमति हुई।

4.0 वर्किंग डॉक्यूमेंटेशन (डब्ल्यू.डी.) संविदा का विस्तार

विभिन्न प्रणालियों एवं उपस्कर के डीपीआर/ पीएसएआर के तय हो जाने के बाद दोनों पक्षों के बीच जीएफए के साथ टैक्नो कमर्शियल संविदा पर हस्ताक्षर किए गए, जो कि भारत के प्रथम 1000 मेगावाट ऊर्जा संयंत्र की स्थापना की ओर मार्ग निर्धारण का कार्य था। अत: यह अवस्था संयंत्र के सामान्य डिजाइनर द्वारा प्रस्तुत किए जाने वाले दस्तावेजों एवं ड्रॉइंगों की सूची तय किए जाने के लिए सही थी।

केकेएनपीपी के लिए, डिजाइन का मुख्य उत्तरदायित्व एवं उसकी विस्तृत इंजीनियरिंग रुसी पक्ष के क्षेत्र में थी। अतएव प्रस्तुत किए जाने वाले दस्तावेजों की प्रकृति एवं सूची तय किए जाने के लिए विस्तृत चर्चाएं हुईं, यह केवल इरेक्शन संविदा जारी करने की तैयारी के लिए निविदा डॉक्यूमेंटेशन की सुविधा देने के लिए नहीं था, बल्कि संयंत्र पर वास्तविक कार्यों को करवाए जाने के लिए था।

तदनुसार, केकेएनपीपी साइट पर नाभिकीय ऊर्जा संयंत्र की स्थापना के लिए औपचारिक करार के बाद प्रथम गतिविधि थी इंजीनियरिंग ड्रॉइंग संविदा का तय किया जाना, जिसमें परियोजना क्रियान्वयन के दौरान सौंपे जाने वाले विभिन्न डब्ल्यू.डी. उनके प्रस्तुत किए जाने की अनुसूची साथ में सूचित किए गए थे।

उक्त सूची की परियोजना के लिए तब तैयार की गई योजना अनुसूची से तुलनात्मक रूप से व्यापक समीक्षा की गई तथा रूसी पक्ष से इसकी चर्चा की गई। समस्त आवश्यक डब्ल्यू.डी. पैकेजों की सूची बनाकर साइट पर किए जाने वाले कार्यों के समग्र समूह, उपस्कर ले-आउट से लेकर आधारभूत सिंगल लाइन चित्रों से घनत्व वाले केबल लोगों/ अनुसूचियों एवं टर्मिनेशन ड्रॉइंगों इत्यादि को शामिल करते हुए, विद्युत प्रणालियों के लिए चिह्नित कर दिया गया।

इन समस्त पैकेजों का उनके नामों एवं सौंपे जाने वाली तिमाही/ वर्ष के साथ अद्वितीय नामांकन किया गया तथा इसके लिए तैयार की गई अनुसूची की विधिवत् मॉनिटरिंग कर उसका ध्यान रखा गया।

विद्युत प्रणालियों हेतु उक्त प्रस्तुतिकरण में सिंगल लाइन ड्रॉइंगें, ले-आउट ड्रॉइंगें, नियंत्रण एवं रिले प्रोटेक्शन योजनाएं, ऊर्जा एवं नियंत्रण केबल लॉग/ अनुसूचियां, टर्मिनेशन अनुसूचियां/ ड्रॉइंगें/ एल्बमें, केबल मैटल स्ट्रक्चर ले आडट, केबलिंग रूट प्लान, लाइटिंग एवं वेल्डिंग रिसेप्टेकल नेटवर्क ड्रॉइंगें जिनमें आउटडोर स्ट्रीट लाइटिंग ले-आउट के साथ-साथ इंडोर एवं आउटडोर ग्राउंडिंग ग्रिड प्रणालियों की ड्रॉइंगे इत्यादि सहित शामिल थीं।

इन समस्त ड्रॉइंगों की मुख्यालय (एचक्यू) में विस्तार से समीक्षा की गई तथा

एनपीसीआईएल में अवस्थित डिजाइन इंजीनियरों की लघु टीम द्वारा की गई। रुसी फेडेरेशन (एनआरआरएफ) में अभ्यावेदन कार्यालय, मॉस्को एवं जहां कहीं भी आवश्यकता थी, वहां रुसी पक्ष से साइट पर, मुख्यालय में एवं एनआरआरएफ कार्यालय, मॉस्को में विचार-विमर्श किया गया। देय अनापत्ति के पश्चात् ही ड्रौइंगों को साइट पर इरेक्शन कार्यों के लिए जारी किया गया।

विद्युत प्रणालियों के संदर्भ में प्रथम प्राथमिकता भवनों/ प्रणालियों जैसे कि 220 केवी गैस इंस्यूलेटेड स्विचगेयर, रिजर्व एवं कॉमन स्टेशन सहायक ऊर्जा आपूर्ति प्रणालियां (ट्रांसफॉर्मरों एवं 6 केवी स्विचगेयर सहित), डीएम जल प्रणालियां, फायर जल प्रणालियां इत्यादि की पहचान कर ली गई तथा इन भवनों से जुड़ी विद्युत ड्रॉइंगों को पहले ही छांट लिया गया, जिससे इन प्रणालियों से संबद्ध कार्यों को पहले किया जा सके। किसी भवन विशेष की ड्रॉइंग में उपस्कर ले-आउट, केबल मैटल स्ट्रक्चर ले-आउट, लाइटिंग एवं वेल्डिंग रिसेप्टेकल ले-आउट इत्यादि को प्राथमिकता दी गई, जिससे इनका इरेक्शन मुख्य उपस्करों जैसे कि जीआईएस, 6 केवी एवं 0.4 केवी स्विचगेयर, प्रोटेक्शन पैनलों इत्यादि के प्रारंभ से पूर्व किया जा सके। उक्त ड्रॉइंगों का बाद में केबल लोगों/ अनुसूचियों, केबल टर्मिनेशन ड्रॉइंगों, नियंत्रण योजनात्मक ड्रॉइंगों इत्यादि द्वारा अनुसरण किया गया, जिन सभी की साइट पर कार्यारंभ के लिए ही आवश्यकता नहीं थी बल्कि यह पहले तैयार की जाने वाली प्रणालियों की प्रीकमिशनिंग एवं कमिशनिंग गतिविधियों के लिए भी अत्यंत महत्वपूर्ण थीं।

उक्त ड्रॉइंगों में किए जाने वाले परिवर्तनों को कुडनकुलम साइट पर अवस्थित प्रतिनिधियों/ सामान्य डिजाइनरों के विशेषज्ञों द्वारा चेंज/परिवर्तन नोटिस (डीसीएन) के रूप में जारी किया गया, जिनकी फील्ड इंजीनियरिंग (एफई) समूहों द्वारा पुन: समीक्षा की गई तथा साइट पर कार्यान्वयन के लिए अनापत्ति दी गई।

5.0 उपस्कर डिलीवरी संविदाएं

उक्त उल्लिखित इंजीनियरिंग डब्ल्यू.डी. संविदा के समान कुडनकुलम में निर्मित हो रहे नाभिकीय ऊर्जा संयंत्र के लिए विभिन्न उपस्करों/ तत्वों की डिलीवरी हेतु अलग से कई संविदाओं पर हस्ताक्षर किए गए। रिएक्टर प्रेशर वेसल से स्टीम जेनेरेटर तक, 220केवी/ 400केवी गैस-इंस्यूलेटेड स्विचगेयर से 220 वोल्ट बैटरी बैंकों तक, प्रोसेस पाइपलाइनों से केबल ट्रे तक तथा केबलों से विभिन्न लोडों जैसे कि मोटरों/ वॉल्वों/ हीटरों इत्यादि... आपूर्ति का क्षेत्र केकेएनपीपी की इकाइयों की कमीशनिंग के लिए उस समय नियोजित/अनुसूचित ध्यानाकर्षण के अनुसार उपर्युक्त अनुसूचियों की भी समीक्षा, चर्चा की गई और उसे अंतिम रूप दिया गया। प्राथमिक प्रणाली के लिए अपेक्षित उपस्कर की पहचान की गई और इन प्राथमिक उपस्करों में से कुछ प्रगत सुपुर्दगी सूची की बचनबद्धता प्राप्त करने के लिए बोधगम्य प्रयास किए गए।

महत्वपूर्ण है, यद्यपि अधिकांश इलेक्ट्रिक उपस्करों की आपूर्ति रूसी संघ से की जानी थी, फिर भी कुछ विशिष्ट इलेक्ट्रिक उपस्कर जैसे गैस-संरोधन स्विचगियर, डीजल जेनेरेटर सेट, हर्मेटिक पेनीट्रेशन केबल, जेनेरेटर सरकिट ब्रेकरर्स, बैटरी सेल आदि जिनका प्रबंध रूस के अतिरिक्त अन्य देशों से किया जाना था और इसीलिए विभिन्न स्रोत आपूर्तिकारों को सरल और कारगर बनाने के उद्देश्य से उपस्कर संविदाओं को तीन पृथक उप-संविदाओं में बाँटा गया, जो हैं: ए) रूसी संघ द्वारा आपूर्त किए जाने वाले उपस्कर, बी) यूक्रेन जैसे सीआईएस देशों द्वारा आपूर्त किए जाने वाले उपस्कर और सी) तीसरे देश (रूसी संघ और यूक्रेन के अलावा) द्वारा आपूर्त किए जाने वाले उपस्कर जिनका विस्तृत विवरण नीचे दिया जा रहा है:

ए) रूसी संघ से सुपुर्द मुख्य इलेक्ट्रिकल उपस्कर

- 220kV गैस-संरोधित स्विच-गियर और बस डक्ट: 9 बे

सारणी-1: मुख्य संयंत्र की बिजली प्रणाली के निर्माण कार्य के दौरान किए गए कार्य की मात्रा

क्र.सं.	उपस्कर का नाम	संक्षिप्त में प्रकार और तकनीकी विशिष्टता	मात्रा/सं./विशेष वैशिट्य	अभ्युक्ति
1	**400 kV स्वचगियर**	गैस-संरोधित स्विचगियर (जीआईएस); 400kV, 3150ए, 40 kA, डेढ सीवी स्कीम	6 बे (भारत की सबसे लंबी 400 kV जीआईएस स्विचयार्ड)	सीमेंस, फ्रांस
2	**400 kV और 220 kV बस डक्ट**	गैस-संरोधित बस डक्ट (जीआईबीडी) कनेक्टिंग जीटी और 400 kV जीआईएस, लंबे टनलों के माध्यम से); 400kV, 2000 ए	~3300 मी (देश में 400kV की सबसे लंबे और विश्व में सबसे लंबें में से एक जीआईबीडी का संस्थापन)	सीमेंस, फ्रांस
3	**जेनेरेटर ट्रांसफार्मर**	1 फेज, 34/400kV, 417 एमवीए जेनेरेटर ट्रांसफार्मर); ओएफएएफ, ऑफ सरकिट टैप चेंजर, सॉल्यूडिली ग्राउंडेड न्यूट्रल	3/प्रति इकाई और दोनों इकाइयों के लिए 1 सदृश एस/बी के साथ कुल 7 (देश में संस्थापित क्षमता के संदर्भ में सबसे बड़ी एक फेज की जीटी)	जापोरोजी, ट्रांसफार्मर (जेडटीआर), यूक्रेन
4	**रिजर्व/कॉमन स्टेशन ऑग्जिलरी ट्रांसफार्मर**	3 फेज 220/6.3/6.3 kV, 63MVA/RAT/CSAT 1.25% चरण के साथ +7.5% से 15% की टैप रेंज के साथ ओएलटीसी; शार्ट सरकिट वोल्टेज/इंपीडेंस: 10.5%; वेक्टर ग्रुप: Yn / ynO /ynO; प्राकृतिक ऑयल, हवा दाबित (ओएनओएफ); एनजीआर-न्यूट्रल आरईएस ग्राउंडेड	4 आरएटी (2/इकाई)+ 1 सीएसएटी, जो दोनों के लिए एक जैसा है।	जापोरोजी, ट्रांसफार्मर (जेडटीआर), यूक्रेन
5	**इकाई ऑग्जिलरी ट्रांसफार्मर**	3 फेज 24/6.3/6.3 kV, 63MVA UAT; 1.25% चरण के साथ +10% से 15% की टैप रेंज के साथ ओएलटीसी; शार्ट सरकिट वोल्टेज/इंपीडेंस: 11.5 0.5; वेक्टर ग्रुप: △/yn1/yn1;ONAN/ ONAF,;एनजीआर-न्यूट्रल आरईएस ग्राउंडेड	4 यूएटी (2/इकाई)	जापोरोजी, ट्रांसफार्मर (जेडटीआर), यूक्रेन
6	**इंटरकनेक्टिंग ट्रांसफार्मर और शंट रिएक्टरर्स**	400/220kv, 315 एमवीए इंटरकनेक्टिंग ऑटोट्रांसफार्मर; 3X27 एमवीए, 400kv शंट रिएक्टरर्स	2 आईसीटीएस/6 शंट रिएक्टर्स	जापोरोजी, ट्रांसफार्मर (जेडटीआर), यूक्रेन
7	**6kV स्विचगियर**	SF6 6kV प्रकार का स्विचगियर, 6kV, सामान्य प्रणालियों के लिए 3150/2000/630 A CBs 40 kA, न्यूमेरिकल सिप्रोटेक रिले और आपात विद्युत आपूर्ति प्रणालियों के लिए स्टेटिक रिले	6kV- 4 सामान्य और आपात बसें/प्रति इकाई; दो kV रिलायबल बसें/प्रत्येक इकाई+ कॉमन स्टेशन 6 kV की बसें; कुल मिलाकर ~ 500 कैबिनेट (सामान्य/विश्वसनीय/कॉमन और आपात सहायक विद्युत आपूर्ति प्रणाली में 6 kV S-G कैबिनेट को ध्यान में लाना)	इलेक्ट्रोशील्ड-एसएएमएआरए, आरएफ

क्र.सं.	उपस्कर का नाम	संक्षिप्त में प्रकार और तकनीकी विशिष्टता	मात्रा/सं./विशेष वैशिट्य	अभ्युक्ति
8	**डीजल जेनेरेटर सेट**	आपात विद्युत आपूर्ति प्रणालियों के लिए वैकल्पिक स्रोत के रूप में 6kV, 6.3 एम डब्ल्यू सेट्स; 0.8 P.F., 1000 rmp; ब्रशरहित उत्साह, जिसका शुरुआती समय 12 सेकेंड से अधिक का नहीं है।	4X100%; कुल = 10 सेट; 4/ईपीएसएस के लिए प्रत्येक इकाई; 2 आरपीएसएस सेट; दोनों इकाइयों के लिए एक जैसा	एल्सटोम, फ्रांस/एसईएमटी पील्सटिक डीजल ईंजन व लेरोय सोमर अल्टेनेटर
9	**सहायक ट्रांसफामर्स**	शुष्क प्रकार, 6/0.4 kV, 1/0.4 MVA सहायक ट्रांसफार्मर, Dny11;8% o 5% एस-सी, 1/0.4 MVA के लिए महत्वपूर्ण, F प्रकार का संरोधन; सॉलीडली ग्राउंडेड	कुल ~ 101	जेडटीआर, यूक्रेन और एनटीटी/ सीमेंस, जर्मनी
10	**एलवी स्विचगियर/ एमसीसी/ एसीडीबी/ डीसीडीबी**	0.4 kV/220 V स्विचगियर पैनल/1600 ए से 630 ए तक विभिन्न चालू रेटिंगों के साथ और इससे कम; 1 सेकेण्ड के लिए 40kA-C क्षमता	LV स्विचगियर/MCC पैनल; ~ 1500 पैनल	LV स्विचगियर/MCC: प्रगति आरएफ; एसीडीबी/डीसीडीबी: इलेक्ट्रॉन, आरएफ
11	**हर्मेटिक केबल पेनीट्रेशन इकाई**	रिएक्टर भवन के भीतर केबलों को रूट करने के लिए 6kV और 0.4 kV/220 V हर्मेटिक केबल पेनीट्रेशन	~ कुल 766 (~ 383/इकाई)	ईएलओएक्स~ प्रोम, आरएफ/ यूक्रेन
12	**रेक्टीफायर/ इनवटर्स**	परिशोधक: 132kVA, 380V I/P V & 220V DC O/P, 100 ए से 630 ए इनवर्टर तक चार्जर चालू रेटिंगों के साथ: 20,40 & 60 kVA; 220V DC I/P & 220V/380 V AC O/P	एनओपीएस: 2 परिशोधक /इकाई; आरपीएसएस:4 परिशोधक व 8 इनवर्टर/इकाई; ईपीएस: 12 परिशोधक व 24 इनवर्टर/इकाई; एसवाई: 2 परिशोधक व 2 इनवर्टर (दोनों इकाइयों के लिए एक समान) कुल: दोनों इकाइयों के लिए 38 परिशोधक कुल: दोनों इकाइयों के लिए 56 इनवर्टस	गुटोर, जर्मनी
13	**बैटरी बैंक**	आरपीएसएस व ईपीएसएस बैटरी: 220V DC, 1500 Ah, 2 घंटे; एसबीओ बैटरी: 220V DC, 1500 Ah, 24 घंटे; सामान्य सीपीएस बैक अप: 110V DC, 1500 Ah, 2 घंटे; SY बैटरी (कॉमन): 220V DC, 1500 Ah, 2 घंटे;	एनओपीएस: 2 बैटरी बैंक्स/इकाई; आरपीएसएस: 4 बैटरी बैंक्स/इकाई; ईपीएसएस: 12 बैटरी बैंक्स/इकाई; SY बैटरी: 2 बैटरी बैंक्स (दोनों इकाइयों के लिए एक समान) कुल: दोनों इकाइयों में 38	गुटोर, जर्मनी

क्र.सं.	उपस्कर का नाम	संक्षिप्त में प्रकार और तकनीकी विशिष्टता	मात्रा/सं./विशेष वैशिट्य	अभ्युक्ति
14	**केबल मेटल स्ट्रक्चर**	केबल मेटल स्ट्रक्चर कार्य में खुला और बंद दोनों प्रकार जी.आई/पेंटेड केबल ट्रे/डक्ट इसके सहायक कंसोल्स, रैक्स आदि शामिल है। ट्रेस्टल व उच्च इन्थाल्पी क्षेत्र में केबलों की रूटिंग करने के लिए केबल डक्ट/बॉक्स	इकाई-1: ~ 1600 एमटी इकाई-2: ~ 1600 एमटी कॉमन-: 1500 एमटी कुल : 4700 एमटी	ग्रिंड्रोलेक्ट्रोमोन्थाज (जीईएम)/इलेक्ट्रॉन, आरएफ
15	**केबलिंग**	विभिन्न आकार, क्रॉस सेक्सन, 0.5 वर्ग मिमी. से 500 वर्ग मिमी तक के रेंज के साथ लगभग 110 प्रकार के 6kV/0.4kV और 220V पॉवर और नियंत्रण केबल	एचवी पॉवर: ~ 300 km एलवी पॉवर: ~ 1500 km कंट्रोल: ~ 11200 (आई व सी केबल सहित) लाइटिंग/सामान्य केबल: 1500 km कुल मात्रा लेड/इकाई-1व2 कॉमन के साथ ~13,500 km है।	पोडोस्क, आरएफ; एजोव, आरएफ वीएनIIकेपी, आरएफ अनकॉमटेक, आरएफ, नेक्सान्स, फ्रांस
16	**लाइटिंग फिक्सचर्स**	विभिन्न प्रकार के भारतीय मेक वाले लाइटिंग फिक्सचर की आपूर्ति के लिए 400kVA, 6kV / 415 V की क्षमता वाले पृथक लाइटिंग ट्रांसफार्मर के उपयोग के साथ भारतीय मेक वाले लाइटिंग फिक्सचर का प्रयोग होता है।	~ लाइटिंग फिक्सचर (एक साथ केकेएनपीपी इकाई-1व2)	फिलिप्स, भारत

- 6kV और 0.4kV स्विचगियर पैनल और मोटर कंट्रोल सेंटर, एसी और डीसी वितरण बोर्ड: ~ 2000 पैनल
- पॉवर और कंट्रोल केबल: ~ 14000 किमी
- केबल मेटल स्ट्रक्चर और केबल ट्रे : ~ 5000 एमटी
- कंट्रोल, मॉनीटरिंग, रिले और संरक्षण पैनल: ~ 100
- अग्नि संरक्षण पेंट सहित अग्नि रोधक सामग्रियां

बी) सीआईएस देशों द्वारा आपूर्त किए जाने वाले इलेक्ट्रिकल उपस्कर

- 220/kV, 63 MVA रिजर्व और कॉमन स्टेशन सहायक ट्रांसफार्मर्स: 5
- 220/6kV, 63 MVA इकाई सहायक ट्रांसफार्मर्स: 4
- 24/400kV, 417 MVA जेनेरेटर ट्रांसफार्मर्स: 7
- रिएक्टर भवन के आंतरिक दीवार में संस्थापित हर्मेटिक केबल पेनीट्रेशन : 760
- 6kV / 0.4 kV सहायक ट्रांसफार्मर्स: 101

सी) आरएफ और सीआईएस देशों के अलावा तीसरे देश से सुपुर्द इलेक्ट्रिकल उपस्कर

- 400kV गैस-संरोधित स्विचगियर और गैस-संरोधित बस डक्ट: 6 बे (सीमेंस, फ्रांस)
- 6kV और 6.3 MW डीजल जेनेरेटर सेट: 10 (एल्सटोम, फ्रांस)
- 220 V और 110 V बैटरी बैंक: 38 (गुटुर, जर्मनी)
- रेक्टीफायर / इनवर्टर पैनल: 38/56 (गुटुर, जर्मनी)

1-फेज, 24/400 kV, 417 MVA जेनेरेटर ट्रांसफार्मर का दृश्य

संविदा की रूपरेखा तैयार करते समय उपस्कर के या उपस्कर के बाद प्रस्तुत किए जाने वाले दस्तावेजों की सूची के बारे में विस्तार से चर्चा की गई और उक्त विषय से संबंधित करार भी किए गए। सभी इलेक्ट्रिकल उपस्करों के भूकंपीय और पर्यावर्णीय अर्हताओं, टाइप टेस्ट आदि जैसे महत्वपूर्ण दस्तावेज निरीक्षण के पहले अथवा उपस्कर के अनिवार्य प्रारंभिक निरीक्षण के दौरान एकत्र कर लिया गया। यह कार्य स्थल को इसकी सुपुर्दगी से पहले कर लिया गया।

इस प्रकार से समर्पित गुणवत्ता आश्वासन (क्यूए) अभियंताओं को मास्को में एनआरआरएफ कार्यालय में समीक्षा और सत्यापन करने के लिए तैनात किया गया है जो उपस्कर के साथ भेजे जाने वाले अपेक्षित दस्तावेजों का निरीक्षण और सत्यापन सुनिश्चित करवाता है। अधिकांश मुख्य मामलों में रूसी नियामक एजेंसियों के प्रतिनिधि जो स्थल को उपस्कर के पैकिंग और सुपुर्दगी सहित निरीक्षण के शुरुआत से लेकर अंतिम चरण तक संपूर्ण विनिर्माण प्रक्रिया में शामिल होते थे, की उपस्थिति में स्थल को सामग्री भेजने से पहले फैक्टरी में अंतिम स्वीकृति परीक्षण की जाती है।

6.0 स्थापना कार्यों के निष्पादन के लिए स्थल पर स्थापन संविदा

स्थापन कार्य किसी परियोजना कार्यान्वयन के महत्वपूर्ण पहलुओं में से एक है और यह वैज्ञानिक उपलब्धि के संपूर्ण चक्र में महत्वपूर्ण भूमिका अदा करता है। वह भी तब, जब केकेएनपीपी जैसे बड़े और विशाल स्थापन कार्य के आयतन और परिमाण

की बात होती है, तब किसी अन्य न्यूक्लियर विद्युत परियोजना से तुलना करने पर अथवा ऐसी स्थिति में हमारे देश में कार्यान्वयन के अंतर्गत कोई विद्युत परियोजना बेहतर होती है।

चाहे वह सिविल, मैकेनिकल, इलेक्ट्रिकल और इंस्ट्रूमेंटेशन से संबंधित हो, या सिविल में कंक्रीटिंग के आयतन संबंधी कार्य की मात्रा हो, मैकेनिकल में पाइपलाइनों के इंच व्यास स्थापन अथवा इलेक्ट्रिकल और चाहे इंस्ट्रूमेंटेशन में हजारों किलोमीटरों में लगने वाली केबलिंग लंबाई हो, इंच डिसीप्लीन से संबंधित कार्य का परिमाण बड़ा और अद्वितीय है। इस प्रकार से, सीमेंट, प्रबलन स्टील आदि जैसी सिविल संरचनात्मक सामग्रियों को छोड़कर इन सभी उपस्करों की आपूर्ति रूसी आपूर्ति के दायरे में आती थी, संविदाकारों को मुफ्त जारी की जाने वाली सामग्री के रूप में जारी स्थल कार्य सामान्यत: स्थापन सामग्री से संबंधित थी। प्रत्येक संकाय में इस प्रकार के सभी स्थापन कार्य में संसाधनों और मानवशक्ति के बड़े संग्रहण की आवश्यकता थी जो स्थापन कार्यों को सफलतापूर्वक पूरा करने के लिए विधिवत निष्पादित किया गया था। स्थापित किए जा रहे उपस्करों के खड़े आकार, प्रकृति, आयतन, भार और महत्व के कारण इसके द्वारा परियोजना के भीतर प्रत्येक और प्रत्येक प्रमुख उपस्कर एक परियोजना थी। इसलिए संक्षेप में यह जानना उचित होगा कि बड़ी विषम और बाधायुक्त परिस्थितियां होने के बावजूद, सामान्यत: स्थल स्थापन कार्य, स्थल पर सुनियोजित कार्यकलापों के साथ-साथ आपूर्ति श्रृंखला प्रबंधन की लहर के साथ जुड़ा रहता है।

उपर्युक्त उल्लेखानुसार, लगभग सभी मैकेनिकल, इलेक्ट्रिकल और

400 kV गैस-संरोधन स्विचगियर (जीआईएस) का दृश्य

इंस्ट्रूमेंटेशन उपस्करों की आपूर्ति रूसी पक्ष के दायरे में थी, स्थापन संविदा का दायरा उपस्कर के स्थापन, परीक्षण और कमीशन-पूर्व तक सीमित था जो संविदाकार को नि:शुल्क जारी सामग्री के रूप में जारी की गई थी। सिविल अभियांत्रिकी संविदा को छोड़कर इस प्रकार का श्रम बाहुल्य संविदा अद्वितीय थी, कुछ मामलों में अपेक्षित स्थापन सहायक सामग्रियों को छोड़कर मैकेनिकल, इलेक्ट्रिकल और इंस्ट्रूमेंटेशन उपस्करों के स्थापन में आपूर्ति की कोई भूमिका नहीं थी। इस प्रकार से कार्य निष्पादन को संयंत्र और मशीनरियों तथा मानवशक्ति के बड़े संसाधन संग्रहण की आवश्यकता थी, प्राय: इच्छित कार्य करने के लिए विशिष्ट मशीनरियों और अर्हताप्राप्त मानवशक्ति की अपेक्षाओं की आवश्यकता होती है।

सुअनुभवी एजेंसी की विशिष्टता और अपेक्षा के मद्देनजर, जो कार्य करने के लिए आवश्यक एक बड़े संसाधन संग्रहण को व्यवस्थित कर सकता है, रूस की ओर से दी गई उपलब्ध निविदा इनपुट के साथ सभी संकायों (सिविल, मैकेनिकल और इलेक्ट्रिकल) में सशक्त बोलीकारों की अर्हता-पूर्वन इस प्रकार से किया गया। सिविल अभियांत्रिकी बोलीकारों अर्हता-पूर्वन वर्ष 2001 में किया गया और मैकेनिकल तथा इलेक्ट्रिकल प्रणालियों में चयन की प्रकिया बाद में निर्धारित क्रियाविधियों के अनुसार वर्ष 2003-04 में की गई। अर्हता-पूर्वन का आधारभूत प्रयोजन सक्षम और सम्पन्न बोलीकारों की समीक्षा, विश्लेषण और सूचीबद्ध करना था जो कार्यों का निष्पादन पूरी क्षमता के साथ कर सकें और प्रक्रिया के दौरान कीमती समय भी बचा सकें जो अन्यथा विस्तृत निविदा प्रक्रिया के दौरान खर्च हो सकता था। इस प्रकार से उपर्युक्त अर्हता-पूर्वन प्रक्रिया

400 kV जीआईएस और जीटी का संयोजन करने वाला 400 kV गैस-संरोधित बस डक्ट (जीआईबीडी) का दृश्य

केकेएनपीपी के 400 kV ट्रांसमिशन लाइन आउटलेट का दृश्य

के बाद मुख्य निविदा प्रक्रिया होती है जिसके माध्यम से स्थापन संविदाएं सफल बोलीकारों को आबंटित की जाती थी। इलेक्ट्रिकल प्रणालियों के मामलों में इकाई - 1व2 के मुख्य संयंत्र इलेक्ट्रिकल प्रणालियों के स्थापन, परीक्षण और अर्हता-पूर्वन के दौरान किए जाने वाले कार्यों को वर्ष 2004 में बोलीकारों को आबंटित किया गया। उपर्युक्त से संबंधित सभी निर्माण कार्य उपर्युक्त उल्लेखित संविदाओं के माध्यम से सफलतापूर्वक पूरी गई और संबंधित प्रणालियों को संबंधित प्रचालन व अनुरक्षण समूह को सौंप दिया गया। इसके पश्चात, दोनों इकाइयों के इन सभी इलेक्ट्रिकल प्रणालियों को सफलतापूर्वक कमीशन किया गया और वर्तमान में ये सेवाधी सेवाधीन हैं।

मुख्य संयंत्र की इलेक्ट्रिकल प्रणालियों के स्थापन कार्यों के दौरान किए गए कार्यों की मात्रा की सूचनात्मक सूची सारणी - 1 में दिया गया है।

7.0 केकेएनपीपी के इलेक्ट्रिकल प्रणालियों पर संक्षेपण

2X1000 मेगावाट कुडनकुलम एनपीपी की इलेक्ट्रिकल प्रणालियों में मुख्यत: विद्युत उत्पादन प्रणाली और बिजलीघर सहायक विद्युत आपूर्ति प्रणाली शामिल हैं।

विद्युत उत्पादन प्रणाली

टर्बो जेनेरेटर द्वारा 24 kV, 3-फेज, 50 Hz पर इलेक्ट्रिकल पावर उत्पन्न किया जाता है और इसे 24/400kV जेनेरेटर ट्रांसफार्मर के माध्यम से बढाया जाता है। मूल निर्वातन प्रणालियों के अनुसार विद्युत का निर्वातन छ: 400 kV ट्रांसमिशन के माध्यम से निर्वातित करना था, तथापि, पॉवर ग्रिड कार्पोरेशन ऑफ इंडिया लिमिटेड (पीजीसीआईएल) द्वारा उच्च-क्षमता के क्वैड चालकों के उपयोग के कारण केकेएनपीपी स्विचयार्ड के एक सिरे से प्रसर्जन करने वाले दो

दोहरे परिपथ टॉवरों पर 400kV की 4 ट्रांसमिशन लाइन प्रणाली के माध्यम से अब विद्युत का निर्वात किया जा रहा है।

ऑफ साइट विद्युत आपूर्ति के रिज़र्व स्रोत के लिए केकेएनपीपी को दो 230kV सबस्टेशनों से इन-लूप-आउट (एलआईएलओ) व्यवस्था के साथ दो 220kV ट्रांसमिशन लाइनों के माध्यम से जोड़ा गया है। केकेएनपीपी के 400 kV और 220 kV बसों को 315 MVA प्रत्येक की क्षमता से जुड़ने वाले दो 3-फेज वाले स्वचालित ट्रांसफार्मरों से के द्वारा जोड़ा गया है। तथापि उत्पादित बिजली को 400 kV ट्रांसमिशन लाइनों के माध्यम से निर्वातित किया जाता है। फिर भी, 400 kV और 220 kV की प्रणालियों के तकनीकी रूप से आपस में जुड़ी होने के कारण इस प्रकार की कोई आवश्यकता पड़ने पर विद्युत 220 kV लाइनों से प्रवाहित की जा सकती है, बशर्ते ग्रिड प्रणाली के प्राधिकारियों की अनुमति हो, जो विद्यमान विद्युत उत्पादन/लोड परिदृश्य और स्वीकार्य तकनीकी स्थितियों पर निर्भर करता है।

केकेएनपीपी का विद्युत उत्पादन 24 kV के वोल्टेज पर 1000 मेगावाट, 3-फेज, 50 Hz, p.f. 0.9 की विद्युत क्षमता के साथ रेट किया गया है।

जेनेरेटर के पूर्ण विद्युत उत्पादन का निर्वात करने के लिए आवश्यकता के आधार पर जेनेरेटर के ट्रांसफार्मर की क्षमता का निर्धारण किया जाता है। आकार, भार और परिवहन समस्या के प्रतिबंधों के कारण 3 X 417 MVA की रेटिंग के साथ 3 एकल-फेज 24/400 kV वाले जेनेरेटरों की आवश्यकता होती है।

24 kV, 30 kA जेनेरेटर सरकिट ब्रेकर के साथ विलगित फेज बस डक्ट के माध्यम से जेनेरेटर, जेनेरेटर ट्रांसफर्मरों से जुड़ा होता है जो जेनेरेटर और जेनेरेटर ट्रांसफर्मर से जुड़ा होता है। जीसीवी का प्रयोग कर 400 kV नेटवर्क के साथ जेनेरेटर को सिनक्रोनाइज किया गया है। जीसीवी की व्यवस्था, 400 kV नेटवर्क से विद्युत इकाई के निर्धारित प्रारंभ और शटडाउन को अनुमति प्रदान करता है।

केकेएनपीपी स्थल में विद्यमान लवणन और समुद्र तटीय स्थितयों को देखते हुए 220 kV स्विचगियर के लिए 400 kV स्विचगियर और दो मुख्य बस योजना के लिए डेढ सरकिट ब्रेकर स्कीम के साथ इनडोर SF6-गैस-संरोधित स्विचगियर को अपनाया गया है।

संयंत्र बाह्य विद्युत प्रणाली

विद्युत प्रणाली प्रचालन के पैरामीटर और स्थितियां ही वे मुख्य कारक हैं जो एनपीपी के सतत प्रचालन और लागत किफायती प्रचालन में सहायता करते हैं। प्रचालन की पद्धति और ग्रिड के पैरामीटर एनपीपी का एक हिस्सा है जो एनपीपी की इकाइयों और इसकी विश्वसनीयता के लिए प्रचालन की स्थितियों को परिभाषित करता है।

भारत की विद्युत प्रणाली में देश के सभी राज्य जैसे देश के दक्षिणी हिस्से में तमिलनाडु, उत्तर में जम्मू और कश्मीर, पश्चिम में गुजरात, उत्तर-पूर्व में अरुणांचल प्रदेश और मणिपुर शामिल हैं। कुडनकुलम की विद्युत इकाई-1 की कमीशनिंग के समय से भारत के विद्युत केंद्रों की कुल संस्थापित क्षमता 250 गीगावाट पार कर गई (संक्षेप में सीईए स्थल के अनुसार 31 जनवरी, 2015 को कुल संस्थापित क्षमता 258701 मेगावाट थी।) और इस समय भारत के सभी विद्युत केंद्रों का वार्षिक विद्युत उत्पादन 880 बिलियन से भी अधिक हो सकता है।

ताप विद्युत केंद्रों का भारत के कुल विद्युत उत्पादन में मुख्य हिस्सेदारी रही है जिसमें कोयला/तेल का उपयोग ईंधन (65% से अधिक) के रूप में किया जाता है। जलविद्युत केंद्र लगभग 18% विद्युत का उत्पादन कर करते हैं और एनपीपी की कुल संस्थापित क्षमता लगभग 2-3% के आसपास है।

संरचनात्मक रूप से भारत की विद्युत प्रणाली में पाँच क्षेत्र-दक्षिण, पश्चिम, उत्तर, पूर्व और उत्तर-पूर्व क्षेत्र आते हैं। 220 और 400 kV के वोल्टेज स्तर और कुछ क्षेत्रों में HVDC की सहायता के साथ भी उच्च वोल्टेज की AC इलेक्ट्रिकल ट्रांसमिशन लाइनों द्वारा एक दूसरे से ये क्षेत्र जुड़े हुएं हैं। हाल

केकेएनपीपी-1 का टर्बो-जनित्र हॉल

केकेएनपीपी-1 का टर्बो-जनित्र हॉल

ही के समय में 765 kV ट्रांसमिशन लाइन प्रणालियों की भी योजना की गई है और हाल ही में पॉपर ग्रिड कार्पोरेशन ऑफ इंडिया लिमिटेड ने 765 kV रायचुर-सोलापुर ट्रांसमिशन लाइन को ऊर्जित किया है जो राष्ट्रीय ग्रिड से जोड़ा गया है।

पृथक क्षेत्र के ग्रिड और भारतीय ट्रांसमिशन प्रणाली समग्र रूप से 400 kV वोल्टेज के साथ दोहरे-परिपथ विद्युत ट्रांसमिशन लाइनों द्वारा मुख्य रूप से निर्मित की जाती है। क्षेत्र के अधिकांश हिस्से में विद्युत ट्रांसमिशन लाइन नेटवर्क सामान्यत: 300 किमी से अधिक क्षेत्र में फैला है। उत्तरी क्षेत्र में विद्युत ट्रांसमिशन के लिए अब 765 kV AC ट्रांसमिशन लाइनों से अधिक की योजना की गई है।

भारत के दाक्षिणी क्षेत्र में तमिलनाडु, केरल, आंध्रप्रदेश, कर्नाटक और पांडीचेरी केंद्र शासित राज्य आते हैं। दक्षिणी क्षेत्र के केंद्रों की संस्थापित विद्युत क्षमता लगभग 60 गीगावाट है जो भारत के विद्युत केंद्रों की कुल संस्थापित विद्युत क्षमता का 1/4 हिस्सा है। दक्षिणी क्षेत्र का ग्रिड पश्चिमी क्षेत्र और पूर्वी क्षेत्र के ग्रिड से जुड़ा है। दक्षिणी क्षेत्र का ग्रिड 400 kV एकल और दोहरी-परिपथ विद्युत ट्रांसमिशन लाइनों से बना है।

दक्षिणी क्षेत्र के ग्रिड की अभिकल्पना भारतीय केंद्रीय विद्युत प्राधिकारण (सीईए) द्वारा विकसित किया गया है जो 765/400kV ट्रांसमिशन लाइनों के निर्माण की यथेष्ट संख्या सहित भारतीय विद्युत सेक्टर के विकास के प्रक्षेपण पर आधारित है। इस प्रकार से दक्षिणी क्षेत्र के ग्रिड की अभिकल्पना, पीजीसीआईएल द्वारा यथाप्रस्तुत किए गए अध्ययन रिपोर्ट में 400 kV और 220 kV ट्रांसमिशन लाइनों की पर्याप्त उपलब्धता प्रेक्षित करती है।

दक्षिणी क्षेत्र के ग्रिड की अभिकल्पना भारतीय केंद्रीय विद्युत प्राधिकारण -सीईए द्वारा विकसित किया गया है जो 400kV ट्रांसमिशन लाइनों के निर्माण की यथेष्ट संख्या सहित भारतीय विद्युत सेक्टर के विकास के प्रक्षेपण पर आधारित है। दक्षिणी क्षेत्र के ग्रिड के नेटवर्क का विश्लेषण दर्शाता है कि सामान्य स्थिति में ट्रांसमिशन लाइनें निर्धारित क्षमता में विद्युत संचरण करती है, जो 100% से कम नही होगी। आपूर्ति लाइन में किसी तत्व के स्विच ऑफ कर देने से क्षमता में कोई ह्रास इस प्रकार से देखने को नहीं मिलेगा और यह केकेएनपीपी के प्रचालन पर कोई रोक नहीं लगाता।

केकेएनपीपी, भारत के दक्षिणी ग्रिड का छ: में से एक सबसे बड़ा विद्युत केंद्र है। तमिलनाडु राज्य के विद्युत ग्रिड का 400 kV ग्रिड विकास योजना और पूर्ण रूप से दक्षिणी क्षेत्र रिजर्व ऑफ साइट पॉवर सप्लाई स्रोत के रूप में चार 400 kV और दो 220 kV की पॉवर ट्रांसमिशन लाइनों के माध्यम से बिजलीघर के की दो इकाइयों (2X1000 मेगावाट) के बिजली निर्वात के लिए 400 kV की आसपास के जंक्शन सबस्टेशनों को इस प्रकार से केकेएनपीपी से जोड़ने का विचार किया जा रहा है।

केकेएनपीपी का ट्रांसफार्मर लाइन सिस्टम

सामान्य अवस्था और अनुरक्षण के अंतर्गत अथवा प्रारंभिक प्रचालन के दौरान और कमीशनिंग के चरण में केकेएनपीपी की दोनों इकाइयों के लिए इस प्रकार से दक्षिणी क्षेत्र के ग्रिड प्रणाली की क्षमता विश्वसनीय ऑफसाइट रिजर्व विद्युत आपूर्ति प्रणाली उपलब्ध कराती है।

इस प्रकार से केकेएनपीपी सहायक ट्रांसफार्मर की आपूर्ति 220 kV गैस-संरोधित स्विचगियर प्रणाली से की जाती है। 400 kV लाइनों की अनुपलब्धता की स्थिति में विश्वसनीय रिजर्व विद्युत आपूर्ति के रूप में इस तरह केकेएनपीपी की अभिकल्पना बाह्य रिजर्व आपूर्ति स्रोत का सामना करती है। दो स्वतंत्र ट्रांसमिशन लाइनों के साथ इस प्रकार के स्रोत को जोड़कर अतिरिक्त विश्वसनीयता सुनिश्चित की जाती है जिसे किसी एक 220 kV विद्युत स्रोत के विफलता की स्थिति में उपलब्ध एलआईएलओ प्रणालियों के कारण प्रचालित किया जा सकता है।

पीजीसीआईएल के रिपोर्ट के अनुसार लाइन लोडिंग सीमा पर विचार किया जाता है जिसका विवरण सारणी - 2 में दिया गया है।

केकेएनपीपी के निर्वात को देखते हुए दक्षिणी क्षेत्र के ग्रिड की वास्तविक संरचना को अंतिम रूप देने के बाद स्थैतिक स्थिरिता की गणना की जाती है। सभी कारकों को ध्यान में रखा जाता है जो विद्युत ट्रांसमिशन लाइनों की क्षमता को सीमित करता है और ग्रिड सुविधाओं का प्रबंधन करता है।

केकेएनपीपी की ट्रांसमिशन लाइनों की क्षमता के अध्ययन से इस बात का पता चलता है कि यदि प्रस्तावित लाइनें और दक्षिणी क्षेत्र का ग्रिड पूरी शक्ति के साथ उपलब्ध हो, तो केकेएनपीपी का निर्धारित विद्युत उत्पादन 50% से कम के स्थैतिक स्थिरिता अंतर के साथ निर्वातित होगा।

केकेएनपीपी को निर्वातित करने वाली यदि 400 kV ट्रांसमिशन लाइन के एक परिपथ को बंद कर दिया जाए, तो पूर्ण विद्युत आउटपुट पर स्थैतिक स्थिरिता अंतर लगभग 20% कम हो जाता है। यदि 400 kV ट्रांसमिशन लाइन के दो परिपथ को बंद कर दिया जाए, तो पूर्ण विद्युत आउटपुट पर स्थैतिक स्थिरिता अंतर लगभग 10% कम हो जाता है।

इस प्रकार से दक्षिणी क्षेत्र के यथेष्ट ग्रिड की क्षमता केकेएनपीपी की दोनों इकाइयों, प्रत्येक 1000 मेगावाट के लिए स्थैतिक स्थिरिता के मानक अंतर के साथ सामान्य स्थिति और अनुरक्षणाधीन विश्वसनीय प्रचालन उपलब्ध कराएगा। स्थानीय उपभोग की वृद्धि और 230 kV ट्रांसमिशन लाइन लोड में वृद्धि स्थैतिक स्थिरिता अंतर, दोनों अवस्थाओं, ग्रिड के पूर्ण प्रचालन और ग्रिड के अनुरक्षण अवस्था, में वृद्धि दर्ज करेगा।

केकेएनपीपी ट्रांसमिशन लाइन प्रणालियां

दक्षिणी क्षेत्र की ग्रिड प्रणाली की क्षमता इतनी है कि वह केकेएनपीपी

220 kV ट्रांसमिशन लाइन आउटलेट का दृश्य

सहायक ट्रास्टल (220 kV जीआईएस और आईसीटी के बीच जुड़ा हुआ) पर 220 kV गैस-संरोधित बस इनलेक्ट के साथ 400 kV/220 kV, 315 MVA इंटरकनेक्टिंग ऑटोट्रांसफार्मर का दृश्य

की दोनों इकाइयों के लिए सामान्य एवं अनुरक्षणाधीन दोनों स्थितियों में अथवा प्रारंभिक प्रचालन और कमीशनिंग अवस्था में एक विश्वस्त ऑफसाइट रिजर्व विद्युत आपूर्ति प्रणाली उपलब्ध कराता है।

केकेएनपीपी रिजर्व सहायक टांसफार्मर 220केवी गैस-इंसुलेटेड स्विचगियर प्रणाली से विद्युत आपूर्ति करते हैं। केकेएनपीपी डिजाइन ऐसा है कि 400केवी लाइनों की अनुपलब्धता की स्थिति में एक विश्वस्त रिजर्व विद्युत आपूर्ति के रूप में बाह्य विद्युत आपूर्ति स्रोतों का ध्यान रखता है। कोई एक 220केवी विद्युत स्रोत के विफल होने की स्थिति में दो स्वतंत्र ट्रांसमिशन लाइनें जोकि उपलब्ध एलआईएलओ (LILO) प्रणालियों के अधार पर प्रचालित किया जा सकता है के साथ ऐसे स्रोतों से जोड़कर अतिरिक्त विश्वसनीयता सुनिश्चित की जाती है।

पीजीसीआईएल द्वारा दी गई रिपोर्ट और टेबल-2 में दिए गए विवरणानुसार लाइन लोडिंग सीमाएं तय की जाती हैं।

केकेएनपीपी के निर्वातन की दृष्टि से दक्षिणी क्षेत्र के ग्रिड की वास्तविक संरचना को अंतिम रूप देने के बाद स्टैटिक स्टेबिलिटी आकलन किया जाता है। विद्युत ट्रांसमिशन लाइनों की क्षमता और प्रबंधन ग्रिड सुविधाओं को सीमित करने वाले सभी कारकों पर ध्यान दिया गया है।

केकेएनपीपी की ट्रांसमिशन लाइनों की क्षमताओं पर किया गया अध्ययन यह दर्शाता है कि यदि संरक्षित लाइनें और दक्षिणी क्षेत्रीय ग्रिड पूर्ण रूप से उपलब्ध हो तो केकेएनपीपी का रेटेड विद्युत उत्पादन स्टैटिक स्टेबिलिटी मार्जिन के साथ 50 प्रतिशत से अधिक होगा।

यदि केकेएनपीपी विद्युत उत्पादन का निकास करने वाली 400केवी ट्रांसमिशन लाइन के एक सर्किट को बंद किया तो पूर्ण विद्युत उत्पादन की स्टैटिक स्टेबिलिटी मार्जिन लगभग 20 प्रतिशत तक घटती है। यदि 400केवी ट्रांसमिशन लाइन की दो सर्किटों को बंद किया तो पूर्ण विद्युत उत्पादन की स्टैटिक स्टेबिलिटी मार्जिन लगभग 10 प्रतिशत तक घटती है।

इस तरह दक्षिणी क्षेत्र की भावी ग्रिड की क्षमता केकेएनपीपी की प्रत्येक 1000 मे.वा. वाली दो इकाइयों को सामान्य मोड और अनुरक्षणाधीन, दोनों अवस्थाओं पर स्टैटिक स्टेबिलिटी के मानक मार्जिन के साथ विश्वस्त प्रचालन उपलब्ध कराएगा। स्थानीय खपत का विकास और 230 केवी ट्रांसमिशन लाइन लोड में वृद्धि होने से ग्रिड का पूर्ण प्रचालन और ग्रिड की अनुरक्षण अवस्था, दोनों में स्टैटिक स्टेबिलिटी मार्जिन में वृद्धि होगी।

उपर्लिखित के अनुसार केकेएनपीपी के डिजाइन आगे जाकर 400 केवी लाइनों के स्विच ऑफ होने की स्थिति में निरंतर/दीर्घकालीन आपातस्थिति विद्युत आपूर्ति के लिए बाह्य रिजर्व विद्युत आपूर्ति पर विचार करता है। ऐसे स्रोतों से दो स्वतंत्र 230केवी ट्रांसमिशन लाइनें जोड़ी जाती है।

उपर्युक्त को ध्यान में रखते हुए यह विचार किया गया था कि एक सिंगल सर्किट 230केवी ट्रांसमिशन लाइन द्वारा केकेएनपीपी से तूतीकोरिन तापीय विद्युत केंद्र और दूसरी सिंगल सर्किट 230केवी ट्रांसमिशन लाइन द्वारा शेंबगरमनपुदूर (एसआर पुदूर) सबस्टेशन से जोड़ा जाए।

शेंबगरमनपुदूर सबस्टेशन फिर से कायथार सबस्टेशन से जोड़ दिया गया है जिसे एक द्वितीय स्रोत के रूप में माना जाता है।

केकेएनपीपी में प्रत्येक 315एमवीए क्षमता के साथ 400/220 केवी के दो इंटरकनेक्टिंग ऑटोट्रांसफार्मर द्वारा 400केवी और 230केवी ट्रांसमिशन प्रणालियों में इंटरकनेक्शन का एक प्रावधान उपलब्ध है। इससे निम्नलिखित प्रचालन लाभ मिलते हैं।

- 400केवी ग्रिड विफल होने के मामले में 230केवी ग्रिड से ऑटोट्रांसफार्मर, जनरेटर ट्रांसफार्मर और इकाई सहायक ट्रांसफार्मर को परस्पर जोड़कर सामान्य सहायक विद्युत आपूर्ति को रिस्टोर किया जा सकता है।
- 230केवी ग्रिड विफल होने के मामले में ऑटोट्रांसफार्मर से क्रमश: रिजर्व सहायक ट्रांसफार्मर और सामान्य केंद्र सहायक ट्रांसफार्मर परस्पर जोड़ने से रिजर्व सहायक विद्युत आपूर्ति और सामान्य केंद्र सहायक विद्युत आपूर्ति उपलब्ध की जाएगी। केकेएनपीपी के लिए निम्नलिखित ट्रांसमिशन लाइनें इस तरह प्रस्तुत की जाती हैं।

टेबल-2: लाइन लोडिंग सीमाएं पीजीसीआईएल रिपोर्ट के अनुसार तय की जाएंगी।

वोल्टेज स्तर	कंडक्टर एन्विसेजड	तापीय सीमा
400 केवी	क्वॉड एसीएसआर मूस	850 से.पर लगभग 3200 एमपेर्स
230 केवी	एसीएसआर जीब्रा	750 से.पर लगभग 649 एमपेर्स

400केवी प्रणाली

केकेएनपीपी से तिरूवनेली के बीच 100किमी की 22 दोहरी सर्किट लाइनें।

1. भविष्य में उपयोग में लेन हेतु केकेएनपीपी में दो 400केवी लाइनों/खंडों को इस समय अतिरिक्त खंडों के रूप में रखा गया है।

*टिप्पणी:400केवी की इन लाइनों में से 44लाइनें मूल रूप से केकेएनपीपी स्थल और तिरूवनेली 400केवी पीजीसीआईएल सबस्टेशन के बीच स्थापित हैं, 400केवी तिरूवनेली सबस्टेशन में से एक लाइन हाल ही में डायवर्ट कर लगभग 2400किमी की लंबाई की ट्रांसमिशन लाइन के साथ मदुरै सबस्टेशन से ली गई है।

6केवी/0.4केवी स्विचगेयर और आपातस्थिति में सहायक विद्युत आपूर्ति प्रणाली में सहायक ट्रांसफार्मर का दृश्य

220केवी प्रणाली

1. तूतिकोरिन-कुडनकुलम एनपीपी- आर एस पुदूर के बीच एलआईएलओ लाइन। (तूतिकोरिन टीपीएस से आने वाली तूतिकोरिन लाइन और केकेएनपीपी स्थल के बीच की दूरी लगभग 800किमी; केकेएनपीपी स्थल और आर एस पुदूर एलआईएलओ जंक्शन एंड के बीच की दूरी लगभग 177किमी)
2. भविष्य के उपयोग के लिए केकेएनपीपी स्विचयार्ड में एक सिंगल सर्किट लाइन अतिरिक्त खंड के रूप में रखी गई है।

ऑनसाइट विद्युत प्रणाली

केंद्र सहायक विद्युत आपूर्ति प्रणाली

केंद्र सहायक विद्युत आपूर्ति प्रणाली का मुख्य कार्य प्रचालन के सभी अवस्थाओं के दौरान पर्याप्त विद्युत उपलब्धता को सुनिश्चित करना है ताकि पर्यावरण में रेडियोसक्रिय सामग्री के किसी महत्वपूर्ण निस्सरण के नियंत्रण सहित रिएक्टर कोर की कूलिंग और कंटेनमेंट इंटिग्रिटी के लिए स्थापित अनुज्ञेय डिजाइन सीमा और डिजाइन स्थितियों को नियंत्रित कर सकें और यह सुनिश्चित करना कि अभिगृहीत दुर्घटनाओं के दौरान अन्य अपेक्षित कार्य का अधिक्रमण न हो।

प्रारंभ तथा सामान्य शटडाउन करने के लिए जेनरेटर सर्किट ब्रेकर खोलकर केंद्र सहायक विद्युत, जेनेरेटर ट्रांसफार्मर और इकाई सहायक ट्रांसफार्मर द्वारा 400केवी नेटवर्क से आहरित किया जाता है।

सामान्य संयंत्र प्रचालन के दौरान केंद्र सहायक विद्युत टैप-ऑफ से 24केवी बस डक्ट तक इकाई सहायक

ट्रांसफार्मर द्वारा आहरित किया जाती है।

रिजर्व विद्युत आपूर्ति 220/6.3केवी रिजर्व सहायक ट्रांसफार्मर द्वारा 220केवी ग्रिड से ली जाती है और इसे इकाई सहायक ट्रांसफार्मर से विद्युत आपूर्ति की अनुपलब्धता के दौरान बैक अप विद्युत के रूप में उपयोग किया जाता है।

सामान्य केंद्र सहायक लोडों का भरण करने वाली सामान्य केंद्र सहायक विद्युत आपूर्ति, 220/6.3केवी सामान्य केंद्र सहायक ट्रांसफार्मर द्वारा 220केवी ग्रिड से ली जाती है।

केकेएनपीपी के लिए प्रस्तुत केंद्र सहायक विद्युत आपूर्ति प्रणाली अपनी कार्यात्मक अपेक्षाओं के अनुसार समाविष्ट और वर्गीकृत की जाती है जिन्हें नीचे दिया गया है।

- सामान्य केंद्र सहायक अपूर्ति प्रणाली सहित सामान्य सहायक विद्युत आपूर्ति
- सामान्य प्रचालन की विश्वस्थ सहायक विद्युत आपूर्ति
- सेफ्टी प्रणालियों के लिए आपातस्थिति सहायक विद्युत प्रणाली।

लोड वितरण मानदंड

निम्नलिखित कारकों को ध्यान में रखते हुए लोड को 6केवी, 0.38केवी और 220वी डीसी बसों में वितरित किया गया।

- विद्युत रेटिंग
- प्रचुरता को उपलब्ध करने की आवश्यकता

उपर्युक्त के आधार पर निम्नलिखित लोडों के वितरण पर विचार किया जाता है।

इमरजेन्सी ऑक्ज़िलियरी पावर सप्लाई प्रणाली भवन में 6 केवी, 6.3 मेगावाट डीज़ल जनरेटर सेट का दृश्य

केकेएनपीपी साइट का रात का विस्तृत प्रकाशमय दृश्य

- 200केडब्लू से अधिक रेटिंग वाली मोटरों को ऐसे डिजाइन किया गया है कि उनका 6केवी स्विचगेयर से भरण किया जा सके।
- 200केडब्लू तक और 111केडब्लू के नीचे तक और 111केडब्लू सहित रेटिंग किए गए मोटरों को ऐसे डिजाइन किया गया है कि वे 0.38केवी स्विचगेयर से भरण किया जा सके।

11केडब्लू से कम रेटिंग वाले मोटरों को ऐसे डिजाइन किया गया है कि वे 0.38किवी मोटर नियंत्रण केंद्रों से भरण किया जा सके।

- प्रेशर कंपन्सेटर के हीटरों को ऐसे डिजाइन किया गया है कि उनका 0.38केवी स्विचगेयर//एमसीसी से भरण किया जाए।
- 6केवी मोटर और 6/0.4केवी सहायक ट्रांसफार्मर प्रणालियों को 6केवी बसों में समान रूप से वितरित किया गया है।
- 380वी मोटर और अन्य लोड 0.38केवी बसों में समान रूप से वितरित किए गए हैं। इन्वर्टर और अन्य लोडों को 220वी डीसी बसों में समान रूप से वितरित किया गया है।

अनुमेय वोल्टेज ओर बारंबारता परिवर्तन

सहायक विद्युत आपूर्ति प्रणाली के सभी विद्युत उपस्कर का डिजाइन ऐसे किया गया है कि वे निम्नलिखित वोल्टेज और अपनी रेटेड क्षमता पर निरंतर

बारंबारता परिवर्तन पर संतोषजनक संचालन किया जा सके।

रेटेड वोल्टेज: 6केवी, 380केवी और 220केवी

रेटेड बारांबारता: 50एचजेड

वोल्टेज परिवर्तन: +10%

(+10%-15% 220 वी डीसी)

बारंबारता परिवर्तन: +5%

संयुक्त वोल्टेज और बारंबारता परिवर्तन: +10%

अनुमेय हार्मोनिक अंश

सहायक विद्युत आपूर्ति प्रणाली में अधिकतम हार्मोनिक अंश निम्नानुसार हैं:

- प्रणाली वोल्टेज 1केवी तक और और 1केवी सहित: 8%
- प्रणाली वोल्टेज 1केवी से ऊपर: 5%

सभी उपस्कर अपने सामान्य प्रचालन में प्रभावित किए बिना उपर्युक्त हार्मोनिक अंशों को सामना करने के लिए सक्षम होंगे।

सामान्य सहायक विद्युत आपूर्ति प्रणाली

सामान्य सहायक विद्युत आपूर्ति प्रणाली सामान्य प्रचालन के सहायक लोडों को विद्युत आपूर्ति उपलब्ध करती है जो रिज़र्व आपूर्ति में ऑटोमैटिक स्विचिंग के समय के लिए विद्युत आपूर्ति के इंटरप्शन के लिए अवसर देता है और रिएक्टर ट्रिप के प्रचालन के बाद विद्युत आपूर्ति की बाध्यकर उपलब्धता की आवश्यकता नहीं होती है। साथ ही इकाई सहायक ट्रांसफार्मर और/अथवा रिज़र्व सहायक ट्रांसफार्मर से सामान्य सहायक विद्युत आपूर्ति की अनुपलब्धता की स्थिति को छोड़कर एनपीपी की सभी अवस्थाओं में विश्वस्त सहायक विद्युत आपूर्ति प्रणाली और आपातस्थिति सहायक विद्युत आपूर्ति प्रणाली को भी विद्युत आपूर्ति उपलब्ध कराने के लिए सामान्य रूप से अभिप्रेत है।

प्रति इकाई के लिए चार 6केवी बसों का विचार किया गया है जो सामान्यतया या तो इकाई जेनरेटर या 400 केवी ग्रिड से जेनरेटर ट्रांसफार्मर और दो 3-वाइंडिंग, 63एमवीए, 24/6.3केवी का समूह इकाई सहायक ट्रांसफार्मर द्वारा विद्युत व्युत्पन्न करता है। इन 6केवी बसों को 220केवी ग्रिड से दो 33 वाइंडिंग, 63एमवीए, 220/6.3केवी रिजर्व सहायक ट्रांसफार्मर द्वारा विद्युत आपूर्ति कर बैक अप किया गया है।

0.4केवी बसें 6केवी बसों में से प्रत्येक से 6/0.4केवी सहायक ट्रांसफार्मर द्वारा विद्युत प्राप्तकिया जाता है और कॉमन स्टैंडबाय 6/0.4केवी सहायक ट्रांसफार्मर से विद्युत आपूर्ति का बैक अप रखा जाता है।

6केवी या तो इकाई जेनरेटर से या 400केवी ग्रिड से जीटी द्वारा विद्युत आपूर्ति प्राप्तकरता है और यूएटी को सामान्य सहायक विद्युत आपूर्ति के रूप में निर्दिष्ट किया गया है। 220केवी ग्रिड से सहायक ट्रांसफार्मर द्वारा विद्युत आपूर्ति की जाती है जिसे सामान्य सहायक विद्युत आपूर्ति प्रणाल की 6केवी बसों को बैक अप के रूप में रखा जाता है। इसे रिज़र्व सहायक विद्युत आपूर्ति के रूप में निर्दिष्ट किया गया है। सामान्य सहायक विद्युत आपूर्ति हानि के संदर्भ में रिजर्व सहायक विद्युत आपूर्ति ऑटोमैटिक स्विचिंग (ऑटोमैटिक फास्ट ट्रांसफर) स्कीम द्वारा ऑटोमैटिक रूप से अथवा मैनुअल तरीके से सामान्य सहायक विद्युत आपूर्ति प्रणाली की 6केवी बसों में स्विच ऑन हो सकती है। विद्युत उत्पादन के लिए इकाई सहायक लोडों के भरण के लिए और एनपीपी इकाई के सुरक्षित शटडाउन को सुनिश्चित करने के लिए भी सामान्य और रिज़र्व सहायक विद्युत आपूर्ति क्षमता पर्याप्त है।

इकाई सहायक ट्रांसफार्मर

प्रति इकाई 63एमवीए क्षमता वाले दो इकाई सहायक ट्रांसफार्मरों की एक सामान्य सहायक विद्युत आपूर्ति

220 केवी एवं 400 केवी पावर आउटपुट प्रणालियों के नियंत्रण व मॉनीटरन हेतु स्विचयार्ड नियंत्रण कक्ष का दृश्य

स्रोत के रूप में व्यवस्था की गई है। प्रत्येक इकाई सहायक ट्रांसफार्मर की 63एमवीए की क्षमता पॉवर यूनिट ऑपरेशन और शटडाउन के लिए इनमें से प्रत्येक ट्रांसफार्मर पर आने वाले भार (57एमवीए) पर आधारित है। इसमें कॉमन स्टेशन सेवा का भार नहीं जोड़ा है।

इकाई सहायक ट्रांसफार्मर हाई वोल्टेज (एचवी) साइड पर 24केवी आइसोलेटेड फेस बस डक्ट (आईपीडीडी) टैप-ऑफ को कनेक्ट किया गया है जो जेनरेटर और जेनरेटर ट्रांसफार्मर से कनेक्ट करता है। टैप-ऑफ कनेक्शन को जेनरेटर सर्किट ब्रेकर (जीसीबी) और जेनरेटर ट्रांसफार्मर के बीच से लिया गया है। +1.25% चरणों के साथ +10% -15% श्रेणी में वोल्टेज नियंत्रण करने के लिए ऑन-लोड टैप चेंजर का प्रबंध किया गया है।

24/6.3.केवी इकाई सहायक ट्रांसफार्मरों को 6.3केवी स्प्लिट (दो सेकंडरी) विडींग का प्रबंध किया गया है जो प्रत्येक सामान्य सहायक विद्युत आपूर्ति प्रणाली की 6केवी बस से जोडा गया है। इस प्रत्येक बस को विद्युत आपूर्ति के ऑटोमैटिक तेज स्थानांतरण के लिए रिज़र्व सहायक ट्रांसफार्मर से इनकमर संपर्क दिया गया है।

रिज़र्व सहायक ट्रांसफार्मर

सामान्य सहायक विद्युत आपूर्ति प्रणाली को रिज़र्व विद्युत आपूर्ति हेतु प्रति इकाई के लिए 63एमवीए की क्षमतावाली दो रिजर्व सहायक ट्रांसफार्मर के संबंध में विचार किया गया है। प्रत्येक रिज़र्व सहायक ट्रांसफार्मर की क्षमता

का डिजाइन ऐसे किया गया है कि वह पूर्ण रूप से इकाई प्रचालन और शटडाउन के लिए इकाई के इकाई सहायक ट्रांसफार्मरों में से किसी एक को प्रतिस्थापित किया जा सके।

220केवी ट्रांसमिशन लाइनों को जोड़कर रिजर्व सहायक ट्रांसफार्मरों को 220 केवी (जीआईएस) से एचवी साइड पर जोड़ा गया है। +1.25% चरणों के साथ +7.5% -15% की श्रेणी में 220केवी साइड पर वोल्टेज नियंत्रण के लिए ऑन-लोड टैप चेंजर का प्रबंध किया गया है। रिजर्व सहायक ट्रांसफार्मरों के लिए 6.3केवी स्प्लिट (दो सेकंडरी) विंडींग का प्रबंधन किया गया है जिनमें प्रत्येक सामान्य सहायक विद्युत आपूर्ति प्रणाली की 6केवी बस से जोड़ने का प्रबंध किया गया है।

विद्युत आपूर्ति की ह्रास होने पर 6केवी रिजर्व सहायक विद्युत आपूर्ति से सामान्य सहायक विद्युत आपूर्ति में ऑटोमैटिक स्विचिंग के लिए प्रणाली का प्रबंध किया गया है।

सामान्य केंद्र सहायक ट्रांसफार्मर

दो इकाइयों के लिए स्टेशन सर्विस लोड की आपूर्ति करने के लिए 63एमवीए क्षमता वाले एक सामान्य केंद्र सहायक ट्रांसफार्मर का प्रबंध किया गया है। सामान्य केंद्र सहायक ट्रांसफार्मर की क्षमता सर्विस की प्रणालियों के कुल लोड पर आधारित होगी जो इकाई प्रचालन के लिए अपेक्षित दोनों इकाइयों के लिए कॉमन रहेंगे। इस ट्रांसफार्मर की क्षमता को 63एमवीए के अनुसार चयन किया जाएगा ताकि रिजर्व सहायक ट्रांसफार्मर से मेल खाएं।

सामान्यकेंद्र सहायक ट्रांसफार्मरों को 220केवी (जीआईएस) से एचवी साइड पर जोड़ा गया है। +1.25% चरणों के साथ +7.5% से -15% की श्रेणी में 220केवी साइड पर वोल्टेज नियंत्रण के लिए ऑन-लोड टैप चेंजर का प्रबंध किया गया है। सामान्य केंद्र सहायक ट्रांसफार्मरों के लिए 6.3केवी स्प्लिट (दो सेकंडरी) विंडींग का प्रबंध किया गया है जिनमें प्रत्येक को सामान्य सहायक विद्युत आपूर्ति प्रणाली की 6केवी बस से जोड़ने का प्रबंध किया गया है। इन 6केवी बसों को दोनों इकाइयों के रिजर्व सहायक ट्रांसफार्मरों से विद्युत आपूर्ति द्वारा बैक अप के रूप में रखा जाएगा।

विश्वस्त सहायक विद्युत आपूर्ति प्रणाली

सामान्य प्रचालन की विश्वस्त सहायक विद्युत आपूर्ति प्रणाली को ऐसे डिजाइन किया गया है कि एनपीपी के सहायक लोडों विद्युत आपूर्ति का प्रबंधन किया जा सके जो प्रचालन में महत्वपूर्ण और महंगे उपस्करों (उदा. जेनरेटर) के अनुरक्षण के लिए अपेक्षित है, जो रिजर्व सहायक ट्रांसफार्मर से अथवा सामान्य केंद्र डीजल जेनरेटर से विद्युत आपूर्ति से रिजर्व सहायक विद्युत आपूर्ति में परिवर्तन होने के समय में विद्युत आपूर्ति में अवरोध पैदा करता है।

प्रणाली को ऐसे डिजाइन किया गया है कि सामान्य सहायक विद्युत आपूर्ति प्रणाली का ह्रास होने पर भी विद्युत आपूर्ति करती है।

विश्वस्त सहायक विद्युत आपूर्ति प्रणाली के दो भाग हैं जो परस्पर अतिरिक्त प्रक्रिया प्रणाली लोडों को विद्युत आपूर्ति करता है, जो प्रचालन में महत्वपूर्ण और महंगे उपस्करों को सुरक्षित रखने अपेक्षित है।

विश्वस्त सहायक विद्युत आपूर्ति प्रणाली के प्रत्येक भाग को उपस्कर दिए गए हैं जैसे 6केवी सामान्य केंद्र डीजल जेनरेटर सेट, 6केवी स्विचगेयर, संबद्ध 6/0.4केवी सहायक ट्रांसफार्मर, 0.4केवी स्विचगेयर/मोटर कंट्रोल सेंटर (एमसीसी) 6केवी और 0.4केवी स्विचगेयर पैनल, रेक्टिफायर, 220वी डीसी बैटरी, डी.सी. वितरण बोर्ड (डीसीडीबी) इन्वर्टर आदि।

आपात स्थिति सहायक विद्युत आपूर्ति प्रणाली

आपात स्थिति सहायक विद्युत आपूर्ति प्रणाली को ऐसे डिजाइन किया गया

है कि सेफ्टी प्रणाली और सेफ्टी से संबंधित प्रणालियों को, जो इन प्रणालियों के प्रचालन पर नियंत्रण और पर्यवेक्षण करती हैं, विद्युत आपूर्ति की जा सके।

आपात स्थिति सहायक विद्युत आपूर्ति प्रणाली के उपस्कर भूकंप की स्थिति में पहले और उस दौरान और उसके बाद सुरक्षित शटडाउन के लिए अपने अभीष्ट कार्य संपन्नकरते हैं।

आपात स्थिति सहायक विद्युत आपूर्ति प्रणाली का डिजाइन मानव गतिविधि के आस-पास की स्थितियां और परिणामों जैसे मिसाइल हमला, हवाई हमला आदि के प्रभाव को ध्यान में रखते हुए किया गया है। आपात स्थिति सहायक विद्युत आपूर्ति प्रणाली को घटना के दौरान और घटना के बाद दोनों स्थितियों में अपनी प्रचालन क्षमता को बनाए रखने के लिए डिजाइन किया गया है।

आपात स्थिति सहायक विद्युत आपूर्ति प्रणाली सामान्य सहायक विद्युत आपूर्ति प्रणाली से विद्युत आपूर्ति के ह्रास सहित किसी भी प्रचालन अवस्था में अपने कार्यों के निष्पादन के लिए डिजाइन किया गया है। इस पद्धति में आपात स्थिति विद्युत आपूर्ति प्रणाली यह सुनिश्चित करती है कि डीजल जेनरेटरों के टाईब्रेकरों को खोलने से और ऑटोमैटिक स्टार्ट अप और डीजल जेनरेटर से आपात स्थिति सहायक विद्युत आपूर्ति प्रणाली की बसों को जोड़ने से ऑफ साइट विद्युत आपूर्ति प्रणाली से आजाद हो सकते हैं। आपात स्थिति सहायक विद्युत आपूर्ति प्रणाली सेफ्टी प्रक्रिया प्रणाली की संरचना के अनुरूप होती है अत: तदनुसार 4 चैनल प्रणाली (4X100%) के रूप में डिजाइन किया गया है। आपात स्थिति सहायक विद्युत आपूर्ति प्रणाली के प्रत्येक चैनल को ऐसे डिजाइन किया गया है कि सेफ्टी प्रक्रिया प्रणाली के संबंधित चैनलों के लोड और संबद्ध सेफ्टी नियंत्रण प्रणाली को विद्युत उपलब्धकी जा सके। आपात स्थिति सहायक विद्युत आपूर्ति प्रणाली के सभी चैनल एक समान होते हैं।

आपात स्थिति सहायक विद्युत आपूर्ति प्रणाली सिंगल विफल मानदंड को पूरा करती है अर्थात् वह अपने कार्यों को पूरा करने में सक्षम है जिसमें इसका किसी एक चैनल के एक महत्वपूर्ण तत्वके विफल होने के कारण सभी आरंभकर्ता घटनाओं में ऑपरेट होना आवश्यक होता है, जबकि दूसरे किसी चैनल के एक्टिव अथवा पैसिव अवयव की स्वतंत्र विफलता के परिणाम स्वरूप वह दूसरा चैनल भी विफल हो रहा हो (आरंभकर्ता घटना कुछ भी हो) और तीसरे किसी चैनल के किसी एक्टिव तत्व की मरम्मत अथवा अनुरक्षण के कारण तीसरा चैनल उपलब्ध न हो।

आपात स्थिति सहायक विद्युत आपूर्ति प्रणाली विद्युत स्वतंत्रता और विद्युत उपस्करों के भौतिक अलगाव के कारण चार चैनलों में प्रत्येक का स्वतंत्र प्रचालन मुहैया कराती है।

आपात स्थिति सहायक विद्युत आपूर्ति प्रणाली हर एक चैनल 6केवी, 6.3एमडब्लू डीजल जेनरेटर से, 6केवी स्विचगेयर, 6/0.4.केवी सहायक ट्रांसफार्मर, 6केवी और 0.38केवी स्विचगेयर/मोटर नियंत्रण केंद्र (एमसीसी), रेक्टिफायर्स, 220वी डीसी बैटरीज, डी.सी. वितरण बोर्ड (डीसीडीबी) इन्वर्टर आदि जैसे घटकों को मुहैया कराती है।

डीजल जेनरेटर प्रणाली

डीजल जेनरेटर और उनके सहायक उपस्कर का डिजाइन मानव गतिविधि के आस-पास की स्थितियां और परिणाम जैसे मिसाइल हमला, हवाई हमला आदि के प्रभाव को ध्यान में रखते हुए किया गया ताकि वे अपने कार्यों को पूर्ण रूप से किए जाने के लिए समर्थ हो सकें।

एनपीपी के सामान्य प्रचालन मोड में डीजल विद्युत संयंत्र के विद्युत अपूर्ति प्रणाली के कार्य डीजल जेनरेटर की निरंतर उपलब्धता को सुनिश्चित

करता है ताकि शुरू करने और 2404 घंटों की अवधि के लिए ड्यूटी कार्मिक की उपस्थिति के बिना भी रेटेड लोड पर और निरंतर चालू रखने योग्य हो सकें। इस अवधि में डीजल ईंधन पुन: पूर्ति करने के लिए उचित कार्रवाई की जाएगी।

ऑटोमैटिक स्टार्ट-अप निष्पादन आपात स्थिति सहायक विद्युत आपूर्ति प्रणाली के 6केवी बस पर वोल्टेज के ह्रास का संकेत मिलने से होता है। मुख्य नियंत्रण कक्ष और प्रतिपूरक नियंत्रण कक्ष से डीजल जेनरेटर को रिमोट स्टार्ट अप करने का प्रावधान है। सुविधा डीजल जेनरेटर के स्थानीय नियंत्रण पैनल से भी स्टार्ट अप किया जा सकता है। 1000क्यू.मी. की इंटरमीडियट टैंक क्षमता के साथ प्रत्येक डीजी सेट के लिए दिन ईंधन टैंक क्षमता 8 घंटे होंगे जो प्रत्येक डीजी के लिए 2 दिन के प्रचालन के लिए पर्याप्त है। और कॉमन ईंधन स्टोरेज रिजर्वायर क्षमता का डिजाइन ऐसे किया गया है कि प्रत्येक इकाई के 5 दिन के प्रचालन के लिए पर्याप्त हो जाए।

केबलिंग और केबल

विद्युत और नियंत्रण केबल को उनके बिछाने के स्थान के आसपास के तापमान के एक कार्य के रूप में स्वीकार्य विद्युत लोडों के लिए डी-रेटिंग घटकों को एप्लिकेशन के साथ केबल बिछाने की स्थितियों को ध्यान में रखते हुए वोल्टेज रेटिंग, वोल्टेज ड्राप, शार्ट सर्किट रेटिंग और उनकी अवधि और स्वीकार्य लोड द्वारा चयनित किया गया है। आपात स्थिति सहायक विद्युत आपूर्ति प्रणाली के विद्युत और नियंत्रण केबल सामान्य प्रचालन और फाल्ट कंडीशन पर आधारित सेवा के लिए चयनित, श्रेणीबद्ध, योग्य होगी। ये केबल संचयी विकिरण प्रभाव की दृष्टि से और यदि डिजाइन अधारित घटनाओं सहित अपने पूरे डिजाइन काल में अनुप्रयोज्य और तापीय एजिंग प्रत्याशित है तो पर्यावरणीय परिस्थितियों के लिए भी योग्य हैं।

कंटेनमेंट के भीतरी और बाहरी सभी संरक्षा प्रणाली केबल अपने अभिलक्षणों के अनुसार फायर सरवाईवल (अग्नि उत्तरजीविता) केबल तुल्य हैं। 0.4केवी और 220वी केबल की फायर रेटिंग 90 मिनटों की है।

आपातस्थिति सहायक विद्युत आपूर्ति प्रणाली की केबल नियमानुसार केबल समर्थन संरचना में किसी वोल्टेज रेटिंग में बिछाई जाती हैं। अर्थात् लो क्रॉस सेक्शन में केबल रैक, खुले मेटल ट्रे, बंद ट्रे अथवा बंद मेटल डक्ट। विशेष केबल कक्ष में बहुत से केबल लाइनों का प्रबंध किया जाता है जैसे अंडरग्राउंड केबल टनल, शॉफ्ट, मेटल डक्ट, सेमि-फ्लोर और ट्रेंच अथवा बरीड ह्यूम पाइप आदि। कंटेनमेंट में केबलों को पास कराने के लिए विशेष वायुरूद्ध सीलबंद इलेक्ट्रिकल पेनेट्रेशन का उपयोग किया जाता है। ये पेनेट्रेशन रिएक्टर के संरक्षी कंटेनमेंट द्वारा पास करते समय एक या कई सर्किटों की गैस-प्रूफ और लीक-टाइट पेनेट्रेशन उपलब्ध कराते हैं। अत: लीक-टाइटनेस के पैरामीटरों पर कंटेनमेंट की अखंडता और इलेक्ट्रिकल सर्किटों के पैसेज पूर्णरूप से सुनिश्चित करती है।

केकेएनपीपी की प्रत्येक इकाई में कुल 383 हेरमेटिक केबल पेनेट्रेशन जो भारतीय एनपीपी में पहली बार इस प्रकार की केबलों का प्रयोग किया गया है जो रिएक्टर भवन के भीतर और बाहर केबल लाइन की रूटिंग के लिए वायुरूद्ध सीलबंद स्थिति के अनुकूल होता है।

इकाई 1व2 के विशाल प्रदेश में फैली केबलिंग मैग्नट्यूड और क्वांटम की दृष्टि से केकेएनपीपी में केबल बिछाने का कार्य एक अत्यंत आवश्यक और चुनौतीपूर्ण कार्य था। 0.5 वर्ग मिमी से 500 वर्ग मिमी तक की श्रेणी में केबलों के 500 प्रकारों विभिन्न आकार के साथ लगभग 100 वर्गीकृत प्रकारों के विशाल मात्रा सूची के कारण कार्य संयोजित हो गए।

कुडनकुलम-1व2 में जगमगाती
रात का एक दृश्य

कुडनकुलम-1व2 में जगमगाती रात का एक दृश्य

साइट पर केबलिंग कार्य किए जाने के लिए जारी केबल लॉग/कार्य डाक्युमेंटेशन की तुलना में इस कार्य में स्थल पर केबलिंग कार्य की वास्तविक प्रगति की नजदीकी से मॉनीटरन करना ही नहीं बल्कि प्रतिदिन साइट पर किए जाने वाली केबलिंग पर डाटाबेस के वास्तविक समय को अद्यतन, साइट पर केबल स्टॉक का ऑन लाइन मूल्यांकन, रूसी पक्ष से शार्ट सप्लाइड केबल का फालो-अप भी अपेक्षित है।

मार्ग और फ्रंट केबल उपलब्धता, दैनिक योजना आदि के विस्तृत अध्ययन के बाद सभी मुख्य संयंत्र भवनों में केबलिंग की गई हैं ताकि परियोजना द्वारा तय अनुसूची और लक्ष्य के अनुसार सही समय पर, सही पद्धति से कमीशनिंग के लिए महत्वपूर्ण प्रणालियां ओर लोडों को जोड़ा जा सके। इस कार्य में यह भी शामिल है कि साइट पर केबल मेटल संरचनाओं के साथ केबल लॉग के इंजीनियरिंग मिसमैच यदि कोई हो तो उसे पहचानना और उसे ईमानदारी से जनरल डिजाइनर (एईपी)/एएसई/एफई आदि के नजदीकी समन्वयन से निपटाया जाए ताकि साइट पर अनुसूचित कार्य प्रभावित न हो। दैनिक आधार पर किए गए कार्य और की गई आवश्यक कार्रवाई और अपनी तरफ से सप्लाई की गई केबलों की व्यवस्था के लिए रूसी पक्ष के साथ चर्चा के लिए केबलों के विस्तृत अध्ययन और मूल्यांकन अपेक्षित है।

केकेएनपीपी स्थल पर की गई केबलिंग का क्वांटम निश्चित रूप से एक बहुत बड़े क्वांटम के रूप में उल्लिखित किया जाएगा जोकि हमारे देश में कभी नहीं हुआ था और इकाई 1व2, दोनों (सामान्य केंद्र केबलिंग कार्य सहित) के कार्य की समाप्ति तक केबल की कुल मात्रा करीब-करीब 13500किमी (लगभग) तक होती है। इन केबलिंग कार्यों के अधिकतर कार्य ग्रेड लेवेल से कम स्तर पर लांग-विंडेड टनल में विभिन्न मुख्य संयंत्र भवन को जोड़ा गया है।

संयंत्र स्थल पर कई सामान्य और सेफ्टी टनल में बिछाई गई कलोसल केबलिंग कार्य को सफलतापूर्वक समाप्त करना भारतीय नाभिकीय विद्युत परियोजनाओं के विद्युत प्रणाली उपस्कर स्थापना कार्य के इतिहास में अपने आप में एक प्रमुख/महत्वपूर्ण उपलब्धि थी।

ग्राउंडिंग प्रणाली

ग्राउंडिंग ग्रिड नेटवर्क को संयंत्र क्षेत्र में बिछाया गया है ताकि वह उपस्कर ग्राउंडिंग से कार्मिक के साथ साथ उपस्कर और संरचना आदि को भी सुरक्षा दे सके। अधिकतम ग्राउंड फाल्ट करंट लाने के लिए पर्याप्त आकार के कंडक्टर चुने गए हैं। ग्राउंडिंग ग्रिड को ऐसे बिछाया गया है कि किसी भी त्रुटिग्रस्त परिस्थिति के अधीन स्टेप और टच पोटेंशियल को सुरक्षित मूल्यों में रखा जाता हैं। केकेएनपीपी की 1व2 इकाइयों के संपूर्ण क्षेत्र को कवर करते हुए आउटडोर ग्राउंडिंग ग्रिड नेटवर्क के एक भाग के रूप में 70,000 मीटरों के 70 वर्ग मिमी कॉपर कंडक्टरों को बिछाया गया है। ग्राउडिंग प्रणाली को ऐसे डिजाइन किया गया है कि विद्युत प्रणाली/उपस्कर के क्षेत्र में कार्मिक और उपस्कारों को विद्युत सेफ्टी दी जा सके और सीमा से बाहर और बिजली (लाइटनिंग) संरक्षी प्रणाली से ग्राउंड इंपल्स करंट को डाइवर्ट किया जा सके। साथ ही यह जेनरेटर, ट्रांसफार्मर और संरक्षी सर्किट आदि को न्यूट्रल ग्राउंडिंग उपलब्ध करती है।

लाइटिंग प्रणाली

केकेएनपीपी में विभिन्न मुख्य संयंत्र भवनों, संरचनाओं, टनलों और बाहरी क्षेत्रों में सामान्य लाइटिंग, आपात स्थिति लाइटिंग और निर्वातन लाइटिंग आदि के रूप में केकेएनपीपी के लिए लाइटिंग प्रणाली उपलब्ध की गई है। वोल्टेज रेटिंग 6केवी/0.415वी के साथ समर्पित लाइटिंग ट्रांसफार्मरों का प्रबंध

किया गया है ताकि सभी भवनों में 220/230वी की वोल्टेज रेटिंग के साथ भारतीय निर्माण के लाइटिंग फिक्स्चर का प्रयोग किया जा सके। लाइटिंग सर्किट का डिजाइन इस तरीके से बनाया गया है कि सामान्य लाइटिंग प्रणाली की विफलता की स्थिति में भी लाइटिंग की उपलब्धता को सुनिश्चित करता है। निर्वातन लाइटिंग के अतिरिक्त भवन/टनल आदि के सभी प्रवेश/निकास स्थानों में एक्जिट टाइप लाइटिंग फिक्स्चर्स जो उचित हो उपलब्ध कराया गया है।

प्रकाशमान केकेएनपीपी स्थल का रात्रि समय का विहंगम दृश्य।

निष्कर्ष

निष्कर्ष के रूप में कह सकते हैं कि प्रारंभिक चर्चा स्तर से आज तक की उपलब्धि तक केकेएनपीपी में विद्युत प्रणाली अवश्य ही केकेएनपीपी इकाइयों को एक ऊंचाई तक पहुंचाने में और रूपरेख बनाने में एक परिवर्तनीय और विशिष्ट कदम दिखाई देता है। यह सच है कि दो दशक पहले की प्रारंभिक चर्चा से एक दीर्घ इंजीनियरिंग यात्रा शुरू की गई जिसमें दोनों तरफ से चर्चाओं की शृंखला और कई विशेषज्ञ और प्रवीणों के महत्वपूर्ण योगदान के बाद इस तरह की एक उत्कृष्ट उपलब्धि का अनुभव अवश्य ही संतुष्टिदायक है। ये सभी विद्युत प्रणालियां आज के दिन केकेएनपीपी के दोनों इकाइयों में सफल प्रचालनरत और सेवारत हैं और यह अवश्य ही उन सभी के लिए समर्पित है जिन्होंने डिजाइन, इंजीनियरिंग, विकास, निर्माण, कमीशनिंग और अब प्रचालन और अनुरक्षण फेस के दौरान एक न एक स्तर पर, पत्यक्ष या परोक्ष रूप से इस उपलब्धि के लिए अथक परिश्रम और योगदान किया।

समस्त केकेएनपीपी टीम जो इसके निरीक्षण से लेकर सिंक्रोनाइजेशन और वाणिज्यिक प्रचालन तक उपर्युक्त कार्यों में सम्मिलित थी, के लिए यह एक रोचक उपलब्धि और केकेएनपीपी में अविस्मरणीय पलों की एक अनुपम इंजीनियरिंग यात्रा रहेगी। हमारे देश की दक्षिणी चोटी पर स्थित विद्युत मंदिर की प्रत्येक इकाई से उत्पादित विद्युत दक्षिणी ग्रिड में आपूर्ति की जाती है, जो गूंजती है।

संदर्भ

1) विद्युत प्रणाली पर टीए।

2) केकेएनपीपी की विद्युत प्रणाली पर डीपीआर पैकेज (ई-1 से ई-9)

3) केकेएनपीपी की विद्युत प्रणाली पर पीएसएआर/ एफएसएआर पैकेज एस-8

आर कामत, *संप्रति एसीई (परियोजना एसडब्लूआर विद्युत), केकेएनपीपी-3व4 के रूप में कार्यरत है। आपने 1989 में केके परियोजना, एनपीसीआईएल-मुख्यालय में कार्यग्रहण किया। इन्होंने डीपीआर, पीएसएआर आदि साथ साथ विद्युत प्रणालियों की टेक्निकल असाइनमेंट (टीए) की समीक्षा और अंतिम रूप देने में योगदान दिया है।*

2002 से आप केकेएनपीपी स्थल पर विद्युत निर्माण समूह में कार्यरत हैं। आपने 10एमडब्लू केकेएनपीपी विंडफार्म के अतिरिक्त प्रमुख विद्युत उपस्कर जैसे 220केवी और 400केवी जीआईएस और जीआईबीडी, 24/400केवी जीटी, इकाई और रिजर्व सहायक ट्रांसफार्मर आदि संबंधी कार्य किए हैं।

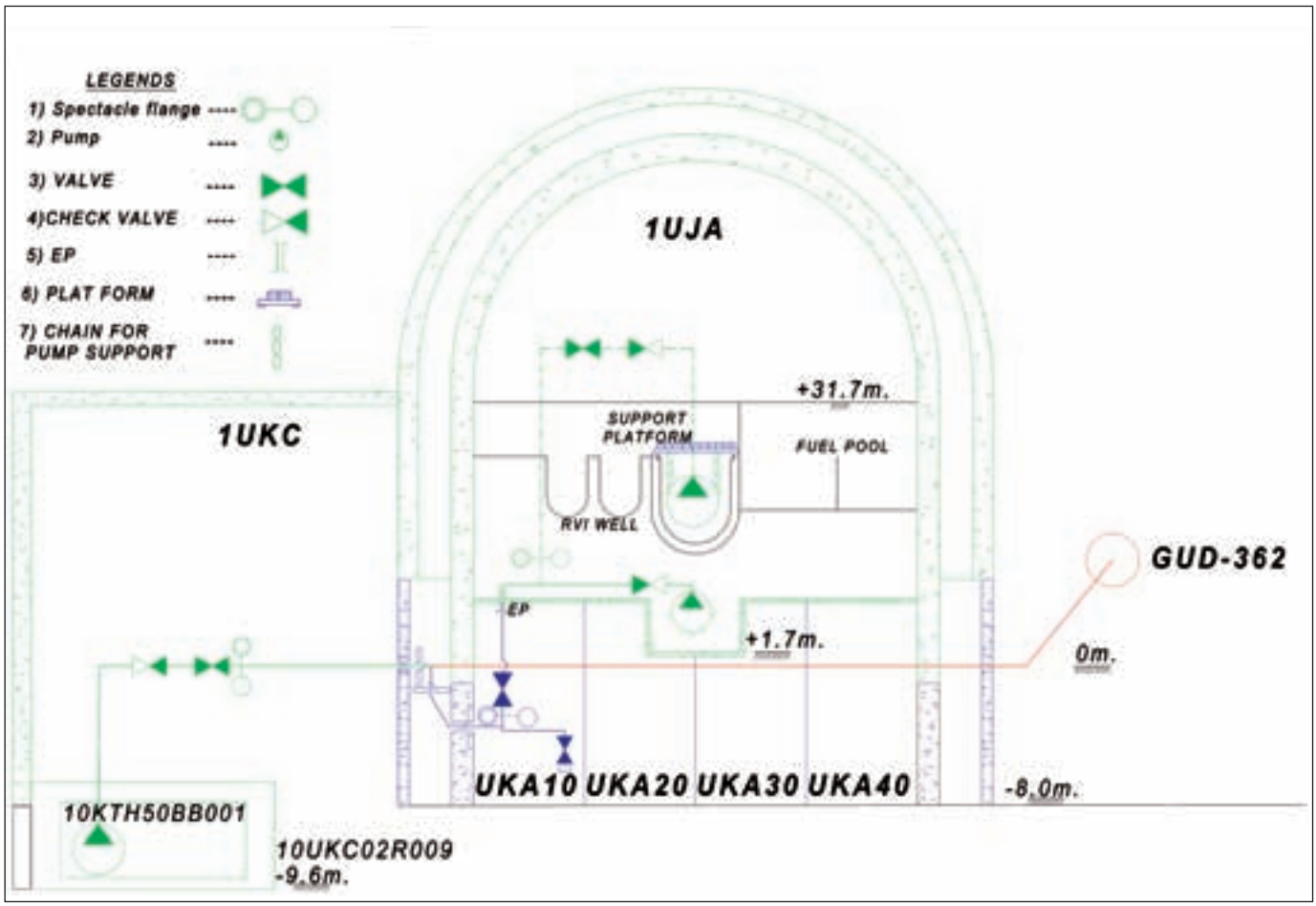
केकेएनपीपी की शीतित जल तथा प्राथमिक प्रणाली कमीशनिंग का अनुभव

सुनील वी.पी., पारी प्रभारी अभियंता, केकेएनपीपी-1

कुडनकुलम नाभिकीय विद्युत परियोजना (केकेएनपीपी) में विभिन्न प्रणालियों की कमीशनिंग का दायित्व प्रचालन एवं अनुरक्षण अभियंताओं के मध्य बहुत पहले ही वितरित कर दिया गया था। उस दायित्व विभाजन के अनुसार, हमारे उप समूह द्वारा प्रमुख प्रणालियों- रिएक्टर शीतलन प्रणाली, शीतित जल प्रणाली एवं निक्रिय आपातकालीन क्रोड शीतलन प्रणाली (ईसीसीएस) की कमीशनिंग की जानी थी।

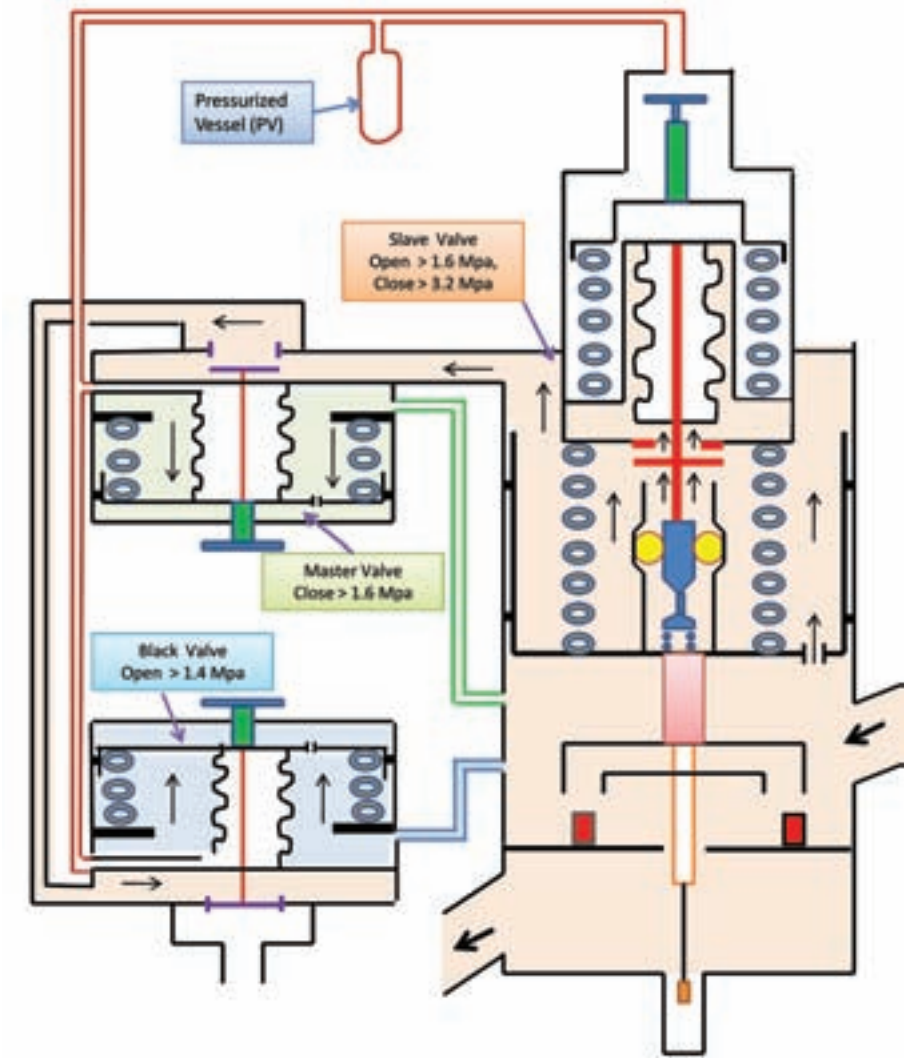
उस समय हमें केकेएस कोड (वे कोड जिनके द्वारा कुडनकुलम नाभिकीय विद्युत परियोजना (केकेएनपीपी) की संरचनाओं एवं प्रणालियों को चिन्हित किया गया है) के अलावा प्रणाली के बारे में हमें अधिक जानकारी नहीं थी और प्रणालियों के कार्य करने के बारे में भी बहुत संक्षिप्त ज्ञान था।

एक बार उत्तरदायित्व निर्धारित कर दिए जाने के पश्चात, संबंधित समूहों ने डिजाइनरों द्वारा आपूर्ति किए गए विस्तृत दस्तावेजों के विशाल भण्डार में से सूचनाएं एकत्र करना प्रारंभ कर दिया। प्रारंभ में हमने उन दस्तावेजों, जिन्हें हमें तैयार करना था और उन्हें



डी-वाटरिंग योजना का सरली कृत आरेखीय चित्रण

System pressure < 1.4 MPa



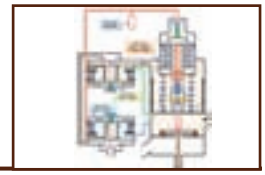
एसबीओ के साथ लोका के दौरान दोहरा चेक वाल्व

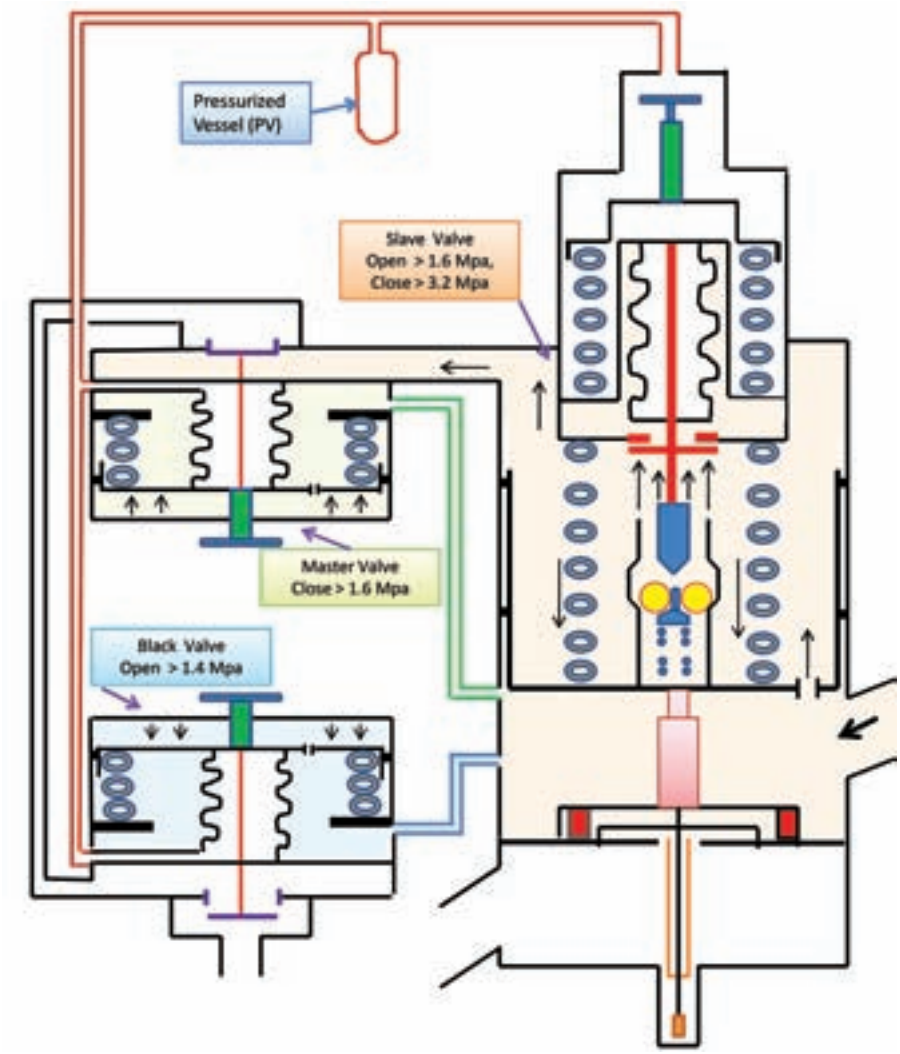
तैयार करने के लिए आवयक सूचनाओं की पहचान की। फिर हमने आपूर्ति किए गए दस्तावेजों में से सूचनाएं खोजीं और दस्तावेजों में जहां हमें अधिक सूचनाओं की आवयकता पड़ी उन्हें डिजाइनरों / आपूर्तिकर्ताओं / निर्माताओं से प्राप्त करने के लिए एक तरफ रख लिया।

इस पृठभूमिय कार्य के साथ, हमें वीवीईआर संयंत्रों में प्रचालन प्रिशक्षण हेतु रूसी परिसंघ में तैनात किया गया। ताकि इस प्रशिक्षण के दौरान, हम वीवीईआर की विभिन्न प्रणालियों से जुड़ी प्रचालन संबंधी और भी सूचनाएं प्राप्त कर सके।

प्रशिक्षण पूरा करने के पश्चात, हमें केकेएनपीपी स्थल में तैनात किया गया, जहाँ हम निर्माण परिवेश में कार्य कर सकें ताकि इरेकन योजना के अनुरूप कमीशनिंग आवयकताओं में अच्छी तरह से सामंजस्य किया जा सके।

हमारे उप समूह द्वारा की गई कमीशनिंग गतिविधियों में पहली गतिविधि थी - रिएक्टर शीतलक परिसंचारण पंप (आरसीपी) मोटरों के कूलरों का हाइड्रो परीक्षण। आरसीपी मोटरों एवं पंपों को विसंयोजित घटकों (डिसअसेबिल्ड कंपोनेंट्स) के रूप में कार्य स्थल पर लाया गया था। निर्माता के प्रलेखन (जिन्हें पासपोर्ट के रूप में जाना जाता है) के अनुबंध के अनुसार, एसेम्बल करने से पूर्व, हीट



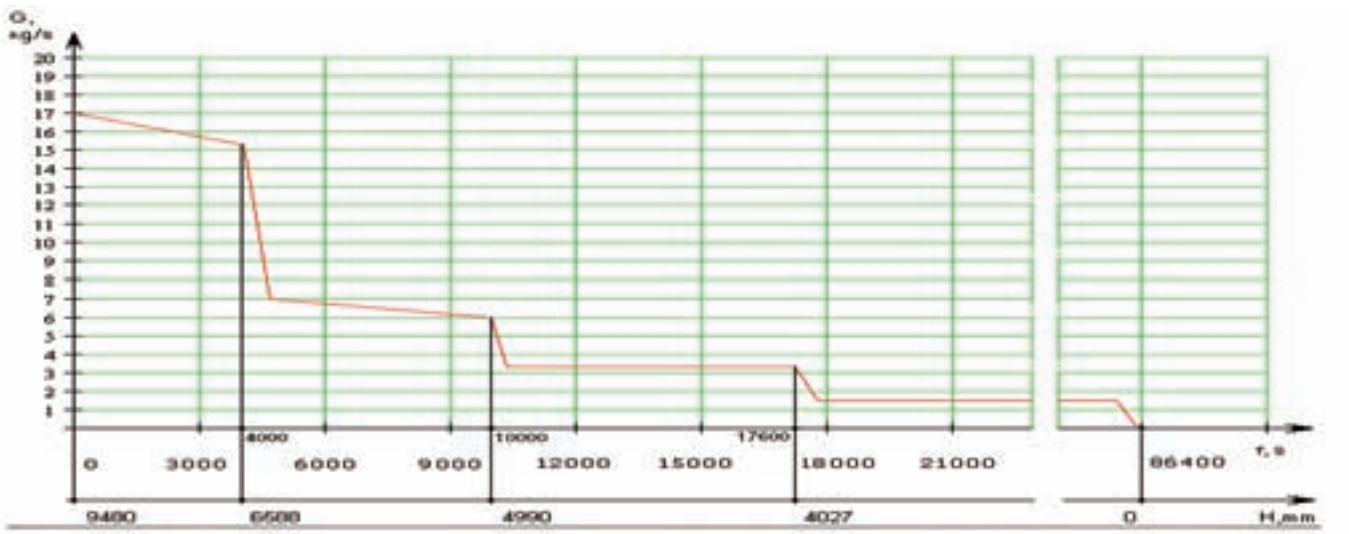


सामान्य स्थिति के दौरान दोहरा चेक वाल्व

एक्सचेंजरों का हाइड्रो परीक्षण किया जाना था। एक निक्रिय कर्मशाला में एक ढांचा बनाया गया और मोटरों को असेम्बल करने से पूर्व सभी कूलरों का हाइड्रो परीक्षण किया गया। बाद में, शीतलन और स्नेहन; (lubricating) के लिए प्रयोग में लाई गई पाइपलाइनों को असेम्बल करने से पूर्व कर्मशाला में सफाई की गई। पाइपलाइनों को संक्षारण से बचाने के लिए उनकी आंतरिक सतह एवं बाहरी सतह पर एक संरक्षी परत के साथ भेजा गया था। स्टील केबल से जुड़े एवं सफेद स्पिरिट में भीगे हुए एक कपड़े का प्रयोग करते हुए भौतिक रूप से उनकी सफाई की गई। इस प्रकार की सफाई से उत्कृष्ट परिणाम मिला जो मोटर के 'बिना भार' के प्रथम प्रचालन के दौरान लिए गए तेल नमूनों के परिणामों एवं तत्पश्चात पंपों के भार परीक्षण के दौरान सहायक सर्किट के परिणामों से स्पष्ट था।

केकेएनपीपी में, ठीक मुख्य पाइप और उपकरण से लेकर ट्रांसमीटर तक मापयंत्रण नलिकाएं बिना किसी यांत्रिकी जोड़ के लगाई गई हैं। मुख्य पाइपिंग के निकट कोई भी रूट वाल्व नहीं है। पीएचडब्ल्यूआर ईंधन संभरण प्रणालियों में दिए गए अतिरिक्त बहाव रोकने वाले वाल्वों के समान, नलिकाएं छोटी स्वचालित आइसोलेशन यंत्रों, जिन्हें ट्रिपिंग यंत्रों के रूप में जाना जाता है, के साथ लगाई गई हैं। तथापि उनके कार्य

चरणों की संख्या	चरण I	चरण II	चरण III	चरण IV
चरण की अवधि (सेकेंड)	0-4000	4001-10000	10001-30000	30001-86400
एक एक्यूमुलेटर से बोरिक एसिड का बहाव (कि. ग्रा. सेकेंड)	5,0	2,5	1,65	1,07

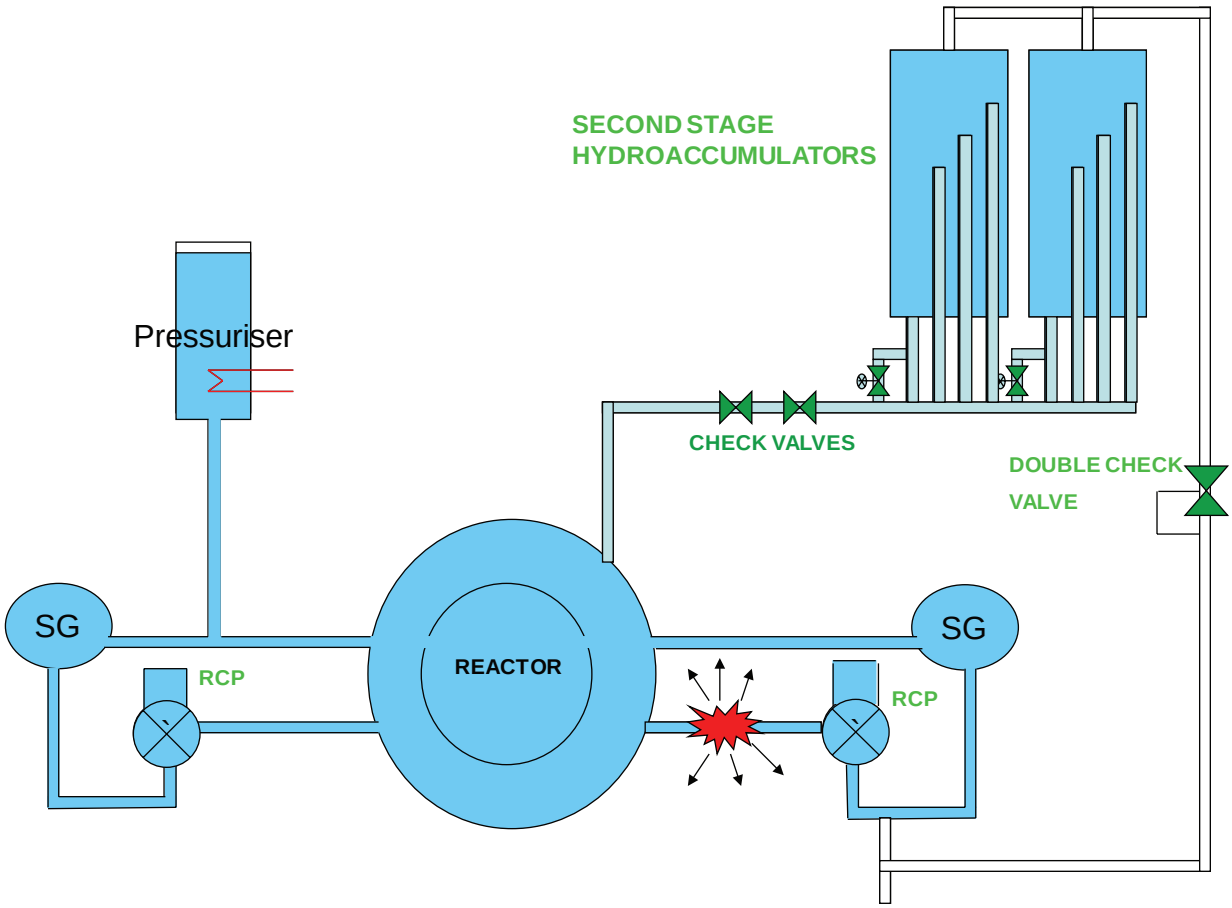


प्रत्येक चरण में बहाव की दरें (बहाव बनाम समय)

करने का सिद्धांत अतिरिक्त बहाव रोकने वाले वाल्वों से भिन्न है। निर्माता की अनुशंसाओं के अनुसार, स्थापित करने से पूर्व उनका परीक्षण किए जाने की आवयकता थी, और बहाव का परिमाण जिस पर वे संचालित करते हैं, उन्हें रिकार्ड करना और सीमाओं में रहने के लिए परीक्षण किया जाना था। उनकी संख्या सैंकड़ों में थी और उनका परीक्षण करने के लिए परीक्षण ढांचा डी. एम. संयंत्र में बनाया गया था।

इस समय तक, इरेकन की दृटि से पाइपिंग कार्य प्रगति पर थे। अनेक प्रणालियों में पाइपिंग बिना फ्लैंज जोड़ों के थीं। अत: इरेक्शन के पश्चात फ्लशिंग के लिए पाइपलाइनों को काटने से बचने के लिए प्रणालियों की ओपन लूप एवं क्लोज्ड लूप फ्लशिंग की योजना पहले से ही बनाई जानी थी। विस्तृत फ्लशिंग योजनाएं तैयार की गई और मुख्यालय में डिजाइनरों की सहमति से फील्ड इंजीनियरिंग (एफई) ने अभियांत्रिकी कार्य किए तथा इरेकन एजेंसियों ने योजनाओं को कार्यान्वित किया।

संरक्षा संबंधी एवं गैर संरक्षा संबंधी शीतित जल प्रणाली जालियां (स्ट्रेनर्स) पंप के निकट लगाई गई थी और बाईपास पाइपें संबंधित भवनों के प्रवेश मार्गों पर उपलब्ध कराई गई थीं। भवनों के भीतर लाइनों की फ्लशिंग या तो भवन के भीतर से बाहर की ओर पानी की आपूर्ति करके या एअर हैंडलिंग यूनिटों (एएचयू) के निकट होजें लगाकर एवं उनका रूख बाहर की ओर करके की गई थी। चूंकि मलबे को ओपन लूप फ्लशिंग के द्वारा हटाने के लिए पर्याप्त वेग निर्माण नहीं हो रहा था, अत: गैर संरक्षा संबंधी शीतलक भवन के भीतर शीतित जल के हैडरों को भीतर से मैनुअली साफ किया गया था। भीतर से सफाई करने के उपरांत, हैडरों के सिरे की प्लेटें, 800 मिमी व्यास की होने की वजह से, वैल्ड की गई थीं। रिएक्टर प्रणालियों की फ्लशिंग से प्राथमिक प्रणालियों से जुड़ी प्रणालियां मुख्य शीतलक पाइपलाइनों या स्वयं रिएक्टर में बह गई थीं। छोटी नलिकाओं को अवरूद्ध होने से रोकने के लिए रिएक्टर में फ्लशिंग करने से पूर्व उन्हें निकला नहीं गया था। रिएक्टर के आंतरिक अवयवों को हटा दिया गया था और रिएक्टर में फैले पानी को बाहर निकालने के लिए एक पंप स्थापित किया गया था।



द्वितीय चरण हाइड्रोएक्युमलेटर - 1 चैनल

मुख्य शीतलक पाइप लाइनों से जुड़ी प्रणालियों की फ्लशिंग के अनुक्रम के बारे में नोजल के स्थान के आधार पर निर्णय लिया गया था ताकि जिन प्रणालियों की फ्लशिंग पहले ही की जा चुकी है, वे अन्य प्रणालियों से बहे पानी से संदूषित न हों। आरपीवी पर लाइनर को क्षति से बचाने के लिए रिएक्टर दाब पात्र में पर्याप्त मात्रा में पानी की उपलब्धता सुनिचित की गई थी ताकि रिएक्टर में गिरने वाले किसी मलबे का प्रभाव कम किया जा सके। इसके अतिरिक्त, आरपीवी के तल में एक रबड़ लाइनर भी लगाई गई थी। इस व्यवस्था के साथ, आपातकालीन एवं योजनाबद्ध शीतलक प्रणाली भी 900मी^{3}/घंटा की दर से ढकेले गए पानी से फ्लश की गई।

इस प्रक्रिया के पूरा होने के पश्चात, मुख्य शीतलक पाइप लाइनों की आंतरिक सतहों की सफाई की गई और उन्हें सूखा लिया गया क्योंकि प्रणाली के रडियोसक्रिय परीक्षण होने तक उन्हें बिना किसी वाहक के रहना था। आरपीवी को भी पौंछे से साफ किया गया तथा छोटी नलिकाओं को लटकाने एवं रिएक्टर के आंतरिक अवयवों के इरेकन करने के लिए निर्बाध था।

प्राथमिक प्रणाली की अंतिम फ्लशिंग आरसीपी के प्रचालन के साथ सम्पन्न की गई। ब्लोडाउन लाइन से जल नाली तक एक अस्थाई लाइन की स्थापना की गई। जब 3 आरसीपी संयुक्त रूप से प्रचालनरत थे, इस लाइन के द्वारा सतत् ब्लोडाउन किया गया। प्राथमिक सर्किट ब्लोडाउन पानी की प्रक्रिया की निरन्तर निगरानी की गई और प्राथमिक प्रणाली का तापमान, रसायन सूचकाकों पर निर्भर करते हुए, चरण दर चरण 80^0 सेल्सियस तक बढ़ा था। उचित प्रक्रिया प्राप्त कर लेने के बाद, ब्लोडाउन से जल नाली को रोक दिया गया और तापमान बढ़ गया।

सिस्टम इंटरलॉक की फ्लशिंग के अलावा, उपकरणों की जांच एवं प्रणालियों का एकीकृत परीक्षण भी चुनौतीपूर्ण था। आरसीपी में 6 केवी की तरफ दो सर्किट ब्रेकर उपलब्ध कराए गए हैं। प्रत्येक आरसीपी के लिए लगभग 47 सुरक्षाएं (सहायक तत्परता पर स्टार्ट आधारित संदमन सहित) थीं। उनमें से कुछ 2/3 लॉजिक पर आधारित थीं। इंटरलॉकों का परीक्षण करने हेतु ब्रेकरों को कई बार प्रचालित करना था। इस अनुकारकों को सीमित करने के लिए ब्रेकरों का मिमिकिंग प्रचालन का विकास किया गया और ब्रेकर के अंतिम छोर पर लटका दिया एवं तार्किक परीक्षण किए गए।

आरसीपी में पंप के प्रचालन के दौरान तेल आपूर्ति करने हेतु एक शैफ्ट चालित पंप होती है और कॉस्ट डाउन के दौरान तेल आपूर्ति करने के लिए एक आपातकालीन तेल टैंक होता है। इसके अतिरिक्त, प्रत्येक आरसीपी में दो मोटर चालित डिब्बाबंद रोटर पंप होते हैं, जो टैंक के भीतर तेल में डूबे रहते हैं।

विद्युत प्रचालित पंप केवल स्टार्ट-अप के दौरान तब तक प्रचालन में होती हैं जब तक वह नाममात्र गति में नहीं पहुंचता है। अत: ये स्नेहक-तेल पंप बिना बैटरी बैक-अप के साधारण प्रचालन विद्युत आपूर्ति के साथ उपलब्ध कराए गए थे (समूह-1)। तथापि अयुग्मित स्थिति के दौरान, मोटर का कॉस्ट डाउन समय लगभग 20 मिनट था, उसके दौरान आपातकालीन तेल टैंक पूर्ति करने के लिए पर्याप्त नहीं था। 'भार रहित' परीक्षण के दौरान, यदि श्रेणी-4 (समूह-II) आपूर्ति असफल रहती है, तो मोटर के ठहराव की स्थिति में आने तक तेल की आपूर्ति के लिए एक सुस्पट व्यवस्था होनी चाहिए। चूंकि बैटरी बैक-अप बढ़ाने के लिए ईपी अतिरिक्त केबल उपलब्ध नहीं थे, इसलिए बाहर से विद्युत आपूर्ति संभव नहीं थी। अत: एक एमसीसी जिसने कन्टेनमेंट के भीतर एक वाल्व को समूह-1 सप्लाई की आपूर्ति की, को 'आइसोलेटर केवल' सेल के प्रकार के रूप में संशोधित किया गया और आपातकाल की स्थिति में शुरू करने के लिए संरोधन के भीतर स्नेहक-तेल पंप के निकट स्टार्टर की व्यवस्था की गई। इस व्यवस्था के साथ, आरसीपी मोटर का कई बार 'भार रहित' परीक्षण करने के साथ ही समाकृन्तन संतुलन के लिए भी परीक्षण किया गया।

द्वितीय चरण के हाइड्रो एक्युमुलेटर्स को क्रोड को 24 घंटे तक शीतल करने हेतु परिवर्ती बहाव गति के साथ बोरिक एसिड की आपूर्ति करने के लिए अभिकल्पित (डिजाइन) किया गया है। अंत:क्षेपण (इंजेक्शन) की शुरूआत में बहाव गति उच्च हो सकती है और यह चरणों में नीचे आती है। यह टैंकों के भीतर खड़े पाइपों को लगाकर और पाइप लाइनों में ऑरिफिस से प्राप्त किया गया। जब कुछ चरणों में परीक्षण किया गया तो बहाव गति ने अभिकल्पन मानदंडों को पूरा नहीं किया और 24 घंटे के कुल समय की आवयकता को भी पूरा नहीं किया। ऑरिफिस परिवर्तित करने के पश्चात बार-बार परीक्षण किए गए।

तत्पचात किए गए संशोधनों से अपेक्षित अवधि के लिए अपेक्षित बहाव गति को प्राप्त किया जा सका।

***सुनील वी. पी.**, मैकेनिकल अभियंता, एनपीसीआईएल के तृतीय बैच से हैं। वे का.प.बि.घ.-2 तथा के.जी.एस.- 1 व 2 की कमीशनिंग एवं प्रचालन गतिविधियों में शामिल रहे थे। इसके बाद उन्हें एलडब्ल्यूआर निदेशालय में स्थानांतरित कर दिया गया। तत्पश्चात, उन्होंने वीवीईआर के प्रचालन संबंधी प्रशिक्षण लिया और केकेएनपीपी के कमीशनिंग समूह में शामिल हुए। वे रिएक्टर प्रणालियों की कमीशनिंग तथा रिएक्टर संयंत्र की पेसिव संरक्षा प्रणालियों के प्रभारी थे। उनके पास प्रचालन के लिए लेवल-1 का लाइसेंस है और केकेएनपीपी-1 में पारी प्रभारी अभियंता के रूप में कार्यरत हैं।*

जेट्टी से ओवर डाइमेंशनल कन्साइनमेंट्स (ओडीसी) का परिवहन

जेट्टी से ओवर डाइमेंशनल कन्साइनमेंट्स (ओडीसी) का परिवहन

केकेएनपीपी का सेवा पूर्व निरीक्षण

पोनराज एन., एसए/ई, केकेएनपीपी, **जोगेश पी. पाडिया**, एसओ/ई, (क्यूए), केकेएनपीपी,
के. ए. रामन, पीई,(क्यूए), केकेएनपीपी

1. परिचय:

कुडनकुलम नाभिकीय विद्युत परियोजना (केकेएनपीपी) रूसी परिसंघ (आरएफ) के सहयोग से कुडनकुलम में निर्मित वीवीईआर 1000 प्रकार के लाइट वाटर रिएक्टर (एलडब्ल्यूआर) वाली अपनी तरह की पहली परियोजना है। आरएफ मानकों के अनुसार निर्माण, कमीशनिंग एवं प्रचालन गतिविधियों के दौरान अनेक चुनौतियां सामने आईं। कुडनकुलम नाभिकीय विद्युत परियोजना (केकेएनपीपी)- 1 एवं 2 के लिए सेवा पूर्व निरीक्षण कार्यक्रम सहित निरीक्षण गतिविधियों को अंतिम रूप देने एवं कार्यान्वित करने में भी चुनौतियों का सामना करना पड़ा। केकेएनपीपी-1 एवं 2 में पीएसआई कार्यक्रम का प्रतिपादन एवं इसके कार्यान्वयन का विस्तृत विवरण नीचे दिया गया है -

2. पीएसआई/आईएसआई कार्यक्रम का प्रतिपादन एवं इसका कार्य क्षेत्र:

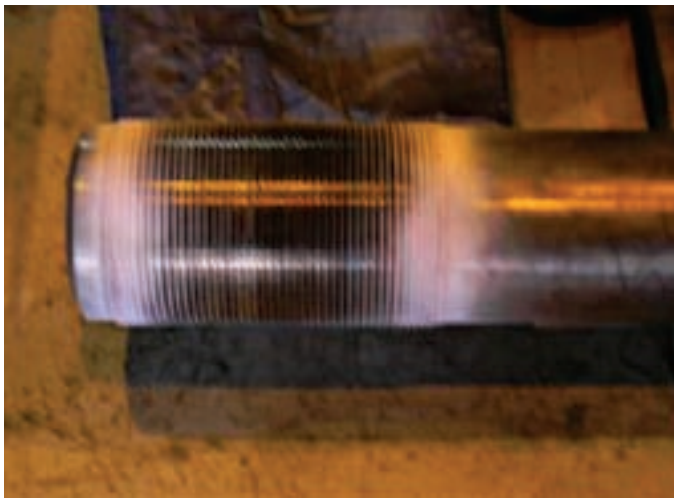
केकेएनपीपी-1 एवं 2 के प्राथमिक एवं द्वितीयक चक्र प्रणाली का सेवा पूर्व निरीक्षण (पीएसआई) एवं सेवाकालीन निरीक्षण (आईएसआई) कार्यक्रम डिजाइन दस्तावेजों, संदर्भित संयंत्र की विद्यमान पद्धतियों/ व्यवहारों

सारणी-1: केकेएनपीपी-1 एवं 2 के पीएसआई/आईएसआई के चिन्हित प्रणालियां

क्रम सं.	प्रणाली विवरण	केकेएस कोड
1.	रिएक्टर दाब पात्र	जेएए
2.	रिएक्टर कोर बैरेल	जेएसी
3.	कोर बेफल	जेएसी
4.	संरक्षी नलिका इकाई	जेएसी
5.	ऊपरी इकाई	जेएबी
6.	भाप जेनरेटर (एसजी)	जेईए
7.	प्रेशराइजर	जेईएफ
8.	आपातकालीन क्रोड शीतलक प्रणाली (ईसीसीएस)/ एक्यूमुलेटर (स्तर-I)	जेएनजी
9.	रीलिफ टैंक	जेईजी
10.	सेपरेटिंग बैलो	जेएए
11.	रिएक्टर शीतलक पंप	जेएबी
12.	एअर वेंट एलबॉव	जेएबी
13.	रिएक्टर मुख्य जोड़ की लीक संसूचन डिवाइस	जेएए
14.	ईसीसीएम एक्युमुलेटर (स्तर-II)	जेएनजी
15.	क्विक बोरोन इंजेकन प्रणाली (क्यूबीआईएस) टैंक	जेडीजे
16.	पेस्सिव हीट रिमूवल सिस्टम (पीएचआरएस) हीट एक्सचेंजर	जेएनबी
17.	क्यूबीआईएस कनेकन के लिए पाइप लाइनें	जेडीजे
18.	मुख्य शीतलक पाइपलाइन	जेईसी
19.	प्रेशराइजिंग सिस्टम पाइपिंग	जेईएफ
20.	ईसीसीएस पाइपलाइन प्रथम स्तर (जेएनजी 10-40)	जेएनजी
21.	आपातकालीन गैस रिमूवल सिस्टम की पाइपलाइनें	केटीपी
22.	प्राथमिक सर्किट एवं ईंधन भंडारण ताल शीतलन की आपातकालीन तथा नियत कूलिंग के लिए प्रणाली	जेएनए
23.	उच्च परिशुद्धता (एचपी) आपातकालीन इंजेकन प्रणाली एवं आपातकालीन बोरोन इंजेकन प्रणाली	जेएनडी10-40 और जेएनडी 50-80
24.	रसायन एवं परिमाण नियंत्रण प्रणाली	केबीए
25.	आसुत प्रणाली (डिस्टीलेट सिस्टम)	केबीसी 10-30
26.	प्राथमिक ड्रेंस एवं नियंत्रित लीक सिस्टम	केटीए
27.	द्वितीय स्तर की ईसीसीएस पाइपिंग प्रणाली	जेएनजी 50-80
28.	मुख्य भरण जल पाइपिंग प्रणाली	एलएबी
29.	प्रणाली विवरण	एलबीए
30.	मुख्य भाप पाइपिंग प्रणाली	केबीई 10-40
31.	प्राथमिक शीतलक की उच्च तापमान शोधन प्रणाली	जेएनबी 10-40
32.	शोधन प्रणाली के लिए ईंधन ताल जलापूर्ति	एफएएल
33.	ईंधन ताल पाइपिंग प्रणाली	एफएके
34.	स्प्रे प्रणाली	जेएमएन

आरपीवी हैड

सीपीएसएआर नोज़ल वैल्ड पीटी निरीक्षण



आरपीवी स्टड पीटी निरीक्षण

आरपीवी स्टड यूटी निरीक्षण

आरपीवी नट पीटी निरीक्षण

आरपीवी नट वीटी निरीक्षण

क्रम सं.	प्रणाली विवरण	केकेएस कोड
35.	पेस्सिव हीट रिमुवल प्रणाली (पीएचआरएस) पाइपलाइन	जेएनबी 50-80
36.	अवयव शीतलक जल प्रणाली	केएए
37.	कोर कैचर	जेकेएम
38.	पेस्सिव कैटालिटिक हाइड्रोजन रिकम्बाइंस	जेएमटी-जेएमयू
39.	जेएनजी (50-80) ईसीसीएस द्वितीय स्तर पेस्सिव कोर फ्लडिंग प्रणालीदोहरा चैक वाल्व जेएनजी (50-80), एए 601 (डीसीवी)	जेएनजी (50-80) एए 601
40.	वायुमंडल में भाप निस्सरण वाल्व (बीआयू-ए) एलबीके 51एए201, एलबीके52एए201, एलबीके53एए201, एलबीके54एए201	एलबीके
41.	प्राथमिक संरोधन (कन्टेंनमेंट) लाइनर	-
42.	बाहय स्रोत के माध्यम से भुक्तशेष ईंधन भंडारण के लिए प्रतिपूरक लाइन (फुकुशिमा के उपरांत प्रणाली बढ़ाई गई)	जेकेएम
43.	बाहय स्रोत के माध्यम से भाप जेनरेटर के लिए प्रतिपूरक लाइन (फुकुशिमा के उपरांत प्रणाली बढ़ाई गई)	एलएबी 32,42,52,62
44.	बोरेटिड टैंक के लिए प्रतिपूरक लाइन केबीए91बीबी001 (फुकुशिमा के उपरांत प्रणाली बढ़ाई गई)	केबीए 91
45.	बाहय स्रोत के माध्यम से प्राथमिक प्रणाली केबीए90 के लिए प्रतिपूरक लाइन (फुकुशिमा के उपरांत प्रणाली बढ़ाई गई)	केबीए 90
46.	8000 मी^{3} रॉ वाटर टैंक (फुकुशिमा के उपरांत प्रणाली बढ़ाई गई) निर्गम अंतग्रहण	जीकेई

एवं अन्य नियामक दस्तावेजों पर आधारित है।

कार्यक्रम प्रतिपादित करते समय संगत रिशयन पीएनएई जी कोड्स एवं परमाणु ऊर्जा नियामक परिषद (एईआरबी) कोड्स की विभिन्न जरूरतों को भी गाइडलाइन के रूप में लिया गया। केकेएनपीपी 1 व 2 पर लागू कार्यरत कार्यक्रम के रूप में उपर्युक्त प्रासंगिक दस्तावेजों पर आधारित पीएसआई / आईएसआई कार्यक्रम को इकाई एवं एनपीसीआईएल मुख्यालय के सदस्यों की एक समिति द्वारा प्रतिपादित किया गया है। इसकी आरएफ एवं एईआरबी द्वारा समीक्षा कर सहमति प्रदान की गई थी। निरीक्षण आवयकताएं उपकरण के निर्माता द्वारा अनुबंधित गाइडलाइनों के अनुसार भी हैं।

पीएसआई / आईएसआई कार्यक्रम नियमावली हेतु प्रयोग में लाए गए शासित/मार्गदर्शी दस्तावेज:

- एफएसएआर एसटी 2.47 (प्रासंगिक रिपोर्ट रिएक्टर संयंत्र उपकरण एवं पाइपलाइनों की धातु का सेवाकालीन निरीक्षण)
- पीएनएई जी-7 008-89 (परमाणु ऊर्जा संयंत्र उपकरणों एवं पाइपलाइनों के डिजाइन एवं सुरक्षित प्रचालन के लिए विनियमन)
- एईआरबी संरक्षा गाइड सं. एईआरबी/एनपीपी/एसजी/02

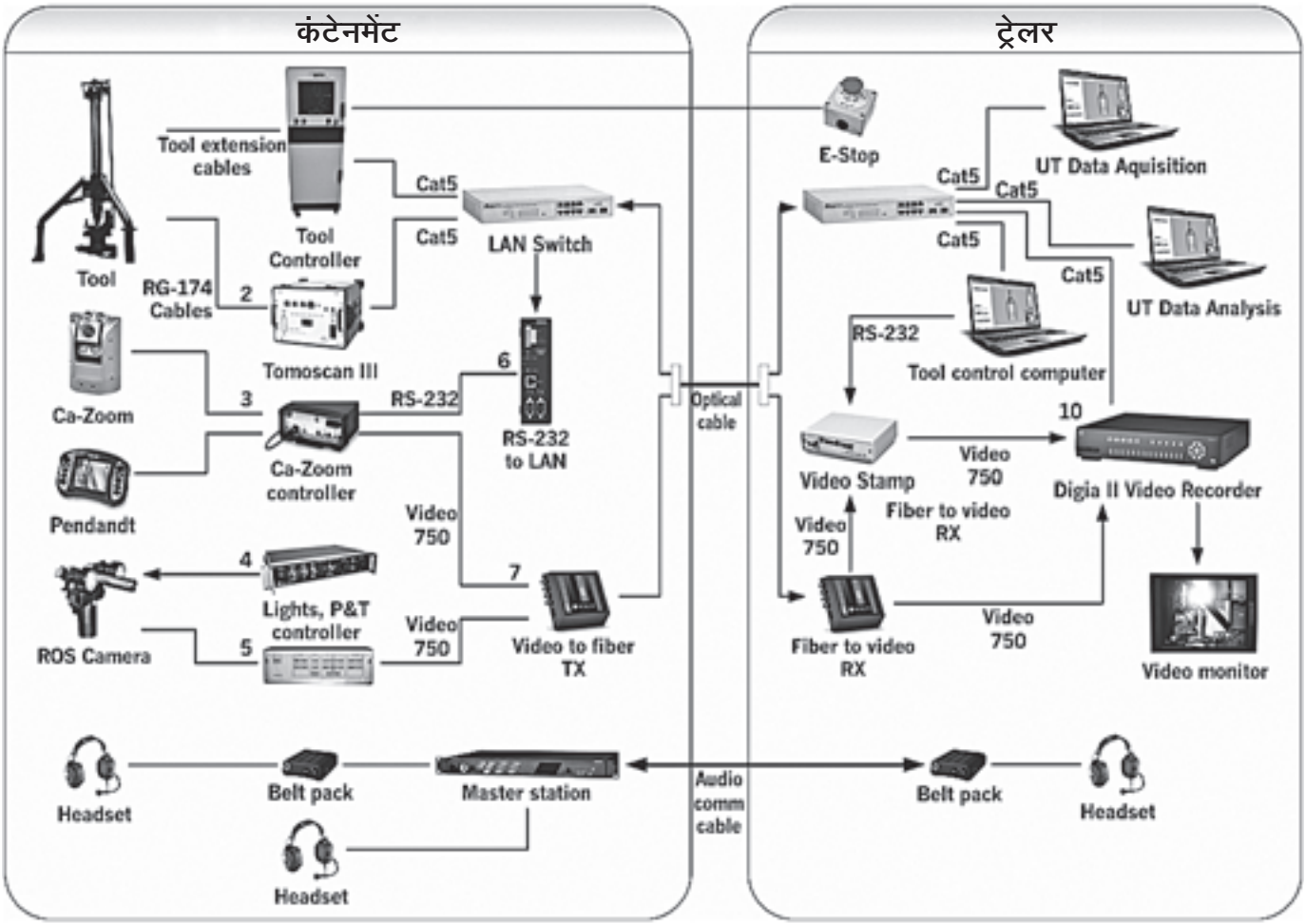
2.1 पीएसआई के लिए चिन्हित की गई प्रणालियों की सूची:

समीक्षा एवं उपर्युक्त यथाउल्लिखित के आधार पर सारणी-1 में सूचीबद्ध प्रणालियों को पीएसआई/ आईएसआई के लिए चिन्हित किया गया है और निरीक्षण का कार्य-क्षेत्र एवं आवृत्ति का उल्लेख केकेएनपीपी 1 व 2 के लिए फाइनल की गई पीएसआई/आईएस आई नियमावली में किया गया था।

2.2 पीएसआई कार्यक्रम की योजना एवं कार्यान्वयन:

भविष्य में होने वाले आईएसआई कार्यक्रम के मद्देनजर आधारभूत आंकड़े जुटाने के लिए पीएसआई विभिन्न चरणों में अर्थात मैन्युफैक्चरिंग, निर्माण एवं कमीशनिंग में किया गया है।

आधारभूत आंकड़े एकत्र करने के लिए पीएसआई प्रचालन की शुरूआत होने से पूर्व सम्पन्न किया गया था और मुख्यत: दो चरणों अर्थात हाइड्रो परीक्षण एवं प्रणाली के रेडियोसक्रिय परीक्षण के पश्चात निपादित किया गया। यह निरीक्षण अनुमोदित प्रक्रिया



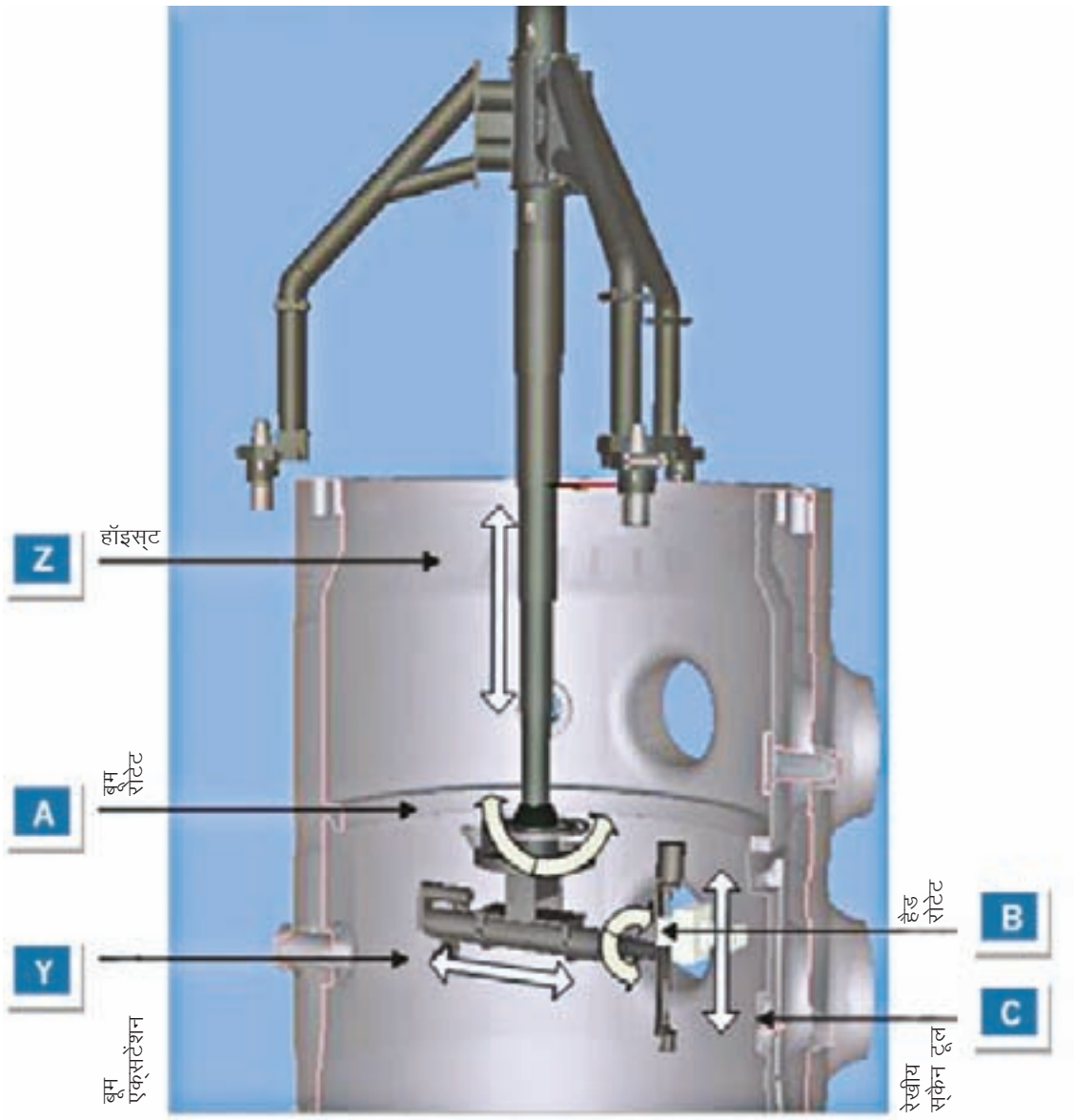
आरपीवी निरीक्षण की सामान्य योजना

एवं तकनीक शीटों के अनुसार किया गया तथा परीक्षण के परिणामों को अनुमोदित प्रारूप में दर्ज किया गया।

न्यूक्लियर पॉवर कॉरपोरेशन ऑफ इंडिया लिमिटेड (एनपीसीआईएल) द्वारा मैन्युअल निरीक्षण के साथ-साथ रिमोट आटोमेटिक निरीक्षण द्वारा निरीक्षण गतिविधियों के लिए दृय परीक्षण (वीटी), वेधी परीक्षण (पीटी), चुम्बकीय कण परीक्षण (एमटी), रेडियोग्राफिक परीक्षण (आरटी), अल्ट्रासोनिक परीक्षण (यूटी) तथा ऐडी करंट परीक्षण (ईटी) के लिए कई अविनाशी परीक्षण (एनडीटी) प्रक्रियाएं/पद्धतियां तैयार की गई थीं। इन प्रक्रियाओं की फिर एईआरबी पीएसआई / आईएसआई कार्य दल द्वारा समीक्षा की गई। अन्य आवश्यक दस्तावेज जैसे - प्रत्येक एनडीटी तकनीक हेतु यथा अनुप्रयोज्य, विभिन्न वैल्ड जोइंट विन्यास एवं मूल धातु निरीक्षण हेतु तकनीक शीटें भी एनपीसीआईएल द्वारा तैयार की गई थीं और एईआरबी कार्य दल द्वारा उनकी समीक्षा की गई।

2.3 मानवशक्ति प्रशिक्षण एवं मूल्यांकन:

निरीक्षण कार्यक्रमों में शामिल मानवाक्ति अनुभवी, प्रशिक्षित एवं अविनाशी परीक्षण (एनडीई) प्रमाणन हेतु राष्ट्रीय एवं अंतरराष्ट्रीय निकायों अर्थात-इंडियन सोसायटी फॉर नॉन-डेस्ट्रक्टिव टेस्टिंग (आईएसएनटी) अथवा अमेरिकन सोसायटी फॉर नॉन-डेस्ट्रक्टिव टेस्टिंग (आईएसएनटी) द्वारा प्रमाणित थी।



रिएक्टर वेसेल पर माउंट किया हुआ केंद्रीय मास्ट मैनीपुलेटर

आरपीवी निरीक्षण प्रणाली का चर्तुक्षीय संचलन

ठेकेदार के श्रमिक एवं विभागीय कर्मचारियों सहित सभी निरीक्षण कर्मचारी, परीक्षण आवश्यकताओं के अनुसार विभिन्न एनडीई पद्धितियों में विभिन्न प्रमाणन लेवल आवश्यकताओं के अनुरूप है। पीएसआई/आईएसआई अभिलेखों का हिस्सा बनाते हुए प्रशिक्षण एवं योग्यता विवरणों को प्रलेखीकृत किया गया। निरीक्षण कर्मचारियों को प्रत्येक निरीक्षण पद्धति में उनकी दक्षता एवं अनुभव के आधार पर प्रमुख, गुणवत्ता आवासन द्वारा अधिकृत किया गया था। आवश्यकतानुसार पूर्वाभ्यासों (मॉक-अप्स) में प्रशिक्षण एवं सक्षमता की जांच की गई।

पूर्वाभ्यास/ अंशाकन ब्लॉक:

रिमोट स्वचालित निरीक्षण प्रणालियों

पीएसआई के दौरान इकाई-1 आरपीवी पर आरपीवी निरीक्षण प्रणाली

के प्रकार्यात्मक परीक्षण एवं वीटी, यूटी एवं ईटी हेतु प्रक्रियाओं के सत्यापन के लिए विशेष पूर्वाभ्यास (मॉक -अप) तैयार किए गए थे। मैनुअल निरीक्षण हेतु, परिक्षित किए जा रहे ब्लॉक के समतुल्य विभिन्न अंशाकन ब्लॉकों को संवेदनाशीलता अंशाकन के लिए प्रयोग में लाया गया।

3.0 निरीक्षण पद्धति:

निरीक्षण कार्यक्रम में यथा परिकल्पित मैनुअली निरीक्षण करने के साथ-साथ रोबोटिक निरीक्षण प्रणाली का प्रयोग करके निरीक्षण किया गया। मूल उपकरण आपूर्तिकर्ता के पर्यवेक्षण में निरीक्षण प्रणाली के विभिन्न प्रकार्यात्मक परीक्षणों सहित प्रशिक्षण एवं योग्यता भी इन रोबोटिक निरीक्षण प्रणालियों के पूर्वाभ्यास परीक्षणों में किया गया।

3.1 मैनुअल एनडीटी निरीक्षण:

ए) दृश्य परीक्षण (वीटी)

बी) वेधी परीक्षण (पीटी)

सी) चुम्बकीय कण परीक्षण (एमटी)

डी) अल्ट्रासोनिक परीक्षण (यूटी)

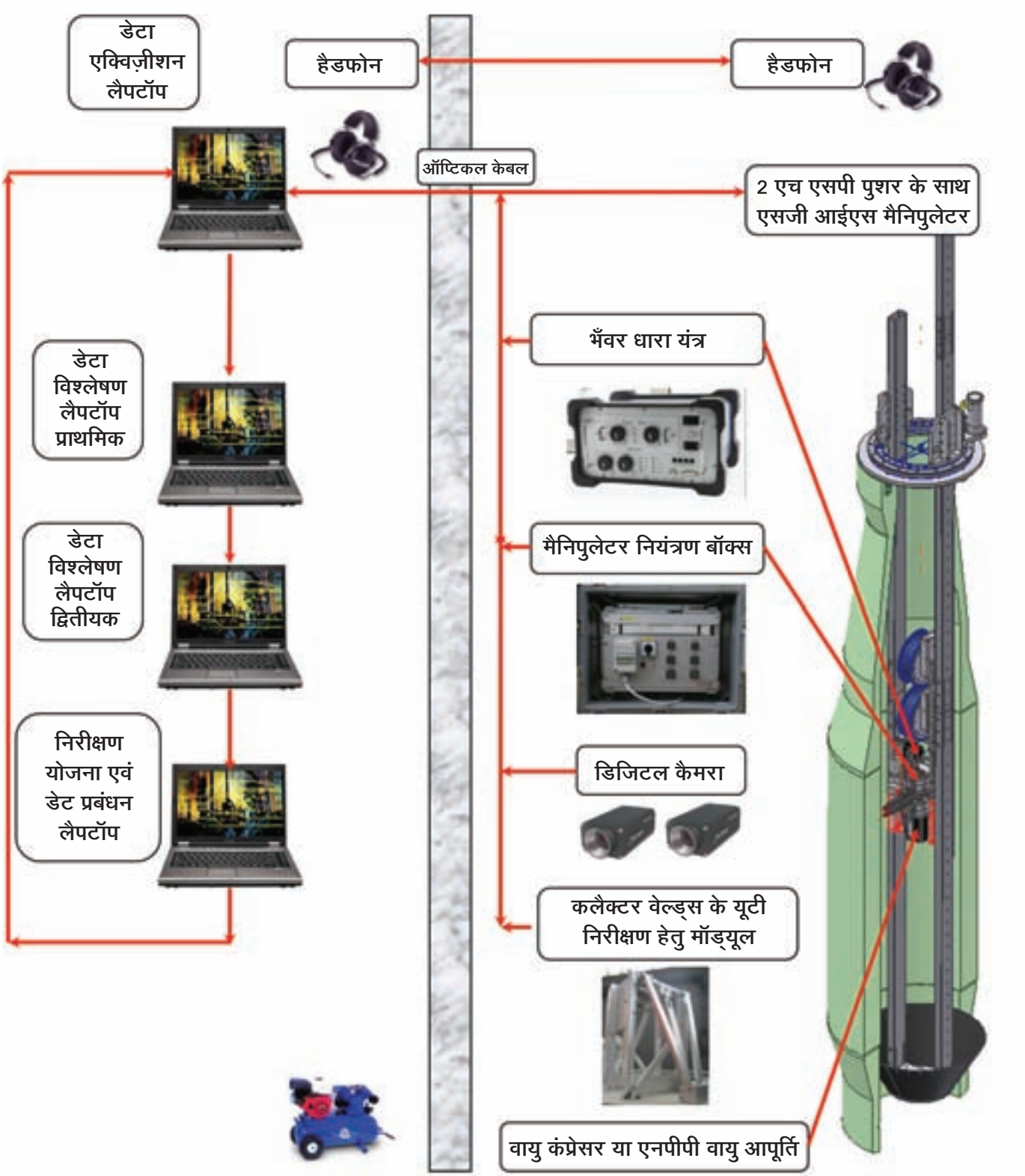
ई) रेडियोग्राफी परीक्षण (आरटी)

एफ) अल्ट्रासोनिक मोटाई प्रमापन (यूटी मोटाई माप)

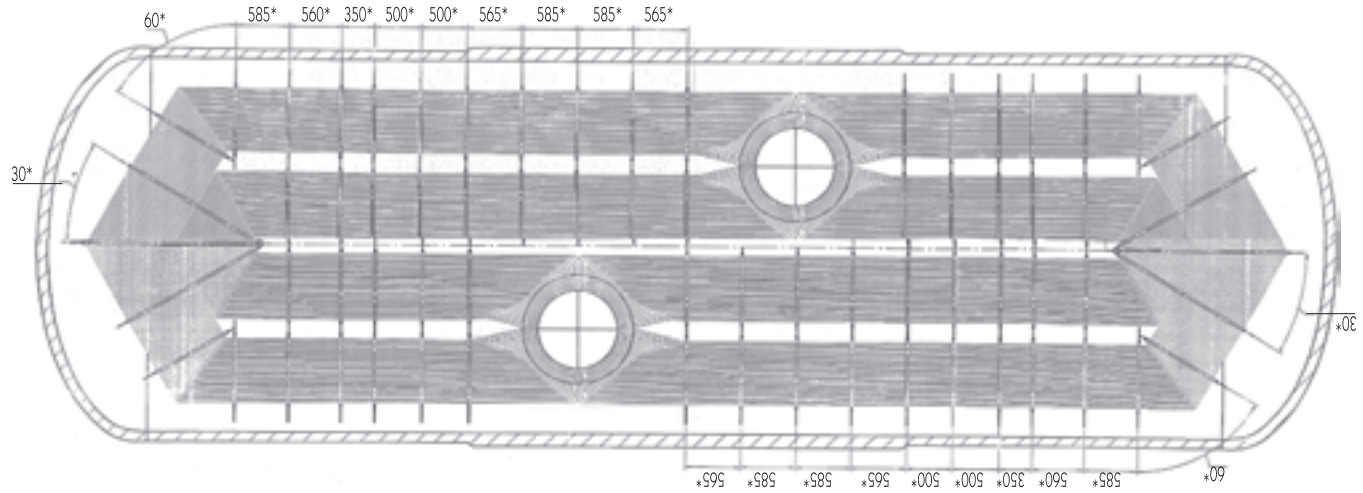
3.2 स्वचालित / रिमोट एनडीटी निरीक्षण

स्वचालित प्रणालियां सॉफ्टवेयर पर आधारित, कम्प्यूटर द्वारा नियंत्रित, रिमोट से प्रचालित मैनीपुलेटर, डाटा अधिग्रहण तंत्र, डाटा विलेशण एवं रिपोर्टिंग प्रणाली सहित अत्यधिक परिकृत हैं। निरीक्षण के लिए अपेक्षित परिशुद्धता प्राप्त करने के लिए और समग्र प्रचालनों के लिए समर्पित प्रयोज्य अनुकूल एप्लीकेशन सॉफ्टवेयर के साथ अधिकतर यांत्रिकी संघटक प्रयोजनमूलक एवं उच्च परिशुद्धता वाली माशीनें हैं।

इकाई-1 के पीएसआई के दौरान पानी के नीचे टेलीविजन पर प्रसारित दृश्य निरीक्षण



एसजी निरीक्षण प्रणाली की सामान्य योजना



एसजी ट्यूब अभिन्यास

मुख्य अनुबंध के भाग के रूप में रिएक्टर उपकरणों एवं पाइपिंग प्रणाली के धातु निरीक्षण हेतु निम्नलिखित पांच स्वचालित निरीक्षण प्रणालियों की आपूर्ति केकेएनपीपी को की जा चुकी है।

1. आरपीवी निरीक्षण प्रणाली
2. एसजी निरीक्षण प्रणाली (एसजीआईएस)
3. पाइपिंग वैल्ड यूटी निरीक्षण प्रणाली
4. बाहर की ओर आरपीवी आंतरिक निरीक्षण प्रणाली

इकाई-1 पीएसआई के दौरान ईसीटी निरीक्षण

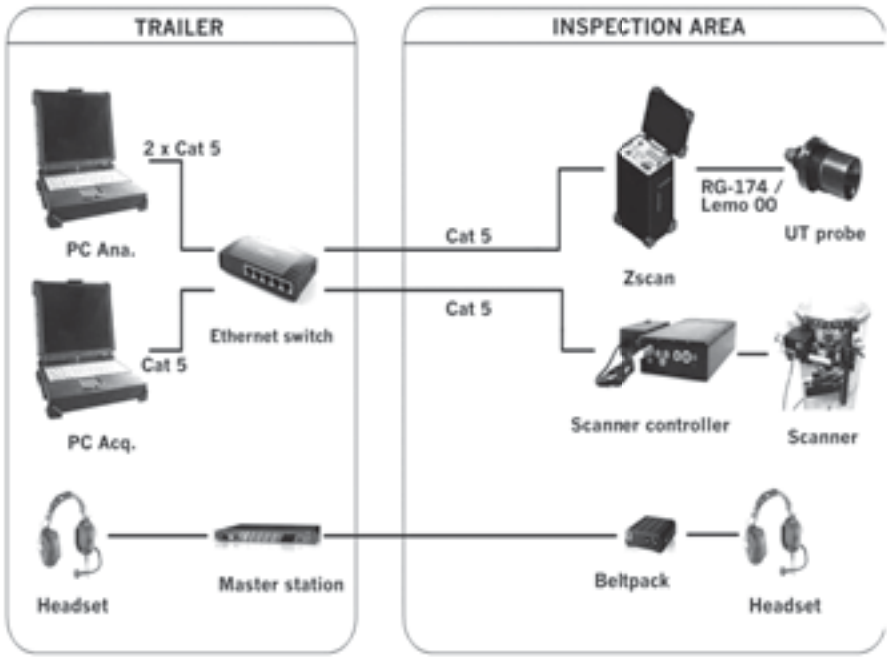
बूबिन फ्लेक्सिबल प्रोब

5. आरपीवी स्टड छिद्र निरीक्षण प्रणाली

3.2.1 सुदूर स्वत: निरीक्षण के लिए तैयारी:

परिवहन में सुलभता के लिए निरीक्षण प्रणालियों/ उपकरणों को सेमी असेम्बल हालत में आपूर्ति की गई थी। सभी अटो निरीक्षण प्रणाली उपकरण इकाई के स्वीति परीक्षण के लिए संयंत्र स्थल पर ही जोड़ कर तैयार किए गए थे। पाइपिंग निरीक्षण के लिए मॉक-अप की सुविधाएं विभिन्न व्यास की पाइपिंग हेतु पाइप स्पूल कट आउट में अंत:स्थापित अंशांकन ब्लक के साथ तैयार की गई थी।

एसजी निरीक्षण प्रणाली की योग्यता के लिए, मॉक-अप में अंत:स्थपित संग्राही (कलेक्टर) वेल्ड जोइंट यूटी अंशांकन ब्लक के साथ-साथ प्रतिनिधि ट्यूब स्थानों (ईटी के लिए) सहित संग्राही (कलेक्टर) मॉक-अप भी बनाए गए थे। कठिन ट्यूब लेआउट को निष्पादित करने के लिए पूशर-पुलर की क्षमता सुनिश्चित करने हेतु एक पूर्ण आकार का आधा-टयूब लेआउट भी इस्तेमाल किया गया था। आरपीवी के यूटी प्रकार्यात्मक जांच-पड़ताल लिए, यूटी संवेदनशीलता अंशांकन ब्लक सहित मॉक-अप सुविधायुक्त विशेष ट्राली का भी इस्तेमाल किया गया। वास्तविक परीक्षण से पूर्व अंतिम वैधता हेतु क्षेत्र उपकरण पर साइट स्वीति परीक्षण प्रक्रियाओं के अनुरूप क्षेत्र में व्यापक पैमाने पर एकीत प्रकार्यात्मक परीक्षण किए गए थे।



एसजी निरीक्षण प्रणाली की सामान्य योजना

3.2.2 आरपीवी निरीक्षण प्रणाली (आरपीवीआईएस)

रिमोट द्वारा स्वचालित पानी के नीचे इस निरीक्षण प्रणाली में अल्ट्रासोनिक निरीक्षण (यूटी) और टीवी दृश्य परीक्षण (टीवीटी) मड्यूल नामक 2 निरीक्षण मड्यूल शामिल हैं। रिएक्टर दाब पात्र का आवरण, नलिका और कोर बेल्ट क्षेत्रों सहित 6 शेल वेल्ड जोड़ों और मूल धातुओं का अंदर से यूटी और टीवीटी द्वारा निरीक्षण किया गया है। आरपीवी के आतंरिक (कोर बैरल और बेफल असेम्बली) के वेल्ड जोड़ों और मूल धातुओं का अंदर से टीवीटी द्वारा निरीक्षण किया गया है। यह प्रणाली परिष्त बिजली और वातीय एक्युएटर/ड्राइव, जिसे आरपीवी से दूर पीसी आधारित रिमोट द्वारा संचालित किया जाता है।

रिएक्टर मुख्यफ्लेंज पर तिपाई एवं गाइड पिनों की सहायता से मैनीपुलेटर लगाया जाता है जोकि आरपीवी पात्र पर संस्थापित है। निरीक्षण संयोजक के साथ मैनीपुलेटर को पोलर क्रेन द्वारा गाइड पिनों में उतारा गया है।

निरीक्षण प्रणाली में संचलन की चार धुरियां हैं -

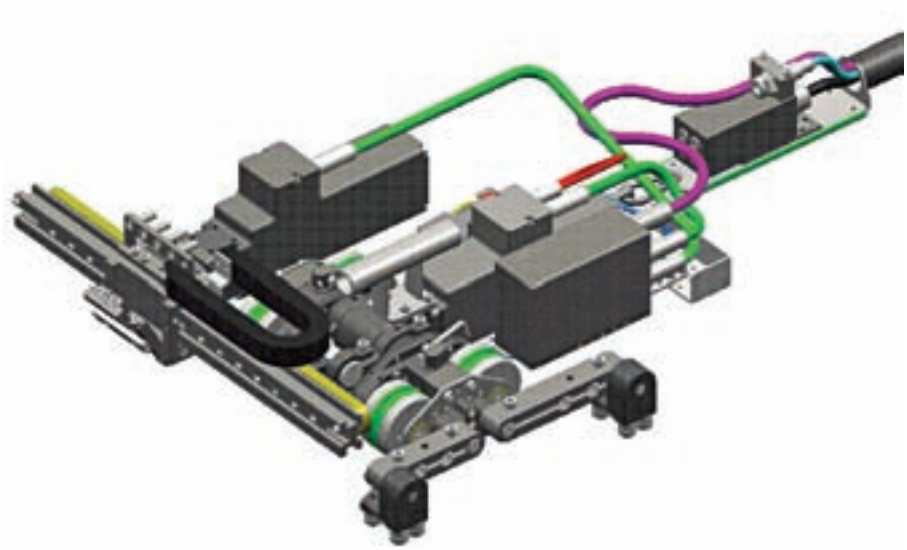
1) ऊर्ध्वाधर संचलन (होइस्ट),

2) बूम घूर्णन (बूम ऊर्ध्वाधर अक्ष के चारों ओर घुमती है),

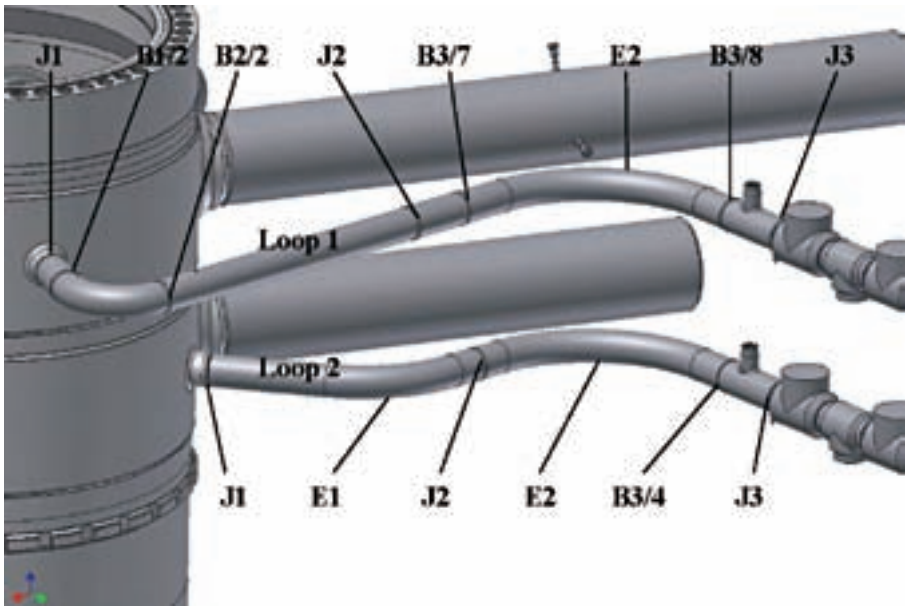
3) क्षैतिज (निरीक्षण बूम विस्तार) और

4) शीर्ष घूर्णन, जो नलिका के परिधीय स्कैन की अनुमति देता है।

होइस्ट, एक ऊर्ध्वाधर बहु खंडीय टेलिस्कोपिंग टयूब, दाब पात्र मध्य रेखा के साथ प्रगमन कराती है। ऊर्ध्वाधर गति ट्यूब असेम्बली के शीर्ष पर स्थित एक विद्युत चालित होइस्ट ड्राइव द्वारा केबल के माध्यम से सुचालित है। ऊर्ध्वाधर प्रगमन, होइस्ट ड्राइव असेम्बली में माउंनटेड एक रिजल्वर द्वारा मापी जाती है।



निरीक्षण क्रॉलर



जेएनजी पाइपलाइनों के योजनाबद्ध जोइंड स्थान

निरीक्षण बूम, एक क्षैतिज, विद्युत चालित टेलिस्कोपिंग टयूब, जो होइस्ट के तल में लगी है और ऊर्ध्वाधर होइस्ट सेंटरलाइन के क्षैतिज तल में लंबवत घूमती है। यह एक विद्युत चालित ड्राइव (बूम घूमना) द्वारा होइस्ट के चारों ओर चलाया जाता है। जैसे ही बूम घूमती है, एक रिजॉल्वर होइस्ट के चारों ओर निरीक्षण बूम की कोणीय स्थिति की माप लेती है।

रिजॉल्वर टेलिस्कोपिंग बूम के पार्श्व विस्तार स्थिति को भी माप लेता है। निरीक्षण बूम के टेलिस्कोपिंग खंड के बाहरी छोर पर एक लगा हुआ एक फ्लैंज जुड़े हुए एक रोटेटर (शीर्ष घूमता) और निरीक्षण करने के लिए इस्तेमाल किए गए निरीक्षण संयोजनों को ले जाता है। अप्टिकल एनकोडर विद्युत चालित हैड रोटेट की स्थिति की माप करता है।

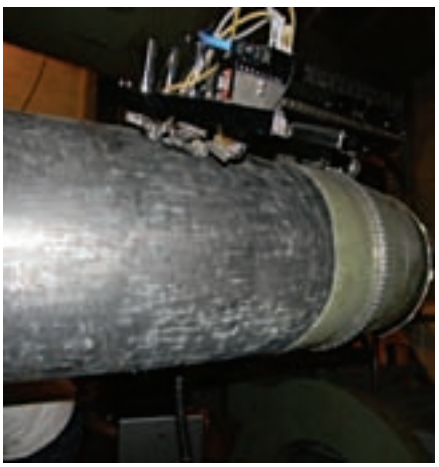
दीवार के समीप निरीक्षण संयोजन को चलाने के लिए होइस्ट को ऊपर उठाकर या नीचा करके अथवा वैकल्पिक रूप से परिशुद्धता ड्राइव (सी-धुरी ड्राइव) द्वारा पात्र की दीवार की सतहों का ऊर्ध्वाधर स्कैन किया जाता है और परिधीय स्कैन होइस्ट के चारों ओर बूम को घुमाकर किया जाता है। नोजलों का निरीक्षण हैड रोटेट तंत्र से जुडे. विशेष संयोजनों द्वारा एवं हैड रोटेट ड्राइव का प्रयोग करते हुए निरीक्षण संयोजन को नोजल सेंटरलाइन के चारों ओर घुमाकर किया जाता है।

निरीक्षण से पहले, मैनीपुलेटर का प्रकार्यात्मक परीक्षण और संवेदनशीलता अंशांकन ब्लॉक (प्राथमिक) के साथ परीक्षण का अंशांकन कार्यशाला / एनडीटी प्रयोगशाला में अलग ट्रली से जुड़े क्रलर में किया गया और कार्य आरम्भ होने से पहले रिएक्टर बिल्डिंग (आरबी) केंद्रीय हल में स्थान पर एक बार फिर से अंशांकन सेटिंग्स की पुष्टि की गई। क्षेत्र निरीक्षण के दौरान आवर्ती प्रतिक्रिया की जांच हेतु स्वस्थाने द्वितीयक अंशांकन ब्लॉक का प्रयोग किया गया।

आंकड़ों का अधिग्रहण मल्टीचैनल यूटी निरीक्षण प्रणाली का प्रयोग करते हुए 7 परीक्षणों द्वारा किया जाता है। आंकड़ों का विश्लेषण अति दृष्टि सॉफ्टवेयर का प्रयोग करते हुए किया जाता है। आरपीवी वैल्ड और मूल धातु के यूटी के लिए विशेष यूटी परीक्षण अपरूपण प्रकार, अनुदैर्ध्य कोण किरण परीक्षण और टीआरटीएल परीक्षणों का भी प्रयोग किया जाता है।

3.2.3 एसजी निरीक्षण प्रणाली (एसजीआईएस)

इस दूरस्थ निरीक्षण प्रणाली में



इकाई-1 के पीएसआई के दौरान एल्बॉउ यूटी निरीक्षण

बॉविन प्रोब सहित ऐडी करंट परीक्षण मॉड्यूल (टयूब निरीक्षण के लिए), एमआरसीपी प्रोब के साथ ऐडी करंट परीक्षण मॉड्यूल (कलेक्टर लिगामेंट निरीक्षण के लिए), अल्ट्रासोनिक निरीक्षण मॉड्यूल (प्राथमिक कलेक्टर वेल्ड जोड़ों के लिए) और टीवीटी मॉड्यूल (टयूब शीट और कलेक्टर पर दृश्य निरीक्षण) नामक चार मॉड्यूल हैं।

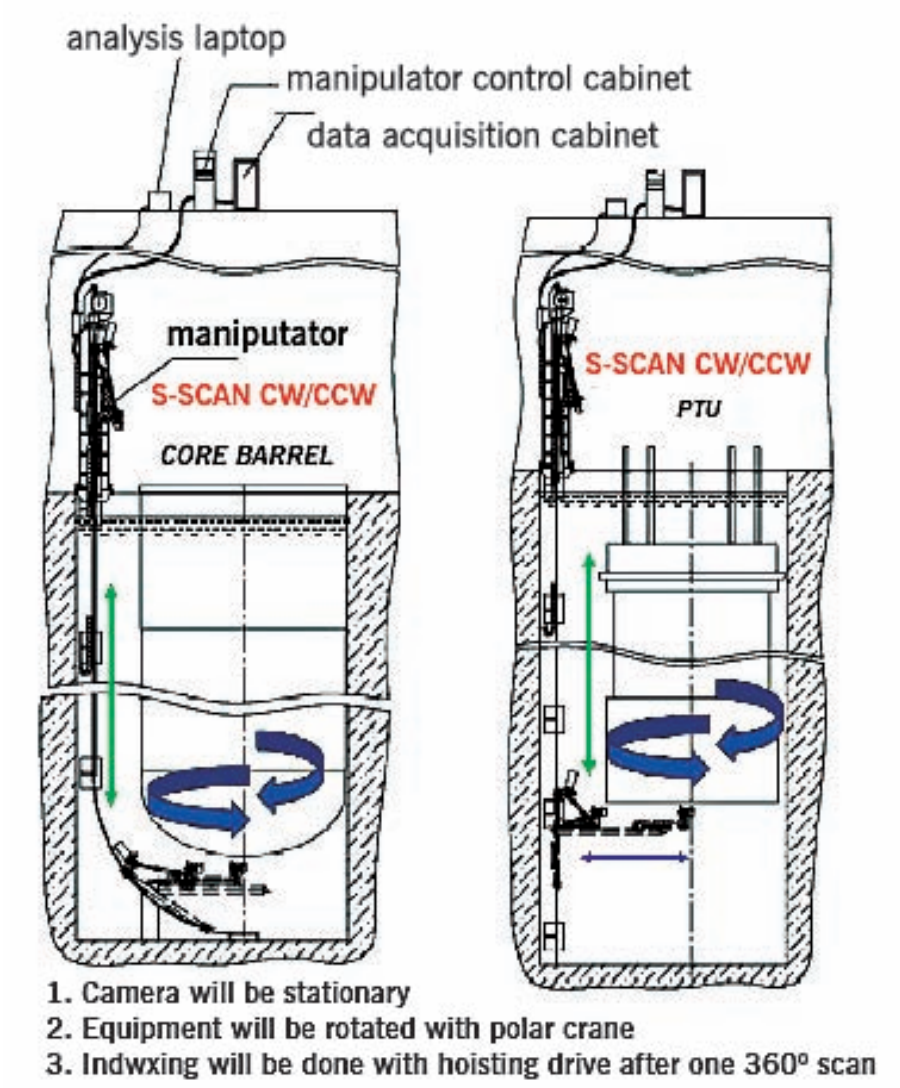
प्रणाली में मुख्य रूप से आधार प्लेट, मास्ट, एलीवेटिड व्यवस्था सहित कैरिज, उच्च गति डबल पुशर (HSP), जांच ड्रम प्रणाली, केबल प्रणाली सहित वायुचालित एवं नियंत्रण बक्स नीचे विस्तार योग्य प्लेटफार्म (एफएमई सेंटरिंग केंद्रीय ऊर्ध्वाधर मास्ट एवं मैनीपुलेटर की तलीय सपोर्ट के लिए) होते हैं। मैनीपुलेटर, मैनीपुलेटर की मेटिंग फ्लेंज की मदद

निरीक्षण क्रावलर

से एसजी कलेक्टर फ्लेंज पर टिका है। मैनीपुलेटर फ्लेंज में डोवेल पिन आसान संस्थापना में मदद करता है। यह प्रणाली परिष्कृत बिजली और वायुचालित एक्चुएटर/ड्राइव पर काम करती है जिसे एसजी से दूर पीसी आधारित रिमोट कंट्रोल प्रणाली के माध्यम से प्रचालित की जाती है।

आंकड़ों का अधिग्रहण, आंकड़ों का विश्लेषण और डाटा बेस प्रबंधन (डी बी एम) के लिए अलग साफ्टवेयर प्रयोग किया जाता है। निरीक्षण प्रणाली में निरीक्षण योजना के अनुसार अलग-अलग निरीक्षण मॉड्यूलों को इंस्टॉल करने/हटाने की सुविधा उपलब्ध है।

एसजी में क्षैतिज लेआउट में 10,978 नलिकाएं हैं। इसमें दो कलेक्टर (गर्म और ठंडे) हैं। एसएस 321 के समतुल्य एसजी नलियां दो लेआउट में गर्म से ठंडे की ओर चल रही हैं एवं एक यू ट्यूब में 5 बेंड हैं और इसलिए बेंड को निष्पादित करने के लिए विशेष परीक्षणों का इस्तेमाल किया जाता है।



कोर बैरल और पीटीयू के निरीक्षण के लिए सामान्य योजना

यह प्रणाली एक समय में दो पुशर के साथ दो सूक्ष्म तंत्र चलाने में सक्षम है। ट्यूब शीट क्षेत्र में ट्यूब के रॉल्ड क्षेत्र सहित लिगामेंट हिस्से का निरीक्षण करने के लिए विशेष एमआरपीसी ड्राइव मड्यूल का प्रयोग किया जाता है। कलेक्टर (वृत्ताकार ट्यूब शीट) भाग के शीर्ष पर एक वेल्ड जोड़ है, जिसका निरीक्षण यूटी मड्यूल और मल्टी चैनल यू सिस्टम MS5800 का प्रयोग करते हुए मैनीपुलेटर द्वारा किया जाता है।

3.2.4 पाइपिंग अटो यूटी निरीक्षण प्रणाली:

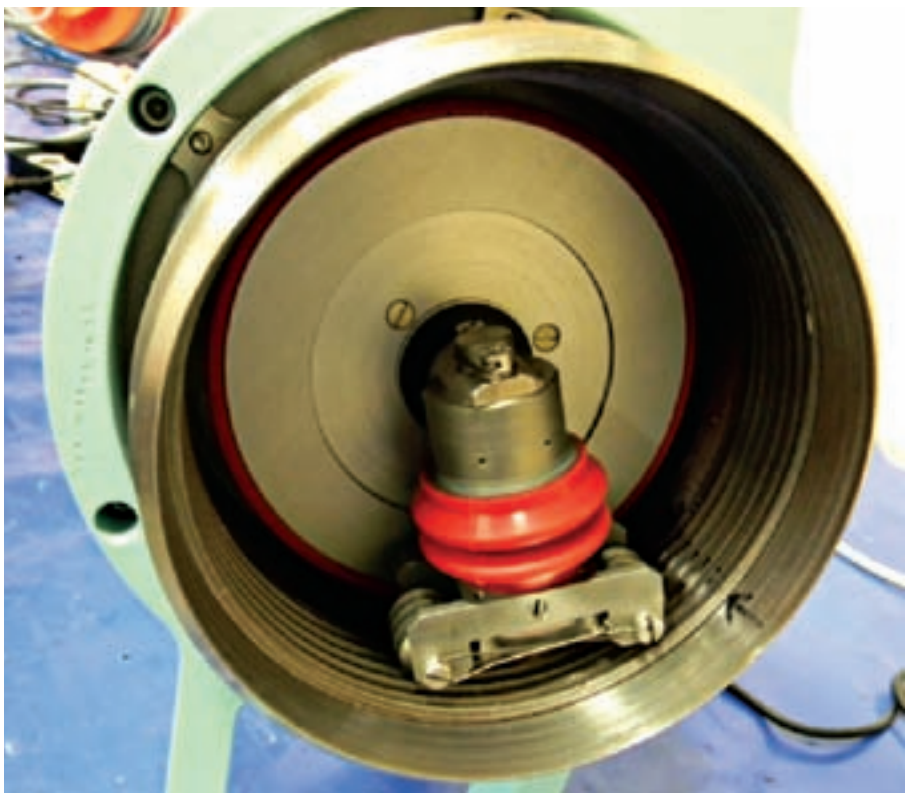
यह निरीक्षण प्रणाली रिएक्टर दाब परिसीमा पाइपलाइन परिधीय वेल्डेड जोड़ों और आसन्न मूल धातु (एचएजैड) तथा एल्बॉउ के दूरस्थ स्वचालित अल्ट्रासोनिक निरीक्षण के लिए है।

यह प्रणाली बहुत जटिल है, जिसमें पीसी आधारित नियंत्रण प्रणाली तथा डाटा अधिग्रहण प्रणाली, रोबोटिक क्रलर प्रणाली एवं मल्टीचैनल अल्ट्रासोनिक दोष डिटेक्टर यूनिट भी शामिल हैं। पाइपिंग निरीक्षण के लिए कूपलेंट के रूप में पानी का प्रयोग किया जाता है। इसकी व्यवस्था रिएक्टर सेंट्रल हल में स्थित क्षेत्र में एक समर्पित पानी की टंकी के माध्यम से की जाती है। इस टंकी से पानी एक लंबी लचीली होज के माध्यम से क्षेत्र में लगे निरीक्षण क्रॉलर में भरा जाता है।

निरीक्षण प्रणाली मैनीपुलेटीर

यह प्रणाली मॉड्यूलर रूप में है ताकि इसे आसानी से विघटित किया जा सके, क्षेत्र में संकुलता का ध्यान रखते हुए विभिन्न पाइपिंग घटकों का परीक्षण करने के लिए रिएक्टर भवन के अंदर विभिन्न ऊँचाइयों पर एक स्थान से दूसरे स्थान पर पहुँचाया जा सके और हैंडलिंग में आसानी हो।

पाइपिंग निरीक्षण के लिए, क्षेत्र में विभिन्न पाइपिंग वेल्ड जोड़ों के आकार और विन्यास से अधिकतम मेल खाने हेतु लगभग 7 सूक्ष्म तंत्र के विभिन्न प्रोब विन्यासों की अभिकल्पना की गई है और अनुकूल बनाया गया। निरीक्षण कार्यक्षेत्र के अनुसार विभिन्न क्षेत्र विन्यासों से मेल खाने के लिए, प्रत्येक केस में असेम्बल करने हेतु सूक्ष्म तंत्र को फ्रेम व्यवस्था पर स्थापित किए गए है।



स्टैंडर्ड अंशांकन ब्लॉक और ईसीटी परीक्षण

इकाई-1 पीएसआई के दौरान ईसीटी डाटा अधिग्रहण

इकाई-1 पीएसआई के दौरान आरपीवी स्टड होल निरीक्षण

3.2.5 बाहर की सतहों से रिएक्टर आंतरिक अवयवों के लिए टीवीटी प्रणाली

रिएक्टर के आंतरिक अवयवों की पानी के नीचे निरीक्षण प्रणाली टीवी पर श्य निरीक्षण पद्धति पर आधारित है। इस प्रणाली में चल तंत्र, एक विकिरण प्रतिरोधी कैमरा, विद्युत और नियंत्रण प्रणाली, डाटा अधिग्रहण स्टेशन सहित एक मैनीपुलेटर है। प्रकार्यात्मक परीक्षण और संवेदनशीलता अंशांकन निरीक्षण प्रारंभ करने से पहले किए जाते हैं। आरपीवी को डिस-असेम्बल करने के दौरान रिएक्टर आंतरिक अवयवों (कोर बैरल के साथ-साथ कोर बैरल और पीटीयू) को रिएक्टर आंतरिक निरीक्षण कूप में रखा जाता है। निरीक्षण किए गए उपकरण की पूरी लंबाई के ऊपर मैनीपुलेटर को आने जाने के लिए निरीक्षण कूप में निर्देशक को संस्थापित किया है। मैनीपुलेटर में ड्राइवों के तीन प्रकार हैं जिनके नाम हाईस्ट, कैरिज एवं कंसोल। होइस्ट ड्राइव घिरनी के साथ एक सरल रस्सी ड्रम पर काम करता है जिसका उद्देय कैमरे को उर्ध्वाधर संयोजन (जेड अक्ष) की स्थिति में रखना है। कैरिज एक रेखीय गति ड्राइव है और विकिरण प्रतिरोधी कैमरा कैरिज पर लगा है। कैरिज कंसोल पर स्थापित है। यह -900 (उध्वाधर) से 00 (क्षैतिज) तक घूम सकता है। विभिन्न ड्राइवों में एनकोडर सहित व्यवस्थित ड्राइव तंत्र और सीमा स्विच सुविधा उपलब्ध कराई गई है।

इसमें केवल निरीक्षण कूप के साथ ही उर्ध्वाधर रेखीय गति है और परिधि के साथ निरीक्षण पोलर क्रेन फोर्क स्विंग तंत्र की सहायता से रिएक्टर के आंतरिक अवयवों को घुमाकर प्राप्त किया गया । निरीक्षण प्रणाली मानकों जैसे-रोशनी, देखने की गहराई व दृष्टि क्षेत्र और विश्लेषण सॉफ्टवेयर सेट-अप की प्रारंभिक सेटिंग करने के लिए वीटी अंशांकन तुलनित्र का प्रयोग किया जाता है।

3.2.6 आरपीवी मुख्य फ्लेंज स्टड होल (थ्रेड) ईटी निरीक्षण प्रणाली

आरपीवी मुख्य फ्लेंज स्टड होल थ्रेडों के एकल आवृत्ति ईडी करंट परीक्षण के लिए यह प्रयोज्य अनुकूल स्वचालित निरीक्षण प्रणाली है। लगभग 200 मिमी गहराई व M170x6 आकार के 54 स्टड छेद हैं। इसका उद्देय थ्रेड की पूरी लंबाई में अ-निरंतरता का पता लगाना है। इसमें विश्लेषण के प्रयोजन के लिए इनलाइन संदर्भ अंशांकन मानक उपलब्ध कराये गए हैं। इस प्रणाली

में एक पोर्टेबल प्रकार का मैनीपुलेटर और रिएक्टर सेंट्रल हल से डाटा अधिग्रहण को सुविधाजनक बनाने के लिए लंबे विस्तार केबल के साथ पीसी आधारित डाटा अधिग्रहण स्टेशन हैं। संकेतों के मूल्यांकन हेतु दोष (फ्ला) संकेतों की अंशांकन मानकों के निर्देश संकेतों के साथ तुलना की जाती है।

अनुमोदित कार्यक्रम के अनुसार यूनिट-1 का सेवा-पूर्व निरीक्षण किया गया और सभी उपकरणों, पाइप लाइनों और सहायक अवयवों के लिए आधारभूत आंकड़े तैयार किए गए। संयंत्र स्थल पर समीक्षा करने के बाद पीएसआई आंकड़ों को स्वतंत्र समीक्षा के लिए एनपीसीआईएल मुख्यालय को प्रस्तुत किया गया और तत्पश्चात एईआरबी पीएसआई / आईएसआई कार्य दल को प्रस्तुत किया गया।

परीक्षण के परिणामों को कार्य दल द्वारा अनुमोदित रिपोर्ट प्रारूप में हार्ड कॉपी में दर्ज किया गया। क्षेत्र निरीक्षण का सॉफ्ट डाटा भी हार्ड डिस्क/डीवीडी में संग्रहीत किया गया। रिकॉर्डो/रिपोर्टो का संरक्षण स्थापित प्रक्रिया के अनुसार किया जाता है। डाटाबेस की मूल प्रति केकेएनपीपी दस्तावेज केंद्र में संग्रहित है और डाटाबेस की दूसरी प्रति तत्काल संदर्भ के लिए इकाई के क्यूए अनुभाग में संग्रहित है। डाटाबेस की एक सफ्ट कपी मुख्यालय में भी उपलब्ध है। पीएसआई कार्यक्रम का अडिट साइट स्तर पर आंतरिक अडिट टीम द्वारा किया गया और बाह्य अडिट मुख्यालय-क्यूएडी टीम द्वारा किया गया। आरपीवी के निरीक्षण के दौरान एईआरबी कार्य दल के सदस्य संयंत्र स्थल पर मौजूद थे।

निष्कर्ष:

पीएसआई कार्यक्रम को अंतिम रूप देने का कार्य कई समीक्षा बैठकों के बाद एनपीसीआईएल और एईआरबी टास्क फोर्स के प्रयासों से सफलतापूर्वक पूरा किया गया। केकेएनपीपी की कोडल आवश्यकता मौजूदा पीएचडब्ल्यूआर पद्धतियों की तुलना में बिल्कुल अलग थी। उपयुक्त आरएफ कोड और वीवीईआर प्रकार के रिएक्टर की पीएसआई/आईएसआई की गतिविधियों से परिचित होना और पीएसआई/आईएसआई कार्यक्रम को अंतिम रूप देना एक चुनौतीपूर्ण कार्य था। पीएसआई मुख्य रूप से दो चरणों में अर्थात पश्चात हाइड्रो परीक्षण एवं पश्चात रेडियोसक्रिय परीक्षण किया गया था। मैनुअल निरीक्षण की मात्रा विशाल थी जैसे-पीटी 2000m, यूटी 1800m, आरटी 150m और 1900 स्टड (वीटी, पीटी, एमटी और यूटी) आदि। मैनुअल निरीक्षण के अलावा, रोबोटिक प्रणाली द्वारा आरपीवी, आरपीवी आंतरिक अवयव, एसजी एवं न्यूक्लियर पाइपिंग का स्वचालित निरीक्षण निर्धारित परियोजना समय सारणी में समान रूप से चुनौतीपूर्ण कार्य था। रिपोर्ट तैयार करने, समीक्षा करने और एईआरबी को प्रस्तुत करने का कार्य क्रमश: किया गया जिससे तेजी से समीक्षा करने और चरण वार शीघ्र मंजूरियां प्राप्त करने में सक्षम हो सके। सभी पीएसआई अभिलेख भविष्य में तत्काल संदर्भ के लिए हार्ड फार्म एवं सॉफ्ट फार्म में पुस्तकालय में और सफ्ट कपी मुख्यालय में रखी गई हैं। तत्काल

इकाई-1 के पीएसआई अभिलेखों की हार्ड प्रतियां

संदर्भ के लिए पीएसआई अभिलेखों की प्रतियां क्यूए अनुभाग में भी रखी गई हैं।

लेखक केकेएनपीपी इकाई-1 में पीएसआई कार्यों को अंतिम रूप दिए जाने एवं कार्यों के निष्पादन के लिए एनपीसीआईएल और एईआरबी कार्य दल के योगदान के लिए धन्यवाद के साथ आभार व्यक्त करते हैं। इकाई-1 में पीएसआई के इस विशाल कार्य को समय पर निष्पादित करने के लिए, ओ एंड एम, मुख्यालय और अन्य एनपीसीआईएल की अन्य इकाइयों का सहयोग उल्लेखनीय है। इसने एक बार फिर से इस कहावत, "एक साथ आना शुरूआत है, एक साथ रहना प्रगति है एवं मिलकर कार्य करना सफलता है", को सिद्ध कर दिया है।

***पोनराज एन.**, वैज्ञानिक सहायक-ई, ने मैकेनिकल इंजीनियरिंग में डिप्लोमा किया है। उन्होंने वर्ष 2004 में एनपीसीआईएल में केकेएनपीपी वैज्ञानिक सहायक, बेच-2 प्रशिक्षु के रूप में ज्वाइन किया था। अपना इंडक्शन प्रशिक्षण सफलतापूर्वक पूरा करने के बाद वह केकेएनपीपी क्यूए समूह में शामिल हुए। उनके पास वीटी, पीटी, एमटी, यूटी और ईसीटी के लिए एनडीटी लेवल-II का प्रमाणन है। केकेएनपीपी में वे मुख्य कूलेंट पाइपिंग (एमसीपी) वेल्डिंग और उपकरण इरेकन सहित नाभिकीय भाप आपूर्ति प्रणाली (एनएसएसएस), पाइपिंग के फैब्रीकेशन एवं इरेकन से जुड़ी क्यूए गतिविधियों के साथ ही पीएसआई गतिविधियों में शामिल रहे हैं। उन्हें एमसीपी वेल्डिंग कार्यों के लिए एनपीसीआईएल ग्रुप अचीवमेंट अवार्ड भी प्राप्त हुआ है।*

***जोगेश पी. पाडिया**, वैज्ञानिक अधिकारी-ई, (क्यूए), बी.ई. (मैकेनिकल) स्नातक हैं। उन्होंने वर्ष 2005 में एनपीसीआईएल में 14 वे बैच के प्रशिक्षु अभियंता के रूप में ज्वाइन किया था। अपना इंडक्शन प्रशिक्षण सफलतापूर्वक पूरा करने के बाद वह केकेएनपीपी क्यूए समूह में शामिल हुए। उनके पास आरटी में आईएसएनटी लेबल-III प्रमाणन और वीटी, पीटी, एमटी, यूटी और ईसीटी में एनडीटी लेवल-II का प्रमाणन है। केकेएनपीपी में वे मुख्य कूलेंट पाइपिंग (एमसीपी) वेल्डिंग और उपकरण इरेकन सहित नाभिकीय भाप आपूर्ति प्रणाली (एनएसएसएस), पाइपिंग के फैब्रीकेशन एवं इरेक्शन से जुड़ी क्यूए गतिविधियों के साथ ही पीएसआई गतिविधियों में शामिल रहे हैं। उन्हें एमसीपी वेल्डिंग कार्यों के लिए एनपीसीआईएल ग्रुप अचीवमेंट अवार्ड भी प्राप्त हुआ है।*

***के. ए. रमन**, पीई (क्यूए) बीटेक (मैकेनिकल) स्नातक हैं। उन्होंने एनपीसीआईएल में एनपीसीआईएल बैच-2 के प्रशिक्षु अभियंता के रूप में एमएपीएस में ज्वाइन किया था। अपना इंडक्शन प्रशिक्षण के बाद वे केजीएस-1 व 2 निर्माण क्यूए समूह में शामिल हुए। तब से वह प्राथमिक और द्वितीयक साइड के पाइपिंग के निर्माण क्यूए संबंधी कार्यों और उपकरण इरेकन तथा तत्पश्चात वह केकेएनपीपी के ओ. एण्ड एम. डब्ल्यूए समूह में शामिल रहे हैं। उनका अन्य कार्य क्षेत्र केजीएस-1 एवं 2 में पीएसआई और आईएसआई की गतिविधियाँ तथा आईएसआई गतिविधियों के लिए एनडीटी सुविधाओं को स्थापित करना है। उनके पास आरटी एवं यूटी में आईएसएनटी लेबल-III का प्रमाणन और वीटी, पीटी, एमटी, और ईटी पद्धतियों में लेवल-II का प्रमाणन है।*

समाचार पत्रों में प्रतिबिम्ब

nkulam N-plant begins to generate powe

Hindu, Delhi
Wednesday 23rd October 2013, Page: 13

hern grid gets first flow from Kudankulam

We nuclear plant generated 160 MWe before being halted for routine check

Chronicle, Delhi
23rd October 2013, Page: 9

Kudankulam begins power production

Tribune, Delhi
Wednesday 23rd October 2013, Page:

Power generation begi at Kudankulam N-plan

CHENNAI, OCTOBER 22
India's atomic power plant operator Nuclear

Dainik Jagran, Delhi
Wednesday 23rd October 2013, Page: 12

कुडानकुलम संयंत्र में उत्पाद

Deccan Chronicle, Hyderabad
Wednesday 23rd October 2013, Page: 8

Power generation increased to 160 MW fr

NUCLEAR POWER

KNPP goes live on South

ARUL OLI | DC
TIRUNELVELI, OCT. 22

Statesman, Delhi
Wednesday 23rd October 2013, Page: 1

DNA, Mumba
23/10/2013

Kudankulam starts produ

New Delhi: Overcoming agitations, the first uni

Kudankulam begins output of nuke power

REUTERS/PRESS TRUST OF INDIA
New Delhi

INDIA started pumping electricity for the first time from its much-delayed Kudankulam nuclear power plant in the southern state of Tamil Nadu on Tuesday with an initial output of 160 mw, the government said in a statement.

Green signal

Hindustan, Delhi
Wednesday 23rd October 2013, Page: 9

कुडनकुलम परमाणु संयंत्र मिली दक्षिण ग्रिड को बिज

Rashtriya Sahara, Delhi
Wednesday 23rd October 2013, Page: 10

एटमी बिजली का ताजा झोंका

कुडनकुलम

अमृतेश श्रीवास्तव

Kudankulam Unit I synchronised

STATESMAN NEWS SERVICE
Chennai, 22 October

The first unit of the Kudankulam Nuclear Power Plant (KNPP) in Tamil Nadu was today synchronised with the southern power grid.

"The synchronisation of Unit 1 of the Kudankulam Nuclear Power Plant was done at 2.45 a.m. It is generating 75 MWe", KNPP site director Mr R S Sundar said. The power generation will be raised to 500 MWe, 750 MWe and 1000 MWe in stages. At every stage, various tests are conducted and the technical parameters verified. Based on the results of the tests at each of the stages and with AERB clearances, subsequent stages are reached.

MWe. But Power System Operation Corporation Limited (POSOCO)'s website mentions that the secondary system failed."

Even if synchronization is successful they cannot start commercial operation immediately.

Asian Age, Mumbai 23/10/2013 P-5

Kudankulam-1 begins to generate

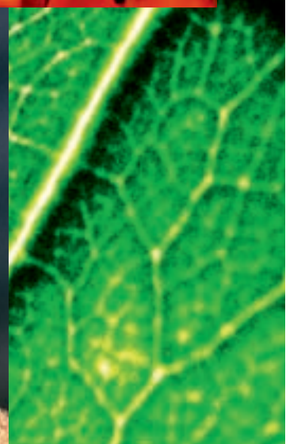
M. ARULOLI
TIRUNELVELI (TN), OCT. 22

The first unit of the Kudankulam nuclear power project

The readings will be submitted to the Atomic Energy Regulatory Board, after whose clearance

come legal hitches that have held up a deal on

भावी पीढ़ियों के लिए प्रकृति संरक्षण



भावी पीढ़ियों के लिए प्रकृति संरक्षण

प्रचालनाधीन संयंत्र

इकाई अवस्थित	रिएक्टर का प्रकार	वर्तमान क्षमता (मेगावाट)	वाणिज्यिक प्रचालन प्रारंभ करने की तारीख
टीएपीएस-1, तारापुर, महाराष्ट्र	बीडब्ल्यूआर	160	28 अक्टूबर 1969
टीएपीएस-2 तारापुर, महाराष्ट्र	बीडब्ल्यूआर	160	28 अक्टूबर 1969
टीएपीएस-3 तारापुर, महाराष्ट्र	पीएचडब्ल्यूआर	540	18 अगस्त 2006
टीएपीएस-4 तारापुर, महाराष्ट्र	पीएचडब्ल्यूआर	540	12 सितम्बर 2005
आरएपीएस-1* रावतभाटा, राजस्थान	पीएचडब्ल्यूआर	100	16 दिसंबर 1973
आरएपीएस-2, रावतभाटा, राजस्थान	पीएचडब्ल्यूआर	200	1 अप्रैल 1981
आरएपीएस-3, रावतभाटा, राजस्थान	पीएचडब्ल्यूआर	220	1 जून 2000
आरएपीएस-4, रावतभाटा, राजस्थान	पीएचडब्ल्यूआर	220	23 दिसंबर 2000
आरएपीएस-5, रावतभाटा, राजस्थान	पीएचडब्ल्यूआर	220	4 फरवरी 2010
आरएपीएस-6, रावतभाटा, राजस्थान	पीएचडब्ल्यूआर	220	31 मार्च 2010
एमएपीएस-1, कलपक्कम, तमिलनाडु	पीएचडब्ल्यूआर	220	27 जनवरी 1984
एमएपीएस-2, कलपक्कम, तमिलनाडु	पीएचडब्ल्यूआर	220	21 मार्च 1986
एनएपीएस-1, नरोरा, उत्तर प्रदेश	पीएचडब्ल्यूआर	220	1 जनवरी 1991
एनएपीएस-2, नरोरा, उत्तर प्रदेश	पीएचडब्ल्यूआर	220	1 जुलाई 1992
केएपीएस-1, काकरापार, गुजरात	पीएचडब्ल्यूआर	220	6 मई 1993
केएपीएस-2, काकरापार, गुजरात	पीएचडब्ल्यूआर	220	1 सितम्बर 1995
कैगा-1, कैगा, कर्नाटक	पीएचडब्ल्यूआर	220	16 नवंबर 2000
कैगा-2, कैगा, कर्नाटक	पीएचडब्ल्यूआर	220	16 मार्च 2000
कैगा-3, कैगा, कर्नाटक	पीएचडब्ल्यूआर	220	6 मई 2007
कैगा-4, कैगा, कर्नाटक	पीएचडब्ल्यूआर	220	20 जनवरी 2011
केकेएनपीपी-1, कुडनकुलम, तमिलनाडु	वीवीईआर	1000	31 दिसंबर 2014
कुल योग		**5780**	

*परमाणु ऊर्जा विभाग के स्वामित्व में

कमीशनाधीन संयंत्र

संयंत्र	क्षमता (मेगावाट)
केकेएनपीपी-2, कुडनकुलम, तमिलनाडु	1x1000 एलडब्ल्यूआर
कुल	**1000**

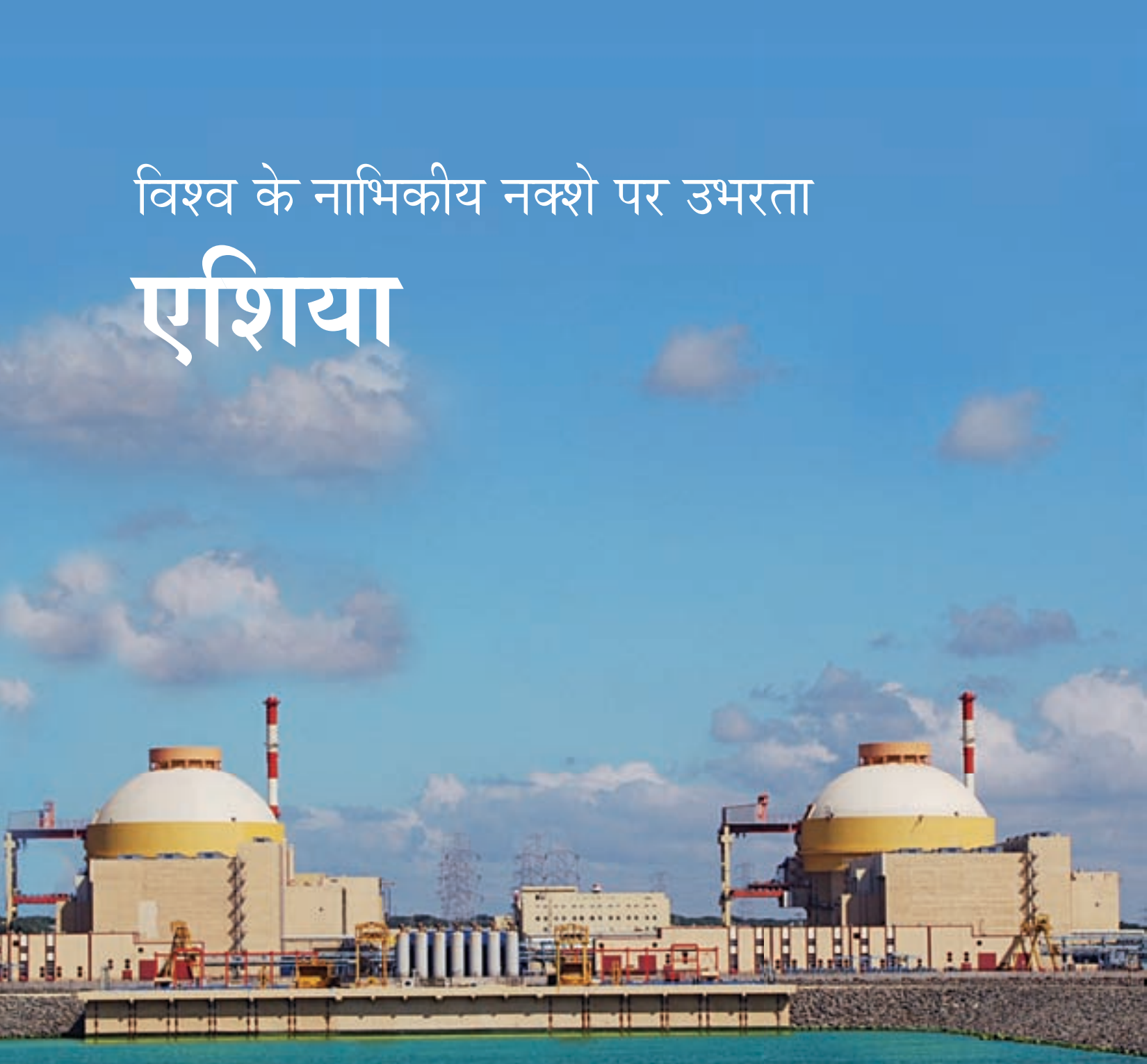
निर्माणाधीन परियोजनाएं

परियोजना	क्षमता (मेगावाट)
केएपीपी-3 एवं 4, काकरापार, गुजरात	2x700 पीएचडब्ल्यूआर
आरएपीपी-7 एवं 8 रावतभाटा, राजस्थान	2x700 पीएचडब्ल्यूआर
कुल	**2800**
पीएफबीआर** कल्पक्कम	1x500 एफबीआर

** भाविनी द्वारा कार्यान्वित किया जा रहा है।

विश्व के नाभिकीय नक्शे पर उभरता

एशिया



आज जबकि एशिया में प्रचालनरत नाभिकीय ऊर्जा संयंत्रो की संख्या केवल एक-तिहाई बैठती है, वहीं भविष्य में यह तस्वीर बिल्कुल अलग होगी, एशियाई क्षेत्र न्यूक्लियर विद्युत के विकास में एक अग्रणी बनने की ओर अग्रसर है। वर्तमान में दुनिया में निर्माणाधीन 67 इकाइयों में से लगभग तीन-चौथाई (47 इकाइयां) एशिया में हैं। इसी तरह, दुनिया भर में 168 इकाइयों की स्थापना की योजना है जिनमें से 117 इकाइयां एशिया में स्थापित की जाएंगी।