पवन

C-WET
An ISO : 9001 - 2000 Organisation

पवन ऊर्जा प्रौद्योगिकी केन्द्र, चेन्नई द्वारा प्रकाशित समाचार पत्रिका

www.cwet.tn.nic.in

13वां अंक
अप्रैल–जून 2007

संपादकीय

हम उस युग में प्रवेश कर रहे हैं, जिसमें हम वर्ष 2008 तक पूर्ण रूप से संगठित एवं आशावादी होना चाहते हैं। हम, कुछ संख्या में ही नहीं, अपितु कई सौ मेगावाट क्षमतावाली मशीनों की स्थापना हेतु उचित भूमि ढूंढ़ने में अथक प्रयास कर रहे हैं। हमारे नए ग्राहक, विद्युत शक्ति के स्वतंत्र उत्पादक हैं और उपलब्ध जानकारी की सहायता से परिदृश्य तैयार करने में उत्कृष्ट व्यावसायिक प्रशासनिक क्षमता रखते हैं। इस स्थिति में, हमें उस नारी की याद आती है जिनके प्रयास से आज हज़ारों मेगावाट पवन शक्ति का उत्पादन होता है और उन्होंने सपने में भी नहीं सोचा होगा कि उनके प्रयास कुछ ऐसा रूप धारण करेंगे।

वर्ष 1979 में, जब मैं एनएएल में भर्ती हुआ और डॉ के एस तिवारी के अधीन में वैज्ञानिक का कार्य कर रहा था, उस समय कई बार सुश्री मणि का जिक्र किया जाता, मौसम विज्ञान एवं मौसम पूर्वानुमान के क्षेत्र में सबसे आगे और उत्कृष्ट मानी जाती थीं। उन दिनों की बात थी, पैलेस रोड कार्यालय में एक सहायक मौसम विज्ञानी, यात्रियों के लिए मौसम का पूर्वानुमान देता था। एक दिन ऐसा हुआ कि वह अपनी कुर्सी में आराम से बैठा हुआ था कि अचानक टेलीफोन की घंटी बजी। कुर्सी में आराम से बैठे हुए सहायक ने टेलीफोन उठाया और सुस्ती से हैलो कहा। दूसरी तरफ से आवाज़ सुनते ही उसने सहम कर जवाब दिया, 'हां मैडम, जी मैडम,' कहने लगा। माथा पोंछते हुए उसने कहा कि फोन में मणिजी बोल रही थीं। लोगों पर उनके व्यक्तित्त्व का प्रभाव कुछ ऐसा ही था। वर्ष 1970 - 1980 के उत्तरार्ध में, सुश्री मणि द्वारा लिखित पवन एवं सौर डेटा की पुस्तकें, नए आरइ प्रौद्योगिकी विशेषज्ञों में बहुत ही लोकप्रिय था। इस समय, डॉ तिवारी ने राष्ट्रीय स्तर पर पवन संसाधन मूल्यांकन पर ज़ोर देने लगे तथा मंत्रालय एवं सुश्री मणि ने भी उनके इस मत को प्रोत्साहन दिया। हालांकि, उस समय तक वे भारतीय मौसम विज्ञान विभाग की सक्रिय सेवा से सेवानिवृत्त हो चुकी थीं और वे रामन अनुसंधान संस्थान से संबद्ध थीं। किसी सुदूर प्रदेश में पवन संसाधन मूल्यांकन स्टेशन जैसे बृहत कार्यक्रम चलाने की हिम्मत थी। सामान्यतया, सरकारी संगठनों में लेखापरीक्षा के अनुच्छेद के डर से कई हल्के दिलवाले वैज्ञानिक एवं इंजीनियर ऐसे क्रियाकलापों से झिझकते हैं। परन्तु, सुश्री मणि में डर या भय नाम की कोई चीज़ नहीं थीं। लोहे के आत्मविश्वास के साथ कार्यान्वित करती गईं। डॉ तिवारी और मैंने इस कार्यक्रम के विभिन्न पहलुओं के लिए परामर्शदाता का काम किया था। परामर्श कार्यक्रम के माध्यम से दल के कई सदस्यों से संपर्क हुआ और हमें कई पुनरीक्षण समिति की बैठकों में आमंत्रित किया गया। राज्य नोडल एजेन्सी के अधिकारियों के साथ उन प्रारंभिक पुनरीक्षण समिति की बैठकों में वे सभी अनिवार्य कार्यों को करने का आदेश देतीं और उनकी इच्छानुसार काम भी उतना अच्छा होता था। उन दिनों में हम काफी छोटे थे और उनकी संस्तुतियों को आदेश के रूप में स्वीकार करते थे। आज भारत में हम पवन संसाधन संबंधी सही जानकारी उपलब्ध है, उसका पूरा पूरा श्रेय उन्हीं को जाता है।

आमतौर पर, वैयक्तिक रूप से अपने से छोटे लोगों के साथ विरोधात्मक व्यवहार और इंजीनियरों के विरुद्ध एक स्वस्थ अस्वीकृति हुआ करता था। तमिलनाडु के सुल्तानपेट नामक जगह में सर्वप्रथम पवन संसाधन मूल्यांकन स्टेशन का संस्थापन मुझे आज भी याद है। परियोजना क्षेत्र में लगभग 300 लोग इकट्ठे थे और सही समय पर सुश्री मणि ने अपना स्थान ले लिया। एक सीधी पीठ वाली कुर्सी पर बैठ गईं और उनके सहायक छतरी एवं थर्मस हाथ में लिए खड़े थे। तमिलनाडु ऊर्जा विकास एजेन्सी के श्री रामलिंगम, तमिलनाडु विद्युत शक्ति बोर्ड के साथ में मास्ट खड़ा करने में लगे हुए थे। जैसे अनुमान लगाया गया तमिलनाडु विद्युत शक्ति बोर्ड समय पर कार्यस्थल पर मशीन को उठाकर और खींचकर नहीं ला पाया। कार्यस्थल पर हमें दूसरा विकल्प ढूंढ़ना पड़ा। यह मेरे लिए और वहां उपस्थित इंजीनियरों के लिए एक चुनौती थी। थोड़ी देर बाद तमिलनाडु विद्युत शक्ति बोर्ड के जीप का उपयोग करते हुए एक पुली की सहायता से मास्ट को ऊपर फेंकने का निर्णय लिया गया। सभी रिगर कार्मिकों को कार्ययोजना के विवरण, पहले अंग्रेज़ी में बताया गया और स्पष्टता लाने के लिए उन्हें तमिल में समझाया गया। वे पल मेरी जिन्दगी के अत्यन्त दिल्चस्प क्षण थे। शायद उसके बाद इंजीनियरों के बारे में लोगों की राय बदल गई। आज यह कार्य बच्चों का खेल हो गया है और शायद उसकी याद करके हमें बहुत हंसी भी आएगी।

पवन क्षेत्र में उनके महत्त योगदान की स्मृति में, पवन ऊर्जा प्रौद्योगिकी केन्द्र के शासी परिषद ने केन्द्र के पुस्तकालय को उनका नाम दिया गया। यह कोई महत्त्वपूर्ण बात नहीं है, परन्तु यह निर्णय लिए हुए एक अरसा बीत गया। उनको शुक्रिया अदा करने के लिए पवन ऊर्जा प्रौद्योगिकी केन्द्र ने यह फैसला लिया है। इन सब कार्यों के बदले में, वे कुछ नहीं चाहती थीं और यही उनकी महानता है।

विषय–सूची

- सक्रिय सीवेट 2
- पांचवां राष्ट्रीय प्रशिक्षण कार्यक्रम 3
- लेख 4

संपादक समिति

मुख्य संपादक
एम पी रमेश
कार्यकारी निदेशक

सहायक संपादक
पी कनगवेल
वैज्ञानिक, आइटीसीएस

सदस्य
इ श्रीवल्सन
इकाई प्रमुख, डबल्यूआरए & आइटीसीएस

राजेश कत्याल
इकाई प्रमुख, अनुसंधान एवं विकास

एस ए मैथ्यू
इकाई प्रमुख प्रभार, परीक्षण

ए सेंथिल कुमार
इकाई प्रमुख प्रभार, मानक एवं प्रमाणन

डी लक्ष्मणन
मुख्य प्रबन्धक, वित्त एवं प्रशासन

अनुसंधान एवं विकास इकाई में कदम आगे बढ़े

पवन ऊर्जा प्रौद्योगिकी केन्द्र के परिसर में पवन-सौर-पंगम तेल की त्रि-उत्पादन व्यवस्था

पवन ऊर्जा प्रौद्योगिकी केन्द्र में नवीकरणीय ऊर्जा उपकरणों का अधिकाधिक प्रयोग करने के लिए अनुसंधान एवं विकास इकाई ने केन्द्र में उपयुक्त विद्युत शक्ति की लोड के एक भाग का वहन करने तथा व्यवस्था पर अनुसंधान कार्य करने के लिए 45 kW की पवन-सौर-पंगम तेल की त्रि-उत्पादन व्यवस्था संस्थापित किया है। इस तरफ के कोने में 15 kW की एकल क्रिस्टल फोटोवोल्टैयिक ऐरे, 10 kW की पवन टरबाइन तथा 20 kW के सीधे वनस्पति तेल इंजिन-उत्पादन व्यवस्था संस्थापित की गई है। इन उपकरणों की उत्पादन व्यवस्था से प्राप्त विद्युत शक्ति से केन्द्र के परिसर में अस्थगित विद्युत शक्ति की

शक्ति अनुकूलन इकाई

5 kW बैटरी चार्जर

आपूर्ति होती है। यह व्यवस्था, लगभग 60 kWh प्रति दिन की शक्ति पैदा करती है तथा प्रौद्योगिकी निरूपक के रूप में इसका उपयोग किया जाता है। व्यवस्था समेकीकरण के कार्य जारी हैं।

सौर फोटोवोल्टैयिक पैनल

चित्र : पवन-सौर-पंगम तेल की त्रि-उत्पादन व्यवस्था

निम्न वेग एवं मध्यम वेग पवन क्षेत्रों में डिज़ाइन पद्धति एवं डिज़ाइन उपकरणों का विकास एवं वैधीकरण

राष्ट्रीय वांतरिक्ष प्रयोगशाला, बैंगलोर के सहयोग में अनुसंधान एवं विकास इकाई ने निम्न वेग एवं मध्यम वेग पवन क्षेत्रों में डिज़ाइन पद्धति एवं डिज़ाइन उपकरणों का विकास एवं वैधीकरण परियोजना शुरु किया है।

300 kW, 2 ब्लेड युक्त, डाउन लोड विण्ड, स्टॉल-नियमित, अक्ष रेखीय पवन टरबाइन से उपलब्ध अनुप्रयोग डेटा का प्रयोग करते हुए विश्लेषणात्मक डिज़ाइन पद्धतियों का विकास किया है और उनका वैधीकरण भी किया है। वैधीकरण प्रक्रिया के आधार पर इसी तरह की 500 kW के टरबाइन का विकास किया है। विकसित पद्धतियों को वैध बनाने के लिए 500 kW निरूपक पवन टरबाइन से अनुप्रयोग डेटा प्राप्त की जाएगी।

साथ ही, गरनी फ्लैप जैसे वृद्धि उपकरणों पर वांतरिक्ष अध्ययन किए जाएंगे तथा सीधे क्षेत्र अध्ययन कार्यों में उनका प्रयोग किया जाएगा।

डबल्यूआरए इकाई में प्रगति

वर्तमान में, नवीन एवं नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालय द्वारा प्रायोजित विभिन्न पवन संसाधन मूल्यांकन स्टेशन चालू हैं। परामर्श परियोजनाओं के अंतर्गत मेसर्स एम एस पी एल लिमिटेड हेतु कर्नाटक में पांच पवन संसाधन मूल्यांकन स्टेशन संस्थापित किए गए और वे अभी चालू हैं।

मेसर्स एनरकॉन इंडिया लिमिटेड, मुम्बई के लिए पवन संसाधन मूल्यांकन हेतु तीन जांच पड़ताल प्रक्रिया परियोजनाएं तथा मेसर्स वेस्टास विण्ड टेक्नॉलोजी प्राइवेट लिमिटेड, चेन्नई के साथ परामर्श परियोजनाएं चालू हैं।

इस त्रैमासिक पक्ष में, इकाई ने मेसर्स एनरकॉन इंडिया लिमिटेड हेतु कर्नाटक में गदग जिले में प्रस्तावित पवन खेत हेतु कार्य पूर्ण किए।

मेसर्स सदर्न विण्ड फार्म लिमिटेड, चेन्नई हेतु महाराष्ट्र में पवन खेती उपयोगी क्षेत्र में व्यावहारिक अध्ययन कार्य चालू हैं।

इकाई में कार्यरत दो वैज्ञानिक एवं एक मौसम विज्ञानी ने देश में राष्ट्रीय सांख्यकी पवन मार्नाचत्र तैयार करने के लिए कार्लस्रुह ऐट्मॉस्फियरिक मीज़ोस्केल मॉडल (के ए एम एम/वास्प) पाठ्यक्रम में प्रशिक्षण प्राप्त किया है। के ए एम एम/वास्प सांख्यकी पवन मार्नाचत्र पद्धति में विस्तृत जानकारी प्रदान करना ही इस पाठ्यक्रम का महत्त उद्देश्य है।

परीक्षण इकाई में प्रगति

मार्च 2007 से गुजरात में सुज़लॉन 1500 kW पवन टरबाइन के मापन कार्य अभी चालू हैं।

जोधपुर, गुजरात में स्थित एनरकॉन 800 kW E53 पवन टरबाइन के अनंतिम प्रकार परीक्षण चालू हैं।

अप्रैल 2007 से नावद्रा, गुजरात में आइडबल्यूपीएल 250 kW पवन टरबाइन के उपकरणीकरण कार्य पूर्ण हैं। जुलाई 2007 से मापन कार्य किए जाएंगे।

पवन ऊर्जा प्रौद्योगिकी केन्द्र एवं सुज़लॉन के बीच समझौता करार पर हस्ताक्षर हुआ है ताकि गुजरात में उनके नवीन उत्पाद 350 kW पवन टरबाइन पर परीक्षण कार्य हो सके तथा अगस्त 2007 के प्रथम सप्ताह में मापन कार्य शुरु किए जाने की आशा है।

मानक एवं प्रमाणन इकाई में विकास

मेसर्स वेस्टास आरआरबी इंडिया लिमिटेड के 47 मीटर रोटर युक्त V 39-500 kW पवन टरबाइन मॉडल के अनंतिम प्रकार प्रमाण–पत्र को नवीनीकृत किया गया है।

टैप्स–2000 (संशोधित) वर्ग–II के अनुसार पवन शक्ति–600 kW पवन टरबाइन मॉडल के अनंतिम प्रकार प्रमाणन हेतु दस्तावेज़ों का पुनरीक्षण किया गया है। कुछ ही समय में अनंतिम प्रकार प्रमाण–पत्र जारी किया जाएगा।

टैप्स–2000 (संशोधित) वर्ग–I के आधार पर अनंतिम प्रकार प्रमाणन के अंतर्गत कार्य स्थल में संस्थापित एल्कॉन टी600-48 पवन टरबाइन मॉडल की तकनीकी विशिष्टताओं की जांच तथा सुरक्षा एवं प्रचालन की जांच की जा चुकी है।

मानक एवं प्रमाणन इकाई में आंतरिक लेखापरीक्षा कार्य पूर्ण हैं। इकाई में गुणवत्ता प्रबन्धन व्यवस्था की स्थिति प्रस्तुत की गई तथा प्रबन्धन पुनरीक्षण समिति की बैठक में उनपर चर्चा की गई।

दिनांक 02.4.2007 को पवन विद्युत जनरेटर/पवन टरबाइन उपकरण (आरएलएमएम) के उत्पादक एवं प्रतिरूपों की पुनरीक्षित सूची जारी की गई।

टैप्स–2000 (संशोधित) के अनुसार स्वीकृत प्रमाणन परियोजनाओं पर कार्य जारी हैं।

इकाई में गुणवत्ता प्रबन्धन व्यवस्था में सुधार एवं रखरखाव कार्य अभी जारी हैं।

आइटीसीएस इकाई के महत्त्वपूर्ण क्रियाकलाप

आगामी अंतरराष्ट्रीय प्रशिक्षण कार्यक्रम :

"पवन टरबाइन प्रौद्योगिकी एवं अनुप्रयोग" पर दिनांक 8 अगस्त 2007 से 17 अगस्त 2007 की अवधि में आयोजित तृतीय अंतरराष्ट्रीय प्रशिक्षण कार्यक्रम हेतु तैयारियां जारी हैं।

प्रोफेसर अन्ना मणि जानकारी केन्द्र :

पवन ऊर्जा प्रौद्योगिकी केन्द्र के पुस्तकालय को दिनांक 21 मई 2007 को "प्रोफेसर अन्ना मणि जानकारी केन्द्र" का नाम दिया गया है। उद्घाटन समारोह में राज्य नोडल एजेन्सी के अधिकारी तथा पवन ऊर्जा क्षेत्र के संघ एवं उद्योग के प्रतिनिधि भी सम्मिलित हुए।

प्रोफेसर अन्ना मणि जानकारी केन्द्र का उद्घाटन समारोह

इ–सुरक्षा : पवन ऊर्जा प्रौद्योगिकी केन्द में इ–सुरक्षा बढ़ाने के लिए इ–सुरक्षा पहलुओं से युक्त फायरवाल डाला गया है।

पवन ऊर्जा प्रौद्योगिकी केन्द्र में दिनांक 6 दिसंबर 2007 से 7 दिसंबर 2007 के दौरान "पवन खेत विकास एवं संबंधित मामलों" पर पांचवां राष्ट्रीय प्रशिक्षण कार्यक्रम :

पवन ऊर्जा प्रौद्योगिकी केन्द्र, पवन ऊर्जा के क्षेत्र में कार्यरत तकनीकी लोगों एवं इंजीनियरों के लिए दिनांक 6 दिसंबर 2007 से 7 दिसंबर 2007 के दौरान "पवन खेत विकास एवं संबंधित मामलों" पर पांचवां राष्ट्रीय प्रशिक्षण कार्यक्रम आयोजित कर रहा है।

पाठ्यक्रम शुल्क

प्रशिक्षण में भाग लेनेवाले हर प्रतिभागी को रु.2000/- तथा विद्यार्थियों को रु.1000/- का पाठ्यक्रम शुल्क भरना है (अपनी प्रतिभागिता का समर्थन करते हुए अपने विभागाध्यक्ष से पत्र संलग्न करना है)। डीडी, चेन्नई में देय पवन ऊर्जा प्रौद्योगिकी केन्द्र के नाम पर आहरित होनी चाहिए। पाठ्यक्रम शुल्क में, पाठ्यक्रम सामग्री, दोपहर भोजन एवं चाय पानी की लागत शामिल है। पंजीकरण प्रपत्र इसके संलग्न की जा रही है। पंजीकरण हेतु उसकी प्रतिलिपियों का प्रयोग किया जा सकता है। प्रशिक्षण में भाग लेने के लिए आपका आवेदन पत्र दिनांक 20 नवंबर 2007 तक पहुंच जाना चाहिए। समय सारिणी के संपूर्ण विवरण, संपुष्टि पत्र के साथ भेजी जाएगी।

पत्राचार हेतु कार्यालय का पता

पी कनगवेल
पाठ्यक्रम संयोजक
पवन ऊर्जा प्रौद्योगिकी केन्द्र
वेलचेरी–तांबरम मेन रोड, पल्लिकरणै
चेन्नई – 600 100.
दूरभाष : + 91–44–2246-3994 (सीधी लाइन)
2246 3982, 2246 3983, 2246 3984 Extn. : 222
फैक्स : + 91–44–2246 3980
इमेल : pkanagavel@cwet.tn.nic.in
वेब : http:// www.cwet.tn.nic.in

पंजीकरण प्रपत्र

पूरा नाम : .....
पदनाम : .....
संगठन
प्रायोजक संस्थान : .....
(ऊतिभागिता का समर्थन करते हुए अपने विभागाध्यक्ष से पत्र)
संपर्क के लिए पता : .....
दूरभाष : ..... फैक्स : .....
इमेल : .....
पता : .....
.....
.....
पंजीकरण शुल्क के विवरण
रकम : .....
डीडी संख्या : ..... दिनांक : .....
बैंक : .....
हस्ताक्षर .....

पवन टरबाइन टावर उपकरणों के संरचनात्मक डिज़ाइन के अनिवार्य तत्त्व

लगभग कई पवन टरबाइनों (पवन विद्युत जनरेटर, डबल्यूइजी) के संस्थापन में, कुल लागत में से केवल 10% या 20% भाग टावर समर्थन एवं नींव में खर्च किया जाता है। तथापि, टावर मशीन का काम करता है जो अत्यंत महंगे एवं घूमनेवाले भारी उपकरणों को समर्थन देता है और उसकी लागत कम होने के कारण उसे अनदेखा नहीं किया जा सकता। सामान्यतया, टरबाइन के प्रचालनात्मक लक्षण में निकटता एवं देनेवाले टावर की संरचनात्मक प्रतिक्रिया के लिए वांतरिक्ष एवं संरचनात्मक इंजीनियरों में परस्पर तकनीकी संयोजन की आवश्यकता पड़ती है। अतः कई मामलों में प्रचालनात्मक लोडिंग के स्थायी, गतिशील एवं फैटीग की प्रवृत्ति को ध्यान में रखते हुए टरबाइन उत्पादक ही समर्थन टावर की डिज़ाइन प्रदान करते हैं। उपयोग करनेवाले देशों में निहित भिन्न भिन्न पर्यावरणीय एवं मृदा परिस्थिति हेतु विस्तृत कोड विशिष्टताओं के विकास करने तथा समर्थन टावर की डिज़ाइन को मानकीकृत करने की आवश्यकता है।

कई भारतीय उद्योगों ने डबल्यूइजी संस्थापन के सभी संभाव्य उपकरणों को स्वदेश में ही भारतीय सामग्री एवं फैब्रीकेशन प्रौद्योगिकी का प्रयोग करते हुए उत्पादन करने का प्रयास किया है तथा इसमें समर्थन टावर एवं उसकी नींव का उत्पादन पहला चयन था। समर्थन टावर हेतु संरचनात्मक विशिष्टताओं के राष्ट्रीय मानकों का विकास करने के लिए टावर डिज़ाइन की वायुगतिकीय लोडिंग डेटा की मुख्य प्रवृत्ति एक बहुत बड़ी रुकावट है। तथापि, तूफान के दौरान पवन वेग के कारण देश के प्रमुख पवन खेत में रातोंरात 130 पवन चक्कियों (सारिणी–I) के नाश से पवन चक्कियों की संपूर्ण संरचनात्मक स्थिरता एवं गुणवत्ता आश्वासन हेतु उसकी डिज़ाइन एवं संस्थापन पद्धति में निहित कोडल प्रावधानों को समझने के महत्त्व पर ज़ोर दिया गया। क्षेत्र में निहित पवन के लक्षण, समतल भूमि परिस्थिति एवं डबल्यूइजी प्रकार के आधार पर अपनाए जानेवाले टावर डिज़ाइन एवं खड़ा करने की पद्धति में भिन्नता देखी जा सकती है। आगे, नींव की डिज़ाइन हेतु प्रयुक्त संबंधित क्षेत्र में मृदा की विशिष्टताओं के गुणधर्म, अनुमानित डेटा एवं सीमित मापन पर आधारित है। प्रस्तुत लेख में, इन टावरों के संरचनात्मक डिज़ाइन में विकल्प एवं मामलों की परीक्षा की जा रही है।

असफलताओं से सीख : उत्कृष्टता की ओर आगे बढ़ते हुए

जून 1998 में, लाम्बा, गुजरात में, तूफान के बाद पवन चक्कियों के सर्वनाश के आधार पर तैयार किए गए नाश के दस्तावेज़ में यह सूचित किया है कि पवन चक्कियों में नींव उखड़ने, लैटिस टावर के गिर जाने, लैटिस टावर के शीयरिंग एवं मुड़ जाने के साथ सिलिंड्रिकल टावर के शेल बकलिंग तथा रोटर ब्लेड में लैमिनेशन उखड़ जाने तथा फाइबर अलग हो जाने की स्थिति पाई गई। लिन हैरिसन आदि [1] द्वारा दिए गए कारणों के अनुसार यह स्पष्ट किया जाता है कि गुजरात के तटवर्ती प्रदेशों में हज़ारों वर्षों में एक बार होनेवाले तूफान के तेज़ पवन, पवन चक्कियों की स्थिरता संख्या से भी काफी अधिक है (सारिणी–1) । आगे, रोटरों में ब्रेक फेल्यूर, अत्यधिक आरपीएम गति में घूमनेवाले अनियंत्रित रोटर, ग्रिड फेल हो जाने के कारण यॉ मोटर के प्रचालन के रुक जाने से टावर पूर्ण रूप से नष्ट हो जाने की स्थिति में बढ़ौतरी पाई गई। यह देखा गया कि तूफान के पवन वेग से टावर के साथ मुक्त होकर घूमनेवाले रोटर में प्रतिध्वनि पैदा किया होगा जिससे कि फेल्यूर हेतु उच्च दबाव श्रेणी एवं निम्नस्तरीय फेटीग चक्र होते हैं। विपरीत परिस्थितियों में फेल्यूर के साथ अत्यधिक ऑसिलेशन, गतिशील बकलिंग, फेटीग क्रैक की वृद्धि में बढ़ौतरी तथा धीरे धीरे जाइंटों का टूटना भी शामिल है। तथापि, विश्वभर में पवन ऊर्जा दल के इकट्ठे प्रयासों से गुजरात में लगभग 60% पवन टरबाइन (सारिणी–1) आज तूफान डिज़ाइन की कहानी बताते हैं जो डिज़ाइन पवन वेग के दबाव का वहन करने या उस स्थिति के निकट हो। उक्त क्षेत्र में पवन वेग दबाव का सहन करके बच निकले समर्थन टावरों पर कार्यस्थल में एवं सरल अल्पकालिक पूर्ण स्केल व्यापक पवन कंपन परीक्षण चलाकर हमें अच्छी सीख मिली । पर कार्यस्थल में समर्थन टावर एवं सरल अल्पकालिक पूर्ण स्केल व्यापक पवन कंपन परीक्षण चलाए गए।

पवन टरबाइन को समर्थन देनेवाले टावर पर लोड

पवन टावर/ पवन खेत उन जक्षहों में संस्थापित हैं जहां पवन ऊर्जा उपलब्ध हो। इसके अतिरिक्त, टरबाइन के प्रचालन की सीमा में उपलब्ध ऊर्जा प्रयोग करने लायक होनी चाहिए । कई टरबाइनों में कट–इन, कट–ऑफ एवं प्रचलित पवन गति होते हैं। पवन लोड प्रभाव काफी अनियमित गतिकीय है तथा जैसे कि चित्र–1 में बताया गया है, पवन ऊर्जा उद्योग में इसका संदर्भ लिया जाता है। डिज़ाइन को आसानी से समझने के लिए औसत पवन लोड को स्थिर माना गया है तथा परिवतनशील पवन लोड को गतिशील माना गया है।

टावर पर पड़नेवाले स्थिर लोड के कारण निम्नानुसार है :

1) नैसल के साथ टावर पर स्थित टरबाइन का स्वतः उपकरण भार/निष्क्रिय भार।

2) टावर एवं टरबाइन पर सक्रिय औसत पवन लोड (स्टॉल आउट–ऑफ–विण्ड या पार्क्ड–इन–विण्ड)।

सामान्य प्रचलित पवन परिस्थितियों के अंतर्गत औसत पवन लोड, गहन स्थिर दबाव नहीं पैदा करते हैं। तथापि पवन की गति, टरबाइन के कट–ऑफ विण्ड गति से बहुत ही अधिक हो जाती है, तूफान या हरिकेन के दौरान भी अत्यधिक तेज़ पवन रोटर के बंद होने पर भी सिलिंड्रिकल शेल या लैटिस प्रकार के टावर के भागों में उच्च स्थिर दबाव पैदा करते हैं। उक्त लोड को सर्वाइवल पवन लोड कहा जाता है। विभिन्न देशों में सर्वाइवल पवन गति की विशिष्टताएं भिन्न होती हैं जो विभिन्न क्षेत्रों के लिए 50 से 70 मीटर प्रति सेकेण्ड की श्रेणी में होती है।

टावर पर पड़नेवाले गतिशील प्रचलित लोड के कारण निम्नानुसार है :

1) पवन में परिवर्तनशील तत्त्व (गस्ट)।

2) ऊंचाई पर पवन वेग स्वरूप के कारण रोटर के उच्च एवं निम्न ब्लेड स्थिति में डिफरेण शियल पवन वेग।

3) वातावरण के प्रभाव में ब्लेड क्षेत्र पर पवन वेग के कारण डिफरेंशियल लैटरल कोरिलेशन के कारण टावर टॉशन।

4) गइरोस्कोपिक प्रभाव पैदा करते हुए प्रचालन के दौरान ब्लेड मास के गुरुत्वाकर्षी गति वृद्धि में भिन्नता।

5) रोटर मास का उत्पादन एवं उसमें खड़े करने के कारण होनेवाले असंतुलन तथा दबाव का सहयोजित गतिशील प्रवर्धन।

6) यॉ यांत्रिकी में निरंतर परिवर्तन/अस्थिरता आदि।

सामान्य गतिशील लोड के अतिरिक्त, कुछ ऐसी अन्य स्थितियां पैदा होती हैं जिनमें गतिशील अस्थायी लोड होते हैं :

i) एकदम ब्रेक लगाना।

ii) इन-विण्ड से लेकर आउट-ऑफ-विण्ड तथा आउट-ऑफ-विण्ड से लेकर इन-विण्ड का लगातार मानवीय यॉयिंग।

iii) टावर में प्राकृतिक आवृत्ति, f_1 पर अनुनाद कंपन।

iv) सिलिंड्रिकल शेल प्रकार टावर के वेक इंड्यूज़ड क्रॉस विण्ड ऑसिलेशन (ऐंप्लिट्यूड पर आधारित)।

v) बोल्ट सैंप्लिंग के कारण उसकी कड़कता में कमी या कनेक्शन हटा देना आदि।

vi) ब्लेड मोड तथा उच्च स्तरीय ब्लेड आवृतियाँ जो शायद टावर रेज़ोनेन्स कर सकते हैं।

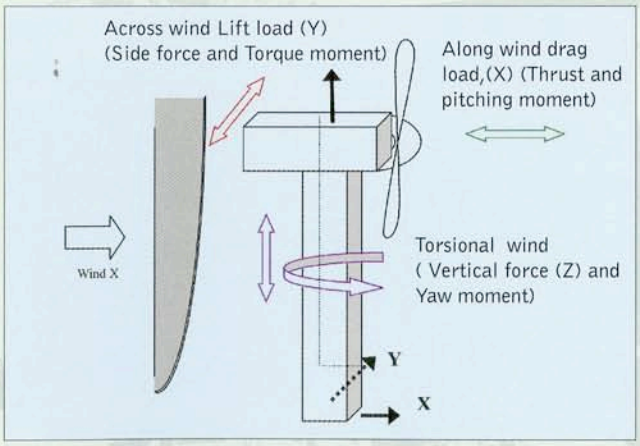
vii) प्रचालन के दौरान या उच्च पवन में ब्लॉक किया हुआ (आकस्मिक हो) पिच या यॉ यांत्रिकी।

viii) प्रचालन के दौरान ग्रिड डिसकनेक्शन अथवा गीयर के साथ रोटर जैमिंग।

अशान्त पवन में (i) ऐयरोफॉयल, (ii) संपूर्ण रोटर लोड से ब्लेड लोड, (iii) रोटर ब्लेड से हब लोड और (iv) हब लोड से टावर लोड के लोड गुणधर्मों की पहचान करने में निहित कठिनाइयों के कारण, लगभग कई टावर के डिज़ाइन में कुछ प्रयोग होते हैं ताकि डिज़ाइन तर्कसंगत होने के साथ सुरक्षित हो।

टावर के आधारभूरत डिज़ाइन के मानदण्ड

पवन टरबाइन की यांत्रिकी एवं वायुगतिकीय गुणधर्म, स्थल (क्षारक या अक्षारक) परिस्थिति एवं डिज़ाइन सौन्दर्य के आधार पर ही टावर का चयन किया जाता है। इसके अतिरिक्त, मुख्य रूप से समर्थन देनेवाले पवन ऊर्जा जनरेटर के प्रकार की कार्यगति, धीरे या तेज़ गति से काम करनेवाले तथा प्रयोग के उद्देश्य के आधार पर ही टावर का चयन किया जाता है। आमतौर पर, पानी पंप करने, बैटरी बदलने, दाने की प्रक्रिया या शक्ति उत्पादन तथा ग्रिड कनेक्शन देने के उद्देश्य से ही इनका प्रयोग किया जाता है। पवन ऊर्जा प्रौद्योगिकी केन्द्र ने पवन टरबाइन के वर्गीकरण तथा पवन ऊर्जा उपलब्धता क्षेत्र में काफी कार्य किया है। प्रस्तुत लेख में, उन पवन ऊर्जा कनवर्टर के टावरों के डिज़ाइन पर चर्चा की जा रही है जो पवन विद्युत शक्ति जनरेटर (ग्रिड से जुड़े हुए) के रूप में ही प्रयोग किए जाते हैं।



चित्र 1 : पवन टरबाइन टावर पर गतिशील पवन लोड के प्रभाव

टावर का वर्गीकरण

स्वीकृत पद्धति के रूप में पवन विद्युत शक्ति जनरेटर को समर्थन देनेवाले टावरों को निम्नानुसार वर्गीकृत किया जाता है :

1) सर्वोच्च रेटड थ्रस्ट (टावर में अत्यधिक दबाव को सहन करने की क्षमता)

2) रोटर आरपीएम के संबंध में टावर की प्राकृतिक आवृत्ति (ज्यामितीय एवं टावर के गतिकीय गुणधर्म)

3) डिज़ाइन निर्माण के प्रकार

1. रेटड थ्रस्ट

उत्पादक, कुछ आधे तत्त्वों की विशिष्टताएं बताते हैं। कैंटिलिवर्ड टावर के हब की ऊंचाई पर उच्च खतरनाक पवन परिस्थितियों में रोटर ब्लेड के वायुगतिकीय गुणधर्मों के आधार पर न्यूनतम रेटड थ्रस्ट को रोकना चाहिए। कैंटिलिवर टावर के ऊपर टिप लोड होने के कारण दबाव की प्रतिक्रिया के संदर्भ में उसका काफी प्रभाव पड़ता है। भारत में प्रयोग किए जानेवाले पवन टरबाइन, पवन खेत की स्थिति के अनुसार ही हब की ऊंचाई 20 मीटर से लेकर 80 मीटर तक की होती है, जिसमें रेटड शक्ति 50 kW से लेकर 1500 kW की श्रेणी में होती है।

2. टावर की प्राकृतिक आवृत्ति

सामान्य रूप से दो प्रकार के पवन टरबाइनों का प्रयोग किया जाता है, एक जिसमें रोटर गति एक समान होती है और दूसरे में रोटर की गति परिवर्तनशील होती है। यह स्पष्ट है कि क्षेत्र में पवन की गति में एक समानता की स्थिति लाना कठिन है, क्योंकि प्राकृतिक रूप में पवन की प्रक्रिया अनियमित होती है। एक समान गति रोटर के मामले में वायुगतिकीय गुणधर्म इतने नियंत्रित हैं कि (पिच/स्टॉल नियमन द्वारा) गीयर अंतरण व्यवस्था का डिज़ाइन ऐसा होता है ताकि वे रोटर में एक समान आरपीएम घूर्णन बनी रहे। अर्थात् रोटर लगभग एकल आवृत्ति में कार्य करता है तथा जनरेटर लगभग 50 Hz विद्युत शक्ति (भारत में ±5), जो सामान्य ग्रिड विद्युत शक्ति की आपूर्ति बताती है। परिवर्तनशील गति वाले रोटर के मामले में, एक रेटड पवन की गति है जो अधिकतम रेटड शक्ति पैदा करता है। तथापि रोटर, सामान्यतया 10 से 15 प्रतिशत रेटड पवन वेग से अधिक और कम पवन वेग की विस्तृत श्रेणी से कुछ अतिरिक्त पवन शक्ति पकड़ता है। यह अतिरिक्त शक्ति, डी सी/ए सी कनेक्शन की शक्ति इलेक्ट्रॉनिकी की लागत में लेन-देन के साथ आता है।

वर्तमान में, यदि 'N' रोटर का रेटड आरपीएम है, उसकी आवृत्ति p=N/60 Hz है। सामान्यतया इसे 1 p कंपन आवृत्ति या शाफ्ट आवृत्ति माना जाता है। टावरों की प्राकृतिक आवृत्ति, f_1 के साथ के संपर्क से आवृत्ति के आधार पर p टावरों का वर्गीकरण होता है जो विशिष्ट रूप से 'n' ब्लेड संख्या वाले रबाइन को दिया जाता है :

1) बहुत नरम $f_1 < p$

2) नरम $f_1 < (n)\,p$

3) कड़क $f_1 > (n)\,p$

तथा '(n) p', अच्छी तरह से संतुलित प्रचालन परिस्थितियों के अंतर्गत 'n' ब्लेडेड रोटर के लिए एक उत्तेजित आवृत्ति है। परिवर्तनशील गति वाले रोटर के मामले में, इस वर्गीकरण को रोटर के सामान्य आरपीएम पर निर्धारित किया जाता है। अत्यन्त नरम टावर ऑसिलेट होते हैं तथा टावर की फेटीग जीवन्तता कम करता है। लेकिन लागत कर तुलना में, सह काफी सस्ता है जबकि आर्थिक स्तर पर कड़क रोटर व्यावहारिक नहीं है।

3. डिज़ाइन / निर्माण प्रकार

टावर के चयन में, फैब्रिकेशन की सरलता, परिवहन, खड़ा करना, क्षारण से सुरक्षा, संस्थापन एवं प्रचालन तथा रखरखाव (ओ & एम) जैसे पहलू निम्नलिखित प्रकार के होते हैं :

(1) सिलिंड्रिकल चिमनी की तरह शेल, बन्द प्रकार में आपातकाल एवं बुरे मौसम की परिस्थितियों में अन्दर की तरफ सुरक्षा एवं सरलता से पहुंचने के नियंत्रण उपकरण की सुविधा प्रदान करता है। फिर भी, भारत जैसे उष्णकटिबंधीय देश में ग्रीष्म ऋतु के दौरान किसी धात्विक टावर के अन्दर काम करने में कुछ असुविधा होती है। नींव के स्तर पर चाहे वेल्डिंग हो या बोल्टेड कनेक्शन हो, उक्त शेल में बालिंग या फेटीग आसानी से हो जाता है। काफी महंगे उच्च कोटि के धातु में अद्यतन फैब्रिकेशन तकनीकों का प्रयोग किया जाना है। तथापि, इसमें निहित वायुगतिकीय लाभ एवं अक्षीय सममित क्रॉस सेक्शनल गुणधर्मो के कारण इसका अत्यधिक प्रयोग किया जाता है, जो टावर डिज़ाइन पर पवन की दिशा का प्रभाव कम करते हैं। स्थिर संकटपूर्ण औसत पवन वेग परिस्थितियों में नाज़ुक गोलाकार, मोम्बत्ती की तरह बेलनाकार होने के कारण, वोर्टेक्स के गिरने को रोका नहीं जा सकता। इससे, अनावश्यक क्रॉस पवन के ऑसिलेशन एवं दबाव पैदा होते हैं।

(2) लैटिस टावर, बहुत जल्द मेंबर बकलिंग एवं फेटीग के शिकार हो जाते हैं लेकिन उनका फैब्रिकेशन, परिवहन एवं खड़ा करना आसान है। अन्य उपकरण, जाइंट एवं बोल्टिंग व्यवस्था के सूक्ष्म पहलुओं की डिज़ाइन बनाते समय अत्यंत सावधानी बरतनी चाहिए। सिलिंड्रिकल या बेलनाकार टावरों की तुलना में यह कम महंगा है। जब तक प्री-टेंशण्ड फ्रिक्शन ग्रिप बोल्ट का प्रयोग नहीं होता, फेटीग डिज़ाइन की परीक्षा की जानी चाहिए। परीक्षण की प्रक्रिया केवल उपकरणों पर ही नहीं होनी चाहिए, बल्कि सभी जाइंटों पर भी किया जाना चाहिए। फेटीग एक स्थानीय प्रक्रिया है, अतः रखरखाव के दौरान उन स्थानों को मज़बूत किया जा सकता है और नष्ट भागों को निकालकर नए लगाए जा सकते हैं।

(3) व्यावहारिक रूप में क्योंकि निर्माण में अधिक समय और अद्यतन निर्माण उपकरण, उच्च अथवा न्यूनतम पवन, चक्रीय कंपन लोडिंग, एवं मशीनरी के कारण प्रीस्ट्रेस्ड कांक्रीट टावरों का प्रयोग नहीं किया जाता है।

(4) आसान रखरखाव के लिए सुसंबद्ध, न्यूनतम मॉस के पूर्ण रूप से समेकित (रोटर + गीयर + जनरेटर) पवन टरबाइन में टिल्ट-अप/डाउन गइड ट्यूबुलार टावरों का प्रयोग किया जाता है। गइ केबल ऐंकरेज अधिक जगह घेर लेते हैं। इनमें एक और महत्त लाभ है जिसमें टावर को निम्नस्तरीय सर्वाइवल पवन के लिए डिज़ाइन किया जा सकता है ताकि क्रेन का प्रयोग किए बिना तूफान या नियमित रखरखाव के दौरान टावर को सुरक्षित रूप से नीचे किया जा सके। सामान्यतया, उक्त प्रकार के टावरों को आवृत्ति के आधार पर नरम के अंतर्गत वर्गीकृत किया जाता है। अतः उनमें गइ-अनुरूपता के कारण अत्यधिक ऑसिलेशन होते हैं।

अत्यधिक बकलिंग दबाव/टेन्साइल ईल्ड दबाव के लिए विश्लेषण एवं डिज़ाइन

वर्तमान में, कई डिज़ाइनों में फैब्रिकेशन सामग्री के लिए स्टील का प्रयोग किया जा रहा है। नाज़ुकता के आधार पर कोणीय (लपेटे हुए स्टील) दबाव एवं शीट/प्लेट शेल में होने वाले दबाव, कंप्रशन अनुमत में, दबाव से सीमित हो जाते हैं। टेंसाइल दबाव की सीमाओं में स्टील की भी जांच की जानी चाहिए जो ईल्ड दबाव का गुणक मूल्य है। कई बार, यह पवन टरबाइन के अत्यधिक सर्वाइवल अप्रचालन परिस्थिति में पूरे हो जाते हैं।

फेटीग डैमेज हेतु विश्लेषण एवं डिज़ाइन

फेटीग एक ऐसी प्रक्रिया है जिस पर विश्वास नहीं किया जा सकता, जो किसी भी संरचना पर पड़नेवाले पुनरावृत्तीय (चक्रीय) लोडिंग के कारण बहुत समय के कारण होता है। इसके दो कारण हैं, एक जिसमें संरचना पर पड़नेवाले प्रत्याशित लोड प्रभाव की संख्या (सेवाकाल के दौरान) तथा दूसरा, संरचनात्मक तत्त्व, घटक की सामग्री मज़बूती या किसी दबाव श्रेणी का एक भाग। नियंत्रित प्रयोगशाला के क्रमिक अनुप्रयोग के माध्यम से किसी निर्धारित दबाव श्रेणी में पड़नेवाले सुनिश्चित चक्रों की संख्या ही संरचना सामग्री की मज़बूती है। इसके वक्र को एस-एन वक्र (चित्र 2) कहा जाता है, जिसमें दबाव श्रेणी (एस) बनाम चक्रों की संख्या (एन) को फेटीग में फेल्यूर के साथ लगाया जाता है। यह अत्यंत महत्त्वपूर्ण बात है कि दबाव श्रेणी के अधिक होने से सुनिश्चित चक्रों की संख्या में काफी कमी हो जाती हैं। विद्युत शक्ति के बन्द होने से अथवा ग्रिड के फेल होने से (वह आवृत्ति जो वर्ष में एक बार होता है और यह पश्चिमी देशों में ऐसा होता है) डबल्यूइजी के लिए ब्रेक जैसे इंपल्सिव लोड पैदा करता है, जिससे कि दबाव श्रेणी में काफी वृद्धि होती है। चित्र 3 में ब्रेक घटना के लैटिस टावर के चार पैर में समयानुसार दबाव के विशिष्ट ऐंठन चिन्ह के साथ दबाव में देखे जा सकते हैं। सारिणी 2 में डबल्यूइजी के विशिष्ट प्रचालन परिस्थितियों के लिए पूर्ण स्केल के आधार पर दबाव वृद्धि अनुपात (एसइआर) दिए गए हैं। इससे यह स्पष्ट होता है कि कैसे उक्त घटनाएं टावर की फेटीग जीवनकाल को कम कर सकते हैं। वास्तव में, पवन टरबाइन में होनेवाले गतिक दबाव श्रेणी अत्यधिक अनियमित हैं और उनमें संरचना के संपूर्ण डिज़ाइन जीवनकाल के दौरान वातावरण के प्रभाव में भिन्न मात्रा के साथ बहु-दबाव श्रेणी पाई जाती है। सामान्य रूप से उक्त महत्त्व के आधार पर डिज़ाइन जीवनकाल 20 से 50 साल होती है। कई डिज़ाइन, सरल डैमेज इंडेक्स d_i पर आधारित हैं जिसे नियमित ऐंप्लिट्यूड लोडिंग परिस्थिति के अंतर्गत मूल्यांकन किया जाता है तथा जिन्हें किसी दिए हुए σ_{si}, के अंतर्गत परिभाषित किया जा सकता है। पाल्मग्रेन-मइनर नियम के अंतर्गत

$$d_i = \frac{n_i}{N_i}$$

n_i चक्रों की सही संख्या बताती है (सेवाकाल लोड प्रभाव), डिज़ाइन संरचना को इसका एहसास होता है। N_i सामग्री फेटीग एवं फ्रैक्चर लाक्षणिक मूल्यांकन हेतु प्रयोगशाला (नियमित ऐंप्लिट्यूड) परीक्षण परिस्थितियों के अंतर्गत किसी दिए हुए दबाव श्रेणी 'σ_{si}', में सुनिश्चित दबाव चक्रों की संख्या है। एक अनियमित चढ़ाव के लिए कुल डैमेज इंडेक्स को अलग अलग d_i डैमेज की जोड़ है।

$$D = \sum_i d_i$$

फेटीग डैमेज के प्रति सुरक्षा के लिए टावर की डिज़ाइन जीवनकाल पर कुल डैमेज को '1' से कम होना चाहिए।

मापित दबाव श्रेणी से फेटीग चक्रों की गणना

मापित दबाव श्रेणी से फेटीग चक्र की गणना किसी निर्धारित स्थल में विशिष्ट पवन टरबाइन के सही चक्रों की संख्या को स्थल के मापन से मापित करना एवं गिनना चाहिए। पवन गति के विभिन्न बिनों में मापित दबाव श्रेणी तथा वर्षा–प्रवाह गणना तकनीक (सारिणी 3) का प्रयोग करते हुए प्रचालन परिस्थितियों में निहित दबाव श्रेणी के परिवर्तनशील चक्रों को मूल्यांकित किया जा सकता है। यद्यपि पवन गति बिन के अंतिम सिरे में मापित डेटा से कम पाया गया, संभाव्य फेटीग डैमेज के एकाएक निर्धारण हेतु सामान्य रेटड प्रचालनों के दौरान टावर के संपूर्ण डिज़ाइन जीवनकाल में हर साल विभिन्न मौसमों में दोहराए जाते हैं। अतः फेटीग चक्र का संचयन होता है। यदि 'N_s' चक्रों की संख्या (चित्र 2) की अनुमति किसी विशिष्ट दबाव श्रेणी 'σ_{si},' मे है, तो मापित चक्रों की संख्या के मूल्य 'n_{si}' को पैर के लिए संबंधित पवन बिन से लिया जा सकता है। अतः निम्नानुसार दिए जाने वाले समीकरण को वर्ष में फेटीग डैमेज के होने वाले आकलन का अनुमान करने के लिए जा सकता है, जो पवन गति के प्रचालन श्रेणी का कुल संचयन है। एक वर्ष में होनेवाले डैमेज D_{annual} के रूप में दिया जाता है।

$$D_{annual} = \Sigma_{i=1}^{Ws} Di = \Sigma_{i=1}^{Ws} \Sigma_{s=1}^{Ts} (ns/Ns) * (Hi)$$

जहां Di पवन गति बिन "i" में निहित फेटीग डैमेज है

n_s बिन "i" में दबाव श्रेणी σ_s के लिए चक्रों की संख्या प्रति घण्टा है

W_s प्रचालित पवन गति बिनों की संख्या है

T_s बिन "i" में सक्रिय दबाव श्रेणी की संख्या है

H_1 बिन "i" में प्रचालन के घण्टों की संख्या है

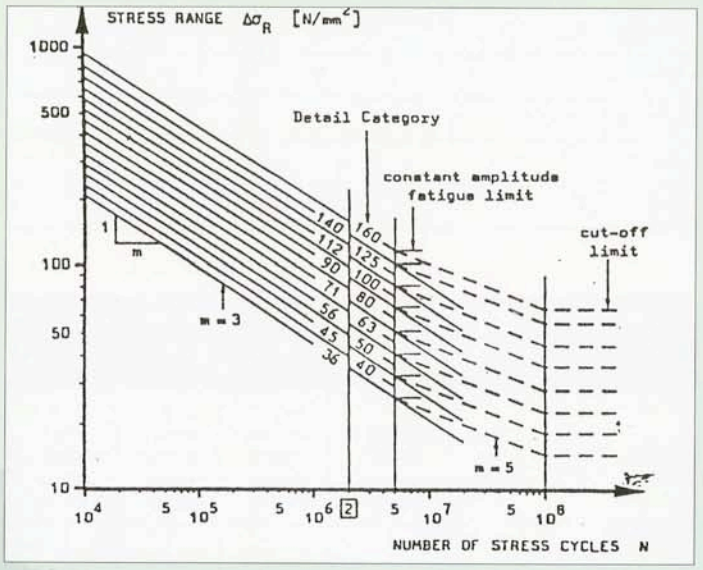
N_2 किसी दबाव श्रेणी σ_s के लिए सुनिश्चित चक्रों की संख्या है ।

टावर के अनुरूप संरचनाओं के विश्लेषण हेतु कुछ उपयोगी बिन्दु

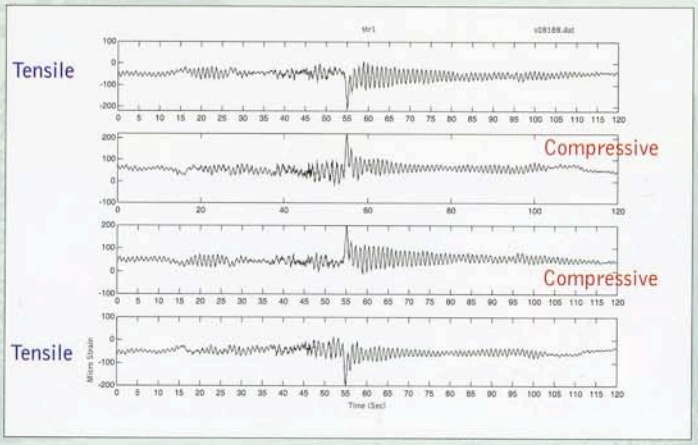
- टावर जैसी संरचनाओं के फाइनाइट ऐलिमेण्ट मॉडलिंग (एफइएम) में स्थानीय मोड़ से दूर रहना चाहिए जिसमें प्लॉनब्रेसस हो।
- जीआरएफ में प्रयुक्त आवृत्ति के प्रयोग करने से पहले ग्लोबल बेण्डिंग मोड के लिए होना चाहिए तथा दिए हुए सूत्र में 'H_z' यूनिट (चक्र/सेकेण्ड) के रूप में प्रयोग किया जाना चाहिए। यह अनिवार्य है कि गतिक ऐंप्लिफिकेशन प्रभाव हेतु आवृत्ति के प्रयोग करने से पहले ग्लोबल बेण्डिंग मोड हेतु मोड आकार की जांच करनी चाहिए।
- जीआरएफ पद्धति का प्रयोग करते समय हमें यह ध्यान देना चाहिए कि कोडल अभिव्यक्ति की व्युत्पत्ति के लिए केवल पहले मोड की (वो भी लीनियर मोड में) प्रयोग किया जाना चाहिए जो टिप मास्सड कैंटिलिवर के लिए वास्तविक नहीं है।
- रोटर पर प्रचालनात्मक गतिक लोड का विश्लेषण करते समय, सुसंगत पवन गति बिन के लिए टावर पर पवन लोड को अपनाया जाना चाहिए।

डिज़ाइन

- लैटिस टावर, गइड टावर तथा ट्यूबुलार समर्थन संरचना जैसे अन्य टावर हेतु स्टील भागों के डिज़ाइन को IS 800 का प्रयोग करते हुए कार्यशील दबाव डिज़ाइन के अनुसार होना चाहिए।
- तूफान संभाव्य क्षेत्रों में महत्त्वपूर्ण टावरों के लिए अतिरिक्त सुरक्षा उपायों को अपनाया जाना चाहिए।
- पवन चक्की टावर डिज़ाइनों को मूलभूत आवृत्ति को ट्यून करने की क्षमता होनी चाहिए (ज्यामिती, विभिन्न भाग के चयन से तथा उसके मास एवं कड़कता को समायोजित करते हुए) ताकि टावर आवृत्ति की निकटता के रोटर आरपीएम ही नहीं बल्कि ब्लेड पासिंग आवृत्ति की निकटता के कारण रेज़ोनेन्स को दूर किया जा सके।
- भारतीय अशांत पवन परिस्थितियों के लिए प्रचालनात्मक लोड के अंतर्गत पवन चक्की टावर के फेटीग हेतु डिज़ाइन जीवनकाल की जांच की जानी चाहिए।



चित्र 2 : विशिष्ट एस–एन कर्व (इसीसीएस)



चित्र 3 : टरबाइन ब्रेक घटना के दौरान मापित दबाव तानन में विशिष्ट जम्प

सारिणी 1 : एक हज़ार वर्ष में एक बार आनेवाले तूफान से बच निकली गुजरात की पवन चक्कियां (1)

टरबाइन उत्पादक	कुल टरबाइन	नष्ट टरबाइन
एनइपीसी	83	18
बीएचइएल–नॉडेक्स	52	2
सुज़लॉन (सुएडपवन)	38	24
बीइपीएल–बोनस	34	34
वेस्टास	50	18
एल्कॉन	14	14
एनरकॉन	15	0
एनइजी मइकॉन	7	7
तीटीजी–हुसुमर	6	0
वेस्टास–आरआरबी	5	5
एएमटीएल (विण्डवर्ल्ड)	4	2
टैकी	4	0
आरइएस(एडबल्यूटी)	2	2
चेज़	3	3
कुल	315	129

सारिणी 2 : विशिष्ट प्रचालन परिस्थितियों में दबाव–श्रेणी वृद्धि अनुपात (एसइआर)

क्रम संख्या	विशिष्ट प्रचालन	औसत पवन गति का अनुपात	लेग 1 एसइआर = विशिष्ट/ सामान्य बेस मिड		लेग 2 सइआर = विशिष्ट/ सामान्य बेस मिड		लेग 3 सइआर = विशिष्ट/ सामान्य बेस मिड		लेग 4 सइआर = विशिष्ट/ सामान्य बेस मिड	
1	डबल्यूइजी–ऑन के साथ ब्रेकिंग	0.78	2.04	2.16	3.50	3.34	1.59	1.47	4.09	2.47
	डबल्यूइजी–ऑफ के साथ शुरुआत	0.98	3.67	2.68	3.39	5.59	3.75	3.29	3.95	3.47
2	डबल्यूइजी–ऑन के साथ पिचिंग	1.00	2.76	2.27	4.74	3.54	2.30	1.92	5.20	3.84
3	डबल्यूइजी–ऑन के साथ यॉयिंग	0.78	1.96	1.29	1.13	1.64	1.58	2.23	1.24	1.28

सारिणी 3 : लेग 3 के लिए गतिक दबाव – श्रेणी प्रति घंटे के मापित चक्र

	औसत पवन गति बिन (एम/एस)								
पबाव श्रेणी एमपीए	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16
3.2	4623	4796	4652	4330	3948	3910	3436	3180	3204
9.5	56	126	226	387	508	592	745	796	820
12.6	20	42	72	138	211	275	374	416	428
15.8	8	18	27	53	83	127	165	162	216
22.1	3	3	4	8	12	23	28	20	36
28.4	1	1	1	1	2	2	4	6	4
31.5	0	1	1	1	1	2	3	2	0
34.7	0	0	0	1	0	0	1	2	4
37.8	0	0	1	0	0	0	0	0	0
41.0	0	0	0	0	0	0	1	0	0

[1] लिन हैरिसन, सारा नाइट एवं टॉर्गनेट मॉलर, साइक्लोन पावर विण्डज़ ऐक्सीडेड सर्वाइवल मार्जिन्स, विण्ड पावर मासिक पत्रिका, सितम्बर 1998, pp. 20-21.

डॉ एस गोमतीनायगम,
उपनिदेशक, एसइआरसी, सीएसआइआर, चेन्नई – 600 113

शोक समाचार

श्री एस. शिवकुमार
वैज्ञानिक
मृत्यु की तिथि 24.6.2007

प्रकाशन
पवन ऊर्जा प्रौद्योगिकी केन्द्र (सीवेट)
देश में पवन ऊर्जा विकास के क्षेत्र में उत्कृष्टता हेतु तकनीकी केन्द्र बिन्दु का कार्य करने के लिए
भारत सरकार के नवीन एवं नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालय द्वारा संस्थापित स्वायत्त अनुसंधान एवं विकास संस्था
वेलचेरी–ताम्बरम प्रमुख मार्ग, पल्लिकरणै, चेन्नई - 600 100
दूरभाष : +91-44-2246 3982, 2246 3984 फैक्स : +91-44-2246 3980
इमेल : info@cwet.res.in वेबसाइट : www.cwet.tn.nic.in

यदि आप पवन पत्रिका को निरंतर रूप से प्राप्त करना चाहते हैं,
तो उपर्युक्त पते पर पंजीकरण हेतु अनुरोध भेजें या प्रतिक्रिया प्रपत्र भरकर भेजें