4. Kết luận

Bài báo ứng dụng lý thuyết nhận dạng và chẩn đoán trạng thái kĩ thuật vào giải bài toán xác định trạng thái mất cân bằng của máy roto đặt trên máy cân bằng động. Cơ sở lý thuyết xây dựng trong bài báo sẽ được triển khai để nghiên cứu thực nghiệm trên máy cân bằng động Balancing B20 tại Trung tâm Nghiên cứu hệ động lực tàu thủy (Viện Nghiên cứu Phát triển – Đại học Hàng hải Việt Nam) và xây dựng phần mềm cân bằng động theo phương pháp mới, từ đó sẽ áp dụng vào hoàn thiện phương pháp và xây dựng phần mềm cân bằng động rô to tại Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Đại học Hàng hải Việt Nam *Tài liệu hướng dẫn cân bằng động rô to IRD Balancing B20 của hãng sau khi sửa chữa, nâng cấp*, *2013*.
[2] Đỗ Đức Lưu(*2006*). *Chẩn đoán diesel tàu thủy bằng dao động xoắn đường trục*. Luận án Tiến sỹ Khoa học tại Học viện Hàng hải mang tên Đô đốc S.O. Macarov, Liên Bang Nga.
[3] QCVN 21:2010 / BGTVT. Chương 4. Tua bin khí. 2014.
[4] Tài liệu của hãng IRD (USA). *ISO 1940/1. Balance Quanlity requirements of Rigid Rotors*.
[5] Lloyd's Register Rulefinder (*2014)* – Version 9.21.*Rules and Regulations for the Classification of Ships*. Part 5. Main and Auxiliary Machinery.
[6] Russian Maritime Register of Shipping. *Rules for Classification and Construction of Sea- going Ships* (Edit *2014*). Volume 2. Part IX " Machinary". Chapter 9 – Vibrations of Machinary and Equipments. Vibration Standards.

Người phản biện: PGS. TS. Phạm Hữu Tân; PGS.TS. Trần Hồng Hà

NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG HỆ THỐNG GIÁM SÁT DAO ĐỘNG CHO TỔ HỢP DIESEL – MÁY PHÁT ĐIỆN TÀU THỦY

STUDYING, BUILDING THE VIBRATION MONITORING SYSTEM FOR THE MARINE DIESEL – GENERATOR SETS

THS. LẠI HUY THIỆN[(1)], PGS.TSKH. ĐỖ ĐỨC LƯU[(2)] , TS. ĐINH ANH TUẤN[(2)]
[(1)] Phòng HCTH, [(2)] Viện NCPT, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

Tóm tắt

Giám sát dao động cho tổ hợp diesel – máy phát điện tàu thủy là nhiệm vụ quan trọng đảm bảo cho tổ hợp đạt được chất lượng khi lắp ráp đóng mới hoặc duy tu bảo dưỡng cũng như định kỳ trong khai thác kỹ thuật trang thiết bị tương ứng theo Quy phạm mới (2014) của Đăng kiểm Nga về phân cấp và đóng tàu biển vỏ thép. Để thực hiện nhiệm vụ đặt ra, chúng ta cần có hệ thống đo, kiểm tra và giám sát dao động đa kênh tương ứng về tính hiện đại, mới về công nghệ và đặc biệt quan trọng là chúng ta sẽ xây dựng hệ thống tại Việt Nam. Bài báo xây dựng các yêu cầu cơ bản cần đáp ứng của hệ thống giám sát; xây dựng sơ đồ nguyên lý và các đặc điểm cơ bản sẽ triển khai xây dựng hệ thống ở Việt Nam. Mô hình hệ thống giám sát dao động đưa ra là một hệ thống đo, phân tích dao động đa kênh hiện đại, phần cứng gồm hệ thống các đầu cảm biến dao động gia tốc chuẩn công nghiệp, kết nối với bộ góp DAQ của hãng National Instruments (NI, Hoa kỳ) và kết nối với máy tính công nghiệp. Phần mềm được xây dựng trên hệ điều hành Windows (Win 7, 8) và phần mềm nền LabView của NI. Phần mềm xây dựng nhằm nhận dạng tự động thiết bị ngoại vi của hệ thống, lưu trữ và xử lý tín hiệu dao động đa kênh trong miền thời gian và miền tần số, tự động báo động khi mức độ dao động vượt qua ngưỡng cho phép, xây dựng đường phát triển (TREND) mức độ dao động chung cũng như dao động của từng tần số đặc trưng để dự báo hư hỏng cho các cơ cấu chính trong tổ hợp D-G.

Abstract

Vibration Monitoring the Diesel –Generator Sets (D-G) is very important for quanlity control after the assemble works of the new ship-building, or of the D-G repairing, or in the technical operation according to the Russian Maritime Register of Shipping - new 2014 rules for Classification and Construction of Sea- going Ships. For this duty, we need make a modern multi-channel vibration analyzer in Viet Nam, using the hight technologies in the electronics and informatic communication. In the article is drawn out the principle construction model of the Vibraton Monitoring System (VMS) for D-G, consists of the set of the industry standard sensors, connecting with the DAQ of the National Instruments

This document was created using SOLIDPDFTools To remove this message, purchase the product at www.SolidDocuments.com

(NI, USA) and the industry computer. The software of the VMS will be made in the LabView (NI) and Win 8 for the: automatic indentifying the VMS's sensors; memoring measured vibrations signals and their parameters; vibration - data processing; monitoring the vibrations of the D-G (displaying results; alarming in the vibration condition events with the higher levels than the permitted A, B or C ones; making the TREND to forecase the vibration conditions of the D-G and their main (construction) sets.

Key words: *Vibration monitoring; multi-channel vibration monitoring system*

1. Đặt vấn đề

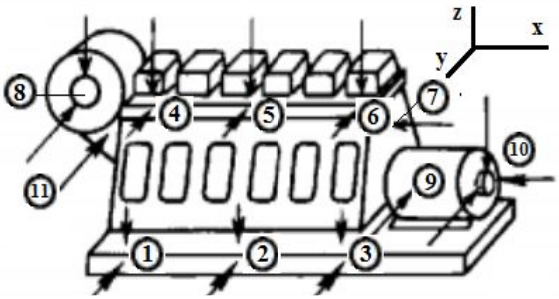
Tổ hợp diesel – máy phát điện (D-G, Diesel –Generator) cần được kiểm tra chất lượng trong từng công đoạn chế tạo, lắp ráp, khai thác kỹ thuật (vận hành, bảo dưỡng sửa chữa) qua các thông số kỹ thuật, kinh tế và môi trường. Các đặc tính của các tín hiệu dao động đo được trên tổ hợp D-G là các thông số kỹ thuật quan trọng phản ánh chất lượng sản phẩm: Từ cân bằng cơ khí giữa các chi tiết chuyển động (sau chế tạo, lắp ráp và cân bằng động), đến sự đồng trục (sau lắp ráp và cân chỉnh đường trục D-G) cũng như chất lượng riêng của từng chi tiết trong cơ cấu truyền động (hộp số, ly hợp, …). Nhiều tổ chức chất lượng cũng như các cơ quan chuyên môn (Đăng kiểm) trên thế giới đã xây dựng hệ thống tiêu chuẩn dao động cho các chi tiết riêng cũng như chung cho tổ hợp D-G tàu thủy, ví dụ Đăng kiểm Nga [**4**].

Trên thế giới đã có một số hãng có truyền thống xây dựng thiết bị đo, phân tích dao động như Bruel and Kjaer (Danmark), IRD (Hoa kỳ) [**5,6**], VAST (Liên bang Nga),… Thiết bị Vibration Analyzer (Type 2515 và 3517) của Bruel & Kjaer [**5**] đồng thời sử dụng vào đo, phân tích dao động và cân bằng động. Thiết bị Vibration Analyzer Type 2515 dùng giám sát dao động hàng ngày và rất tiện ích cho cân bằng động tại hiện trường (Fiel balancing). Thiết bị Vibration Analyzer/Balancer (Model 216 D) của IRD [**6**] cũng đồng thời thực hiện đo dao động và cân bằng động (tại hiện trường và trên xưởng). Trên quan điển xây dựng hệ thống đo và phân tích dao động, đồng thời thực hiện cân bằng động (Vibration Analyzer / Balancer (ĐHHHVN)), PGS. TSKH. Đỗ Đức Lưu đã triển khai xây dựng mới trong quá trình sửa chữa, nâng cấp máy cân bằng động IRD Balancing B20 tại trường Đại học Hàng hải Việt Nam, thay thế hệ thống đo và cân bằng động cũ, lạc hậu đã hỏng, (năm 2013). Thiết bị mới là máy đo dao động / cân bằng động 3 kênh [**1**], gồm 02 kênh đo dao động gia tốc dùng đế cảm ứng từ, 01 kênh đo pha. Các tín hiệu đo từ 03 sensors trên được kết nối với bộ góp DAQ của hàng National Instruments (Hoa kỳ). Phần mềm được xây dựng trên cơ sở LabView, trên hệ điều hành Win 7. Hiện nay, thiết bị Vibration Analyzer / Balancer (ĐHHHVN) được sử dụng rất tiện ích trong quá trình đo, phân tích dao động và cân bằng động, đặc biệt là công cụ quan trọng trong việc kiểm tra, đánh giá chất lượng máy cân bằng động mới, đang được chế tạo tại trường ĐHHHVN.

Đối với các yêu cầu, tiêu chuẩn đo và giám sát dao động đối với tổ hợp D-G, chúng tôi đặt ra bài toán nghiên cứu, xây dựng hệ thống tự động đo và giám sát dao động cho tổ hợp, sao cho đáp ứng tất cả các yêu cầu của Quy phạm (TCVN, Quy phạm Nga), đồng thời phù hợp với mục tiêu nghiên cứu phát triển trong phòng thí nghiệm cho hệ động lực diesel tàu thủy cũng như các máy rô to tàu thủy. Hệ thống sẽ được triển khai xây dựng trong điều kiện Việt Nam, đáp ứng tính hiện đại, hội nhập của công nghệ điện –điện tử, công nghệ thông tin và truyền thông, trên cơ sở đảm bảo toán học, thuật toán.

2. Nghiên cứu xây dựng mô hình hệ thống giám sát dao động cho tổ hợp D-G.

Điểm lưu ý trong đo và phân tích dao động được nhiều hãng trên thế giới quan tâm lựa chọn là loại tín hiệu dao động nào sẽ được sử dụng để đo: Dao động chuyển vị, vận tốc hay gia tốc?. Về góc độ toán học, khi chúng ta đo được một dạng dao động nào đó, nhờ phép biến đổi tích phân hoặc vi phân, chúng ta sẽ thu được hai đại lượng vật lý còn lại. Tuy nhiên, tín hiệu đo được thường chứa nhiễu và sai số, nên kết quả của các phép biến đổi toán học sẽ cho các kết quả khác nhau phụ thuộc vào phương pháp và thuật toán xử lý, thậm chí có khi đưa ra kết quả tính với sai số rất lớn, không



Hình 1. Vị trí các điểm đo dao động trên tổ hợp D-G

This document was created using SOLIDPDFTools To remove this message, purchase the product at www.SolidDocuments.com

chấp nhận được. Kinh nghiệm trong xử lý tín hiệu đo có chứa nhiễu và sai số đã đưa ra nhận định về tính hội tụ tốt của phép tích phân, còn phép vi phân trong nhiều trường hợp dẫn tới phân kỳ. Từ đó, trong việc lựa chọn tín hiệu đo, nên dùng các cảm biến dao động dạng gia tốc hoặc vận tốc cùng với việc sử dụng các thuật toán lọc nhiễu.

Để có được cấu hình hệ thống đo và giám sát dao động (Vibration Monitoring, (**VM)** cho tổ hợp D-G), chúng ta cần phân tích, lựa chọn các loại tín hiệu dao động cần đo, số lượng tối thiểu và khả năng sử dụng đồng thời. Trên cơ sở đó, số kênh đồng thời đo các tín hiệu dao động sẽ quyết định lựa chọn cấu hình của bộ góp DAQ.

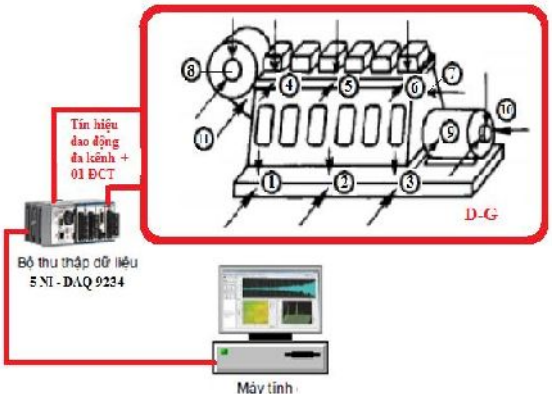
Các đặc tính cơ bản của các tín hiệu dao động cần phân tích sẽ là yêu cầu ban đầu để chúng ta phân tích, thiết kế hệ thống phần mềm đo và xử lý tín hiệu dao động. Các đặc tính riêng biệt của từng tín hiệu dao động thường được phân tích trong miền thời gian và miền tần số, được lọc nhờ các bộ lọc số (phần mềm, thuật toán). Các tín hiệu dao động đồng thời trên một máy cũng như trên các máy gần nhau cần được nghiên cứu sự ảnh hưởng qua lại lẫn nhau nhờ các thuật toán và chương trình phân tích tương quan giữa các tín hiệu.

2.1. Sơ đồ nguyên lý hệ thống giám sát dao động tổ hợp D-G tàu thủy

Theo yêu cầu của Quy phạm phân cấp và đóng tàu biển vỏ thép Nga, phiên bản 2014 [**4**], đo giám sát dao động cho trục x, y, z tại 11 điểm đo được thể hiện như hình 1. Tuy nhiên, do tính chất đối xứng, thực tế cần tiến hành đo 19 điểm (các điểm đo:1-6, 8 và 9 sẽ đo thêm 8 điểm ở phía đối diện). Số tín hiệu dao động tại 19 điểm cần đo sẽ là: 35.

(D_{16}:6x2x2+D_7:1x1+D_8:1x2x2+D_9:1x1x2 +D_{10}:1x3+D_{11}:1x1=24+1+4+2+3+1=35).

Thông thường ta dùng một tín hiệu đo điểm chết trên (ĐCT) của xy lanh thứ nhất để nghiên cứu các quá trình liên quan đến quá trình cháy của động cơ, nên sẽ nâng tổng số tín hiệu lên 36.



Hình 2. Sơ đồ nguyên lý hệ thống giám sát dao động đa kênh

Trên thị trường cung cấp các đầu đo gia tốc theo 1 trục hoặc 3 trục. Giá đầu đo gia tốc 3 trục đắt gấp nhiều lần một đầu đo gia tốc một trục. Do vậy, khi thiết kế cấu hình hệ thống đo, giám sát dao động đa kênh chúng ta có thể lựa chọn 03 đầu đo gia tốc riêng biệt thay cho 01 đầu đo gia tốc 03 trục. Trong phiên bản đầu tiên, chúng ta sẽ xây dựng hệ thống đo dao động 20 kênh, trong đó 01 đầu đo ĐCT, 19 đầu đo gia tốc.

Bộ góp multi-channel DAQ làm nhiệm vụ của bộ biến đổi tương tự - số đa kênh (multi-channel ADC), khuyếch đại ban đầu. Chúng ta sẽ lựa chọn cấu hình NI-DAQ 9234, mỗi DAQ có 04 kênh. Số lượng 05 NI-DAQ 9234 đặt trong khung (chasis 8 khe, còn 3 khe để dự trữ).

Trung tâm xử lý tín hiệu dao động (CPU), màn hình hiển thị cùng với các thiết bị ngoại vi như máy in, loa có thể lựa chọn từ các bộ máy tính có cấu hình cao với các ứng dụng phù hợp.

Hệ thống phần mềm được xây dựng trên cơ sở phần mềm LabView 2013 và hệ điều hành Win 7 hoặc Win 8 hiện hành.

Sơ đồ nguyên lý hệ thống đo, giám sát dao động cho tổ hợp D-G được chỉ ra trên hình số 2.

2.2. Cơ sở toán học đảm bảo cho giám sát dao động tổ hợp D-G tàu thủy

Tiêu chuẩn dao động được phân loại ở các cấp độ A, B, C. Cấp độ A khi tổ hợp D-G được lắp đặt mới, cấp độ B – khi tổ hợp hoạt động bình thường, cấp độ C – khi tổ hợp có hư hỏng, phải bảo dưỡng, sửa chữa [**4**]. Tiêu chuẩn dao động là các ngưỡng (mức) dao động cao nhất (A, B, C) tại các băng thông có tần số trung bình 1/3 Octav.

This document was created using SOLIDPDFTools To remove this message, purchase the product at www.SolidDocuments.com

Đối với động cơ diesel lai máy phát điện sẽ sử dụng các tiêu chuẩn theo các bảng số liệu hoặc đồ thị liên quan đến động cơ đốt trong, tuabin – máy nén khí xả và máy phát điện được đưa ra từ các tiêu chuẩn Quy phạm nêu trên.

Các thông số dao động tiêu chuẩn gồm giá trị bình phương trung bình được đo (tính) tại tần số trung bình trong bộ lọc băng thông 1/3 Octav cho dao động vận tốc, đưa về đơn vị đo de-xi-bel (dB). Thông số dao động được đo ở đại lượng tuyệt đối, sau đó biến đổi về đại lượng tương đối so với giá trị chuẩn (tốc độ giới hạn chuẩn, v_{e0}= 5x10^{-5} mm/s hoặc gia tốc chuẩn, v_{e0}= 3x10^{-4} m/s^2).

$$L = 20lg\frac{v_e}{v_{e0}} \quad (1)$$

Trong đó: v_e là giá trị bình phương trung bình của vận tốc dao động tại tần số trung bình đang xét.

Phân tích Octav là một công cụ mạnh được sử dụng trong xử lý tín hiệu dao động và âm thanh. Theo IEC 1260:1995 và ANSI S1.11-2004 tiêu chuẩn quốc tế xác định tần số trung tâm f_C và tần số giới hạn dưới và trên f_L, f_H (Hz) đối với bộ lọc băng thông 1/3 Octav được xác định theo công thức sau [**7**]:

$$f_L = f_C.2^{-1/6} \approx 0.891\ f_C;\ f_H = f_C.2^{1/6} \approx 1.122\ f_C \quad (2)$$

Với tiêu chuẩn dao động đưa ra theo bảng, tính trung bình cho dải băng thông 1/3 Octav: [0.891, 1.122] f_C tại tần số trung bình f_C, ta tính được mức độ dao động tiêu chuẩn quy đổi cho cả đoạn tần số từ $f_C(i)$ đến $f_C(i+1)$ theo phép biến đổi tuyến tính (bảng 1).

Bảng 1. Tiêu chuẩn dao động quy đổi tuyến tính tại tần số f, Hz

TT	f(Hz)	Giá trị tiêu chuẩn quy đổi	Ghi chú
	$f_L(i) \le f \le f_H(i)$	$L_{S(X)}(f) = L^{(i)}_{S(X)}$	X-kí hiệu mức A, B hoặc C i,i+1 – chỉ số của tần số trung bình; s –chuẩn (standard); $\delta = f - f_H(i)$; $a = L^{(i+1)}_{S(X)} - L^{(i)}_{S(X)}$; $b = f_L(i+1) - f_H(i)$.
	$f_H(i) < f < f_L(i+1)$	$L_{S(X)}(f) = L^{(i)}_{S(X)} + \delta.a/b$	
	$f_L(i+1) \le f \le f_C(i)$	$L_{S(X)}(f) = L^{(i+1)}_{S(X)}$	

Tín hiệu dao động được biến đổi trong miền thời gian để biểu diễn sự biến thiên, và dùng giám sát thông thường theo mức độ dao động trung bình các bình phương. Trong miền tần số, các tín hiệu dao động được biến đổi FFT (Fast Furie Transformation) với các đặc tính: Biên độ - Tần số; Công suất tín hiệu – Tần số; Bình phương trung bình biên độ - Tần số; Bình phương trung bình công suất tín hiệu - Tần số.

Giá trị bình phương trung bình một tín hiệu dao động được xác định theo công thức:

RMS (V) – Root Mean Square (Vibrations, V), ở đó V được biểu diễn trong miền thời gian.

$$\text{RMS (V)} = \sqrt{\frac{\int_{t_1}^{t_2} V^2(t)dt}{t_2 - t_1}} = \sqrt{\frac{\sum_1^N V^2(j)}{N}}, \quad (3)$$

ở đó N –số điểm rời rạc của tín hiệu dao động theo thời gian t: V(t(j)).

Tại một dải băng thông 1/3 Octav với tần số trung bình f_C, mức độ dao động tính theo RMS được thể hiện theo công thức:

$$\text{RMS (V)}_{1/3.\text{Octav}} = \sqrt{\frac{\sum_1^{N1} A^2(j)}{N}}, \quad (4)$$

ở đó N_1 –số điểm rời rạc của tín hiệu dao động trong băng thông 1/3 Octav;

A(j) –biên độ dao động ứng với tần số thứ j trong dải băng thông.

Ngoài sử dụng thuật toán bộ lọc 1/3 Octav như đã nêu trên, trong nhiều trường hợp cần đảm bảo thuật toán cho các bộ lọc khác nhau trong miền thời gian cũng như miền tần số. Trong miền thời gian sử dụng các bộ lọc trung bình trượt (Moving Average) và trung bình trượt tự hồi quy (ARMA, Auto-Regressive Moving Average) [**2**]. Trong miền tần số sử dụng FFT cùng với các bộ lọc dải thông có điều khiển các tần số đặc trưng của bộ lọc. Các đặc trưng trong xây dựng phần

This document was created using SOLIDPDFTools To remove this message, purchase the product at www.SolidDocuments.com

mềm trên LabView được chỉ ra tại chương trình LabView, thư mục Help trong các ví dụ minh họa (examples) sẽ trợ giúp cho chúng ta rất nhiều khi xây dựng thuật toán lọc và triển khai xây dựng phần mềm xử lý tín hiệu đo được.

Nghiên cứu sự tương quan giữa các tín hiệu dao động x(t) và y(t) và sự tương quan của bản thân từng tín hiệu qua việc tính toán các đại lượng tương quan [**2, 3**].

Để giám sát dự báo sự cố, chúng ta cần xây dựng thuật toán ngoại suy dựa trên cơ sở dữ liệu dao động thu được trước đây. Ngoài thuật toán ngoại suy, dự báo sự cố dùng trong giám sát dao động có thể xây dựng theo phương pháp trí tuệ nhân tạo: Mạng nơ ron.

Tóm lại. Cơ sở toán học bảo đảm cho xây dựng hệ thống đo, giám sát dao động đa kênh trên tổ hợp D-G gồm hệ thống các phương trình toán học nhằm xử lý tín hiệu riêng biệt để lọc nhiễu, thu được các đặc tính cơ bản của chúng trong miền thời gian và miền tần số. Ngoài ra, các tín hiệu được xử lý đồng thời qua các thuật toán đánh giá sự tương quan của các tín hiệu dao động đo tại các điểm đo khác nhau. Cơ sở toán học cần đảm bảo việc tự động hóa xác định các tiêu chuẩn A, B, C [**4**] về dao động cho tổ hợp. Trên cơ sở các đặc tính dao động đo được hiện tại và các giá trị tiêu chuẩn, các thuật toán sẽ ra quyết định trạng thái dao động hiện hành để hiển thị, báo động hoặc ngừng hoạt động (bảo vệ sự cố). Cơ sở toán học có nhiệm vụ cuối cùng trong bài toán giám sát là xây dựng đường TREND, dự báo sự số và đưa ra phương án xây dựng phần mềm dự báo sự cố bằng phương pháp chuyên gia dao động (tư vấn nguyên nhân mất cân bằng, hư hỏng các cơ cấu bánh răng, gối đỡ, hộp số,…).

3. Kết luận

Trên cơ sở các tiêu chuẩn của Quy phạm phân cấp và đóng tàu biển vỏ thép về dao động đối với tổ hợp D-G, bài báo đã phân tích, thiết kế nguyên lý hệ thống giám sát dao động đa kênh trên cơ sở công nghệ NI và LabView. Phần cứng của hệ thống gồm bộ 20 đầu đo (19 sensors gia tốc và 01 đo ĐCT của xy lanh số 1), bộ góp dữ liệu DAQ của hãng NI 9234 và bộ máy tính công nghiệp có cấu hình mạnh, cài đặt Win 7 hoặc Win 8. Phần mềm hệ thống được xây dựng trên LabView nhằm tự động hóa nhận dạng cấu hình đo và xử lý các tín hiệu đo độc lập và tương quan lẫn nhau. Phần mềm được xây dựng trên cơ sở toán học đảm bảo cho xử lý nhiễu, xây dựng các đặc tính chuẩn giới hạn A, B, C và các đặc tính của dao động thu được, xây dựng các đường đặc tính dự báo (TREND). Hệ thống giám sát dao động cho tổ hợp D-G sẽ thực hiện các chức năng: hiển thị, báo động trạng thái dao động theo các nhiệm vụ giám sát và chẩn đoán dao động. Hệ thống sẽ được xây dựng trong thời gian tới để phục vụ một phần của Đề tài Độc lập cấp Quốc gia năm 2015 mà trường Đại học Hàng hải Việt Nam chủ trì.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Đại học Hàng hải Việt Nam (*2013*). *Tài liệu hướng dẫn cân bằng động rô to IRD Balancing B20 của hãng sau khi sửa chữa, nâng cấp*.

[2] Boaz Porat. (*1994*). *Digital Processing of Random Signals*. *Theory and Methods*. Prentice –Hall International.

[3] G.Korn, T. Korn. (*2003*). *Tra cứu toán học (Cho kĩ sư và các nhà khoa học kĩ thuật). Tiếng Nga*. S.Petecbuarg – Moscow –Krasiodar, (831 Trang).

[4] Russian *Maritime* Register of Shipping. *Rules for Classification and Construction of Sea- going Ships* (Edit *2014*). Volume 2. Part IX " Machinary". Chapter 9 – Vibrations of Machinary and Equipments. Vibration Standards.

[5] Bruel & Kjaer. *Application notes. Statistic and Dynamic Balancing of Rigid Rotors*.

[6] http://balancingusa.com/vibration-analyzer-balancer-new.htm. Truy cập 09/03/2015.

[7] www.*NI*.com/tutorial/7761/en/ . Truy cập 08/03/2015.

Người phản biện: PGS.TS. Phạm Hữu Tân; TS. Trần Sinh Biên

This document was created using SOLIDPDFTools To remove this message, purchase the product at www.SolidDocuments.com