

BỘ GIAO THÔNG VẬN TẢI

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

TRƯỜNG ĐẠI HỌC HÀNG HẢI VIỆT NAM



HOÀNG VĂN SĨ

**NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO THIẾT BỊ ĐO MÔ-MEN
XOẮN VÀ PHÂN TÍCH DAO ĐỘNG XOẮN HỆ
TRỤC DIESEL LAI CHÂN VỊT TÀU THỦY**

Tóm tắt luận án tiến sĩ kỹ thuật

NGÀNH: KỸ THUẬT CƠ KHÍ ĐỘNG LỰC;

MÃ SỐ: 9520116

CHUYÊN NGÀNH: KHAI THÁC BẢO TRÌ TÀU THỦY

HẢI PHÒNG – 2019

Công trình được hoàn thành tại Trường Đại học Hàng hải Việt Nam.

Người hướng dẫn khoa học: 1. PGS.TSKH. Đỗ Đức Lưu

2. TS. Lê Văn Vang

Phản biện 1: GS.TS Phạm Minh Tuấn

Phản biện 2: GS.TS Vũ Đức Lập

Phản biện 3: PGS.TS Nguyễn Ngọc Quế

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng chấm luận án tiến sĩ cấp Trường họp tại Trường Đại học Hàng hải Việt Nam vào hồi giờ phút ngày tháng năm 2019

Có thể tìm hiểu luận án tại Thư viện Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH ĐÃ ĐƯỢC CÔNG BỐ LIÊN QUAN ĐẾN ĐỀ TÀI LUẬN ÁN

1. Sĩ Hoàng Van, Luu Do Duc (2018), “*Nghiên cứu thuật toán tự động tính dao động xoắn, ứng suất xoắn cho hệ trục diesel tàu thủy*”. Hội nghị Khoa học Công nghệ Giao thông vận tải lần thứ IV năm 2018, Ngày 17-05-2018 tại Đại học Giao thông Vận tải Tp.HCM, ISBN 978-604-76-1578-0
2. Sĩ Hoàng Van, Vang Le Van, Luu Do Duc (2017), “*Solutions to enhance the accuracy of measurement, processing and analyzing torsional vibration Signals by strain gauge method*”. The 16th Asia maritime & fisheries universities forum, November 9th -11th, 2017, HCM City University of Transport, Vietnam. ISSN 2508-5247
3. Đỗ Đức Lưu, Hoàng Văn Sĩ, Lê Văn Vang (2017), “*Nghiên cứu đo và xử lý tín hiệu mô-men xoắn bằng phương pháp tem dán biến dạng trên đường trục diesel lai máy công tác*”. Hội nghị khoa học công nghệ toàn quốc về Cơ khí - Động lực năm 2017, Ngày 14-10-2017 tại Trường ĐH Bách Khoa – ĐHQG TP.HCM. ISBN 978-604-73-5603-4
4. Hoàng Văn Sĩ, Đỗ Đức Lưu, Lại Huy Thiện, Cao Đức Hạnh (2017), “*Một số vấn đề trong xây dựng hệ thống đo đa kênh rung động trên tổ hợp diesel lai máy phát điện 110 kW tại Trường đại học hàng hải Việt Nam*”. Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải số 50 – 04/2017. Tr 5-10, NXB Hàng hải. ISSN 1859-316X
5. Đỗ Đức Lưu, Hoàng Văn Sĩ, Lê Văn Vang (2016), “*Nghiên cứu mô phỏng sai số trong đo và xử lý tín hiệu mô-men xoắn trên hệ trục chính diesel tàu thủy*”. Tuyển tập các công trình khoa học đăng trong kỷ yếu Hội nghị quốc tế về KHCN Hàng hải năm 2016, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam. ISBN 978-604-937-127-1.
6. Đỗ Đức Lưu, Hoàng Văn Sĩ (2015), “*Nghiên cứu giảm dao động xoắn nguy hiểm cho hệ động lực diesel-máy công tác tàu thủy*”. Hội nghị khoa học công nghệ Giao thông Vận tải năm 2015, Trường Đại học Giao Thông Vận tải Tp.HCM, Tr 163-167. ISBN 978-604-76-0594-1.
7. Hoàng Văn Sĩ, Lê Văn Vang, Đỗ Đức Lưu (2015), “*Các phương pháp đo mô-men xoắn hiện đại trên hệ trục diesel tàu thủy*”. Tạp chí Giao thông Vận tải, Tr 59-62. ISSN 2354-0818.
8. Đ.Đ.Lưu, H.V.Sĩ, L.V.Vang (2014), “*Quy chuẩn Việt Nam về dao động xoắn hệ trục diesel và ứng dụng xây dựng phần mềm tự động tính giới hạn xoắn các thành phần hệ trục diesel lai máy công tác*”. Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải. Số 40, NXB. Hàng hải. ISSN 1859-316X.

9. Đ.Đ.Lưu, H.V.Sĩ, L.V.Vang (2014), “*Thiết bị ảo xây dựng tự động tính ứng suất xoắn cực đại cho phép trong hệ trục diesel tàu biển*”. Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải. Số 40, NXB. Hàng hải. ISSN 1859-316X.
10. Hoàng Văn Sĩ (2016), “*Nghiên cứu lựa chọn phương pháp đo mô-men xoắn trong thiết kế chế tạo thiết bị đo mô-men xoắn hệ trục Diesel tàu thủy tại Việt Nam*”. Đề tài nghiên cứu khoa học cấp trường, Đại học Giao thông Vận tải TP.HCM.

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài luận án

Dao động xoắn (DĐX) là dạng dao động nguy hiểm nhất đối với hệ trục diesel tàu thủy. Tính chất quan trọng trong nghiên cứu DĐX được thể hiện trong nhiều công trình nghiên cứu trước đây và ngày nay tại các quốc gia có ngành hàng hải mạnh như Liên Bang Nga (Liên Xô cũ), Ba Lan, Bulgari, Nhật Bản, Hà Lan, Anh, Đức, Mỹ, Trung Quốc, Hàn Quốc,.... Nghiên cứu DĐX để hiểu được tính chất vật lý của chúng, triển khai tính toán, kiểm tra, đo đạc, giám sát trạng thái xoắn của hệ trục để đảm bảo hệ trục hoạt động an toàn và tin cậy.

DĐX là hiện tượng vật lý phức tạp, nguy hiểm và luôn đồng hành với hệ trục diesel lai chân vịt khi cơ hệ hoạt động, chính vì vậy các cơ quan chuyên môn như Hiệp hội các tổ chức đăng kiểm thế giới (International Association of Classification and Societies, IACS), trong đó có Đăng kiểm Việt Nam (VR) về phân cấp và đóng tàu biển vỏ thép (QCVN 21:2015/BGTVT); Đăng kiểm hàng hải Nga (2014); Đăng kiểm Nhật Bản NK(2014); Đăng kiểm Hoàng gia Anh Lloyd (2014); Đăng kiểm Hoa Kỳ ABS (2014); đều đưa ra các quy định nghiêm ngặt về DĐX. Các quy phạm của các tổ chức đăng kiểm hàng hải này yêu cầu phải tính DĐX hệ trục diesel tàu thủy có công suất trên 110 kW, đồng thời phải tiến hành đo thực tế để kiểm nghiệm sự đúng đắn và tin cậy trong việc tính DĐX. Ngoài ra, tổ chức hàng hải Quốc tế (IMO) còn yêu cầu về quản lý hiệu suất năng lượng tàu (SEEMP), bổ sung trong phụ lục VI MARPOL, có hiệu lực kể từ ngày 01 tháng 01 năm 2013, đưa ra những yêu cầu bắt buộc khi thiết kế đóng mới tàu thủy hoặc hoàn cải hệ động lực tàu thủy phải trang bị thiết bị đo công suất, mô-men xoắn (MMX) và suất tiêu hao nhiên liệu lắp cố định trên tàu thủy.

Vì vậy đo và phân tích DĐX – rất quan trọng và cần thiết nhằm để kiểm chứng, giám sát tính bền, độ an toàn tin cậy và chẩn đoán tình trạng kỹ thuật cho hệ trục diesel tàu thủy, cũng như đảm bảo tài sản và tính mạng thuyền viên toàn tàu.

Để đáp ứng các yêu cầu trên, trong điều kiện hiện nay ở Việt Nam, với mục tiêu hướng đến là phải có các thiết bị đo và phân tích DĐX hệ trục diesel lai chân vịt tàu thủy là rất cần thiết, có ý nghĩa khoa học và mang tính thực tiễn.

2. Mục tiêu nghiên cứu của đề tài

- Mục tiêu chung:

Nghiên cứu thiết kế, chế tạo thiết bị hiện đại đo MMX và phân tích DĐX hệ trục diesel lai chân vịt tàu thủy tại Việt Nam.

- Mục tiêu cụ thể:

Nghiên cứu lựa chọn một phương pháp hiện đại đo tín hiệu MMX phù hợp với nội dung nghiên cứu của đề tài.

Hoàn thiện công nghệ đo tín hiệu MMX, xử lý tín hiệu đo, đảm bảo độ tin cậy, chính xác cho thiết bị đo MMX và phân tích ĐĐX.

Mục tiêu này cần giải quyết các vấn đề khoa học và công nghệ sau đây:

+ Về khoa học: Giải quyết bài toán sai số trích mẫu trong đo và xử lý tín hiệu MMX/ĐĐX, từ đó đề xuất mô hình hoàn thiện cho xây dựng thiết bị đo tín hiệu này; Giải quyết một số bài toán mô phỏng ĐĐX liên quan đến chế tạo thiết bị: tính ĐĐX tự do để xác định vùng tần số cộng hưởng và dạng đường tâm biến dạng xoắn; mô phỏng tín hiệu MMX tổng của động cơ; xử lý tín hiệu ĐĐX và MMX ở miền thời gian và miền tần số.

+ Về công nghệ: Phân tích, tổng hợp cấu trúc thiết bị đo MMX/ĐĐX phù hợp với công nghệ điện tử và truyền thông tiên tiến, tích hợp phần cứng, phần mềm được lập trình trên LabView (hãng National Instruments của Hoa Kỳ) trong xây dựng thiết bị đo vật lý cũng như thiết bị ảo.

Chế tạo, thử nghiệm thiết bị đo MMX và phân tích ĐĐX hệ trục diesel lai chân vịt tàu thủy tại Việt Nam, với giá thành thấp hơn nhiều so với thiết bị nhập ngoại.

Sản phẩm tích hợp, cụ thể cần đạt được:

- ✓ Xây dựng hệ thống phần cứng (phần cứng tích hợp với phần mềm đo, xử lý, hiển thị kết quả đo ban đầu, lưu trữ dữ liệu đo).
- ✓ Xây dựng hệ thống phần mềm xử lý tín hiệu MMX đo được, phân tích ĐĐX, USX trên đoạn trục đo và các nhiệm vụ khác theo yêu cầu của quy chuẩn Việt Nam (QCVN) cũng như quy phạm tương ứng về phân cấp và đóng tàu biển vỏ thép của hiệp hội các tổ chức đăng kiểm quốc tế (IACS).

3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu của luận án

Đối tượng nghiên cứu

MMX và ĐĐX trên các hệ trục chính dùng động cơ diesel máy chính (DME) lai chân vịt tàu thủy bao gồm:

- DME 2 kỳ thấp tốc công suất lớn, lai trực tiếp chân vịt định bước.
- DME 4 kỳ cao/trung tốc, công suất vừa và nhỏ, lai chân vịt định bước hay biến bước thông qua ly hợp/hộp số.

Phạm vi nghiên cứu:

Do các vấn đề liên quan đến bài toán rất rộng và phức tạp, trong phạm vi nghiên cứu của luận án tập trung giải quyết các nội dung chính sau:

- Nghiên cứu các phương pháp đo tín hiệu MMX, lựa chọn kiểu không tiếp xúc biến dạng xoắn trên bề mặt trục quay để áp dụng.

- Nghiên cứu tính toán, mô phỏng MMX hệ trục diesel tàu thực.
- Nghiên cứu sai số trích mẫu trong quá trình đo, lọc nhiễu tín hiệu trong quá trình biến đổi tín hiệu từ miền thời gian thực sang miền tần số bằng biến đổi Fourie nhanh (FFT).
- Nghiên cứu chế tạo thiết bị đo tín hiệu MMX để xác định USX trong phạm vi $n_{\min} \div n_{\max}$ cho 12 bậc điều hòa đầu tiên (DME 2 kỳ) và cho 25 bậc điều hòa đầu tiên (DME 4 kỳ).
- Nghiên cứu thử nghiệm tại phòng thí nghiệm động lực học diesel tàu thủy để kiểm tra tính đúng đắn của thiết bị chế tạo.
- Nghiên cứu thực nghiệm trên hệ trục diesel lai chân vịt trên hệ tàu thực.

4. Phương pháp nghiên cứu

Sử dụng các phương pháp mô hình hóa giải tích và thống kê, lý thuyết động cơ đốt trong, dao động kỹ thuật, xử lý tín hiệu số kết hợp với công nghệ điện tử và truyền thông hiện đại cùng với phần mềm MATLAB, LABVIEW và sản phẩm công nghiệp của hãng National Instruments (NI, Hoa Kỳ). Kết hợp giữa phương pháp lý thuyết và thực nghiệm.

Nghiên cứu lý thuyết: Phân tích lựa chọn phương pháp đo tín hiệu MMX trên đoạn trục quay của hệ động lực động cơ diesel tàu thủy; Xử lý tín hiệu MMX đo được trong miền thời gian và trong miền tần số; Dự báo sai số trích mẫu và nhiễu khi đo, xử lý tín hiệu MMX; Mô phỏng đo và xử lý tín hiệu MMX khi có sai số trích mẫu và nhiễu.

Nghiên cứu thực nghiệm: Nghiên cứu chế tạo thử nghiệm hệ thống thiết bị đo MMX và phân tích ĐĐX động cơ diesel lai chân vịt tàu thủy; Nghiên cứu thực nghiệm đo và phân tích ĐĐX động cơ diesel lai chân vịt; Tổng hợp, so sánh, phân tích và đánh giá kết quả thực nghiệm.

5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn

Ý nghĩa khoa học:

- Phân tích và đánh giá các yêu cầu quy phạm của các tổ chức đăng kiểm trên thế giới về tính và đo MMX, USX cũng như vùng cấm quay đối với hệ trục diesel lai chân vịt tàu thủy;
- Xây dựng cơ sở lý thuyết về tốc độ trích mẫu. Xác lập cơ sở toán học cho sai số trích mẫu trong một chu kỳ công tác của động cơ diesel 2 kỳ và 4 kỳ;
- Đưa ra cơ sở khoa học và cơ sở công nghệ hiện đại cho đo MMX và phân tích ĐĐX. Giải mã công nghệ chế tạo và nội địa hóa sản phẩm công nghệ chất lượng cao cần thiết cho chế tạo thiết bị liên quan;
- Ứng dụng thành công công nghệ phần cứng và phần mềm LabView của NI trong chế tạo thiết bị đo MMX và phân tích ĐĐX.

Ý nghĩa thực tiễn:

- Thiết bị đo MMX và phân tích ĐĐX đã được chế tạo từ đề tài là cơ sở để nghiên cứu phát triển các phương pháp đo giám sát và chẩn đoán động cơ diesel tàu thủy bằng ĐĐX hệ trực.
- Sử dụng kết quả đo MMX và phân tích ĐĐX để kiểm chứng với bảng tính; Đánh giá tình trạng kỹ thuật hiện tại của hệ động lực diesel lai chân vịt;
- Thiết bị đo MMX và phân tích ĐĐX sẽ được hoàn thiện để phục vụ cho ngành công nghiệp đóng tàu, cũng như trong khai thác hệ động lực tàu thủy, cụ thể dùng trong: thử nghiệm bàn giao đường dài; đo đánh giá trạng thái kỹ thuật DME và giám sát công suất thực của hệ động lực chính.

6. Những kết quả đạt được và những đóng góp mới của đề tài luận án

Những kết quả đạt được của luận án:

- Chế tạo thành công thiết bị đo MMX và phân tích ĐĐX hai kênh đo trên cơ sở công nghệ cảm biến biến dạng (strain gauge) và cảm biến quang, công nghệ NI (bộ góp DAQ, phần mềm nền LabView cùng các toolkits hỗ trợ khác) với kích thước nhỏ gọn, hiện đại, xách tay cơ động và dễ sử dụng.
- Nghiên cứu sai số trích mẫu và chứng minh sự cần thiết phải có thêm một kênh đo pha – vận tốc quay trực đo MMX/ĐĐX để đề xuất cấu hình thiết bị đo phù hợp nhất cho đo và xử lý tín hiệu MMX/ ĐĐX hệ trực.
- Xây dựng cơ sở toán học và các mô đun (VI, thiết bị ảo) được lập trình trên LabView cho đo và xử lý các tín hiệu đo pha và biến dạng để thu được các đặc tính mà quy phạm phân cấp và đóng tàu biển vỏ thép (tương ứng với QCVN 21:2015/BGTVT) yêu cầu.
- Các kết quả thu được trong thử nghiệm, hiệu chỉnh thiết bị đo tại phòng thí nghiệm động lực học của Viện nghiên cứu Khoa học và Công nghệ Hàng hải (Trường Đại học Hàng hải Việt Nam) cũng như trên tàu Kiểm ngư (do nhà máy đóng tàu Hồng Hà đóng năm 2016 - 2017) trong quá trình thử nghiệm bàn giao đường dài là tài liệu quan trọng không chỉ dùng trong chế tạo thiết bị, mà còn có ý nghĩa cho nghiên cứu phát triển để giám sát và chẩn đoán MMX/ ĐĐX trên hệ trực diesel tàu thủy.
- Thu được các kết quả mô phỏng số MMX/ ĐĐX trên hệ trực dùng diesel máy chính (2 kỳ và 4 kỳ). Mô phỏng số hệ trực dùng DME - MAN B&W 6S46MC trên tàu 34000 DWT được thể hiện trong các báo cáo khoa học thuộc danh mục các công trình nghiên cứu của tác giả liên quan đến luận án.
- Trong quá trình thực hiện đề tài, NCS đã báo cáo được 9 công trình KHCN trên các tạp chí chuyên ngành, tại các kỳ yếu Hội nghị KHCN có uy tín trong nước và Quốc tế và 01 Đề tài NCKH cấp cơ sở.

Những đóng góp mới của đề tài luận án:

- Đề xuất cơ sở khoa học và công nghệ cho chế tạo (phần cứng và phần mềm) trên cơ sở tem dán biến dạng và cảm biến quang, bộ thu thập dữ liệu (DAQ) theo công nghệ WiFi của hãng NI và phần mềm nền LabView. Xây dựng được phần mềm tự động nhận dạng thiết bị ngoại vi, quản lý quá trình đo, xử lý nhanh thông tin trong khi đo, lưu trữ dữ liệu đo, đọc và xử lý tín hiệu đo.
- Tích hợp thành công lập trình m.file trong MatLab vào lập trình code Mathscript trong LabView để rút ngắn thời gian lập trình code trong LabView cho xây dựng thiết bị, đặc biệt trong công đoạn xử lý tín hiệu số phức tạp có tận dụng công cụ toán học mạnh của MatLab.

7. Kết cấu của đề tài luận án

Luận án tiến sĩ kỹ thuật gồm 121 trang A4 (không kể phụ lục), thứ tự gồm các phần: Phần mở đầu; Phần nội dung (gồm có 04 chương); Phần kết luận - kiến nghị; Danh mục các công trình đã công bố liên quan đến đề tài luận án tiến sĩ kỹ thuật (10 công trình); Tài liệu tham khảo (56 tài liệu) và phần phụ lục (04 phụ lục).

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN VỀ THIẾT BỊ ĐO MÔ-MEN XOẮN VÀ PHÂN TÍCH DAO ĐỘNG XOẮN

Chương 1 nghiên cứu các quy định, quy phạm được luật hóa trong nước và quốc tế về việc tính toán, đo và phân tích DĐX. Phân tích lựa chọn phương pháp đo tín hiệu MMX kiểu lệch gốc (bằng từ trường hoặc quang học) và phương pháp biến dạng xoắn (tem ứng suất) phù hợp với hướng nghiên cứu của đề tài. Ngoài ra, các vấn đề liên quan đến MMX, DĐX được tìm hiểu tổng quan về cơ sở khoa học và công nghệ truyền thống (Sóng tần RF) và công nghệ hiện đại (không dây-Wifi), từ đó định hướng nghiên cứu và chế tạo thiết bị đo hiện đại tại Việt Nam.

Về QCVN, Quy phạm đăng kiểm tàu biển vỏ thép. IACS và các tổ chức đăng kiểm của nhiều nước trên thế giới đã đưa ra yêu cầu bắt buộc phải tính và đo DĐX hệ trục trung gian sử dụng động cơ diesel lai chân vịt tàu thủy trong trường hợp tất cả các xy lanh hoạt động bình thường, cũng như trong trường hợp một vài xy lanh không cháy.

Về lĩnh vực tính DĐX. Các tổ chức, các nhà khoa học nghiên cứu tính DĐX đến từ các nước Đông Âu cũ như GS.TSKH Istomin P.A (Liên Bang Nga); GS.TS Minchev N.D (Bulgari) và từ một số nước có nền khoa học công nghệ hàng hải phát triển hiện nay như Hà Lan, Đan Mạch, Nhật, Trung Quốc, Hàn Quốc... đều tập trung giải quyết các vấn đề tính DĐX mà các cơ quan đăng kiểm yêu cầu, đó là tính DĐX tự do (FTV) và DĐX

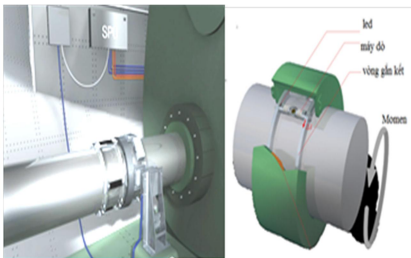
cường bức (ETV) bằng những phần mềm riêng. Các kết quả của các quá trình tính được báo cáo dưới dạng bảng và đồ thị tương ứng.

Ở Việt Nam các nhà khoa học: PGS.TSKH.Đ.Đ.Lưu; PGS.TS.Ng.V. Phát; TS.Q.Tr.Hùng (Đại học Hàng hải Việt Nam); GS.TS.Đ.Tr.Thắng; TS.Ng.N.Thắng (Học viện Kỹ thuật Quân sự); TS. Ng.Đ.Tường (Viện kỹ thuật Hải Quân) đã nghiên cứu các vấn đề như:

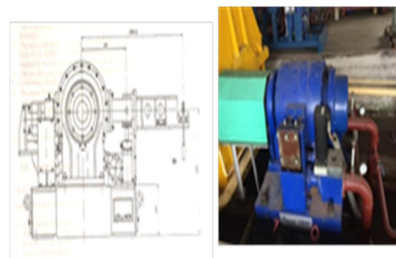
- Tần số riêng của DĐX tự do, các dạng của DĐX tự do;
- Nghiên cứu DĐX cưỡng bức, cộng hưởng và gần cộng hưởng từ đó rút ra vùng khai thác có USX nguy hiểm;
- Ứng dụng mô hình không gian ANSYS để khảo sát DĐX;
- Các yếu tố ngẫu nhiên trong quá trình lắp ráp, chế tạo đến biên độ DĐX của các khối lượng tập trung.
- Nghiên cứu DĐX ở các chế độ động cơ diesel làm việc bình thường và chế độ diesel có xy lanh không cháy.

Về thiết bị đo MMX/DĐX. Trên thế giới có nhiều hãng chuyên sản xuất thiết bị đo MMX (Hình 1.1) như Seatechnik Torsionmeter TSX5 của Sea-Technik Ltd (Anh Quốc); Series 420 của Hãng Datum Electronic (Anh Quốc); Torsion Power Meter TPM2 của Binsfeld (Mỹ); T-Sense của VAF (Hà Lan); MetaPower của Kongsberg (Na Uy)...

Đại học Hàng hải Việt Nam đã đầu tư lắp đặt thiết bị đo MMX dạng phanh thủy lực, hãng OMEGA 1500 (Hình 1.2). Thiết bị đo này lắp đặt tĩnh tại trên bệ thử, nối với trục động cơ qua khớp nối xích cứng, phù hợp cho phòng thí nghiệm, không thể sử dụng được trên tàu thực.

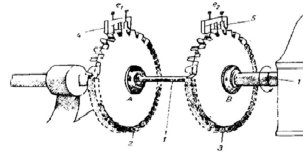


Hình 1.1 Thiết bị đo MMX dạng quang học T-SENSE của Hãng VAF



Hình 1.2 Bộ đo MMX kiểu phanh hãm thủy lực Omega 1500

Phương pháp không tiếp xúc – phương pháp điện từ trường (Hình 1.3) do MMX đã được chế tạo cách đây 30 năm, được lắp trên các tàu biển trong những năm cuối thế kỉ XX, ở Việt Nam tàu huấn luyện SAO BIỂN cũng được trang bị thiết bị đo MMX loại này.



Hình 1.3 Thiết bị đo MMX dạng từ trường lắp trên tàu Sao Biển

1. Trục cân đo MMX;
- 2, 3. Đĩa sắt từ;
- 4, 5. Bộ chuyển đổi cảm ứng

Viện Công nghiệp tàu thủy Việt Nam, trước đây đã nhập mua theo dự án đầu tư của chính phủ khi Tập đoàn Công nghiệp Tàu thủy Việt Nam đang hoạt động mạnh, khi đó đóng thường xuyên nhiều tàu vận tải biển chở hàng tổng hợp với trọng tải đến 54000 tấn. Thiết bị đo ĐĐX kiểu tem biển dạng, truyền sóng ra-điô qua an-ten phát và thu. Tuy nhiên, thiết bị nhập ngoại này đã bị hỏng, không sử dụng được.

Kết luận chương 1. Từ phân tích tổng quan nghiên cứu sinh rút ra kết luận:

- Quy phạm của IACS đều yêu cầu bắt buộc phải tính và đo ĐĐX hệ trục diesel lai chân vịt tàu thủy khi đóng mới hoặc hóa cải tàu. Chính vì vậy, việc nghiên cứu ĐĐX là một nhiệm vụ hết sức cần thiết hiện nay.
- Nghiên cứu ĐĐX để xác định vùng vòng quay cộng hưởng đối với hệ trục diesel tàu thủy (nếu có), từ đó đưa ra khuyến cáo trong vận hành khai thác hệ động lực tàu thủy nhằm đảm bảo an toàn bền xoắn cho các đoạn trục trong cơ hệ.
- Đề tài của luận án: “Nghiên cứu chế tạo thiết bị đo MMX và phân tích ĐĐX hệ trục diesel lai chân vịt tàu thủy” có tầm quan trọng, tính cấp thiết, ý nghĩa khoa học và thực tiễn đối với tình hình, điều kiện tại Việt Nam.

CHƯƠNG 2. CƠ SỞ KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ CHO CHẾ TẠO THIẾT BỊ ĐO VÀ PHÂN TÍCH DAO ĐỘNG XOẮN HỆ TRỤC DIESEL LAI CHÂN VỊT TÀU THỦY

2.1 Cơ sở lý thuyết xác định MMX, USX trên đoạn trục theo biến dạng USX trên bề mặt trục τ (N/m²) được xác định theo độ biến dạng tương đối trên bề mặt trục quay ε_0 theo E (N/m²) – mô đun đàn hồi; ν - hệ số Pát – xông:

$$\tau = \frac{\varepsilon_0 \cdot E}{1 + \nu} \quad (2.1)$$

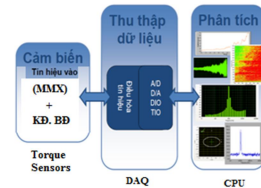
Xác định MMX (N.m) theo ứng suất xoắn τ và độ cứng chống xoắn W (m³):

$$M = W \cdot \tau = W \cdot \frac{E \cdot \varepsilon_0}{1 + \nu} \quad (2.2)$$

2.2 Cơ sở khoa học và công nghệ chế tạo thiết bị đo MMX và phân tích ĐĐX

2.2.1 Cơ sở công nghệ

Sơ đồ khối cấu trúc – chức năng của thiết bị MMX được thể hiện trên hình 2.1 gồm khối cảm biến, bộ thu thập dữ liệu DAQ và trung tâm xử lý CPU. Khối cảm biến gồm 2 đầu đo: Cảm biến MMX - dạng tem dán (SG) và cảm biến vị trí/pha là những tín hiệu vào được khuếch đại (phần tử khuếch đại ban đầu, KĐ.BĐ) để đạt chuẩn đầu ra. Bộ DAQ tiếp nhận tín hiệu vào từ khối cảm biến, chuyển đổi tín hiệu sang dạng số, chuẩn để đưa vào CPU. Xử lý tín hiệu MMX/DDX theo yêu cầu của nhiệm vụ đặt ra tại CPU. Ngoài ra, kết quả đo, xử lý kết quả được hiển thị trên monitor (màn hình của máy tính).



Hình 2.1 Sơ đồ cấu trúc-chức năng của thiết bị đo MMX hiện đại

Bảng 2.1 Nguyên lý chức năng đo và phân tích tín hiệu MMX/DDX

STT	ĐẶC TÍNH
i	Thiết lập cấu hình đo, hiệu chuẩn hệ thống đo tín hiệu MMX. Xác định số lượng mẫu N_s và tốc độ lấy mẫu F_s cần thiết đúng cho một chu kỳ công tác của động cơ diesel.
ii	Đo, thu thập các tín hiệu động, lưu trữ kết quả đo.
iii	Xử lý tín hiệu động trong miền thời gian và miền tần số (có sử dụng các bộ lọc khác nhau); Lọc tín hiệu để xác định giá trị MMX trung bình cho cả động cơ; Lọc tín hiệu để xác định phổ tần (biên độ/pha) MMX trên thang tuyến tính hoặc thang dB (dexibel).
iv	Lưu lại kết quả. Báo cáo kết quả.
v	Kết thúc

Công nghệ Sensors, DAQ, CPU đã chuẩn hóa mà mang tính thương mại toàn cầu. Chúng ta cần thiết kế, tích hợp theo yêu cầu riêng của nhiệm vụ. Phần mềm công nghệ xây dựng thiết bị đã được hỗ trợ từ phần mềm chuyên dụng LabView (National Instruments).

2.2.2 Cơ sở trích mẫu trong đo và xử lý MMX/DDX

- Động cơ diesel máy chính lai chân vịt trực tiếp không qua hộp số

Đối với động cơ diesel 2 kỳ (diesel thấp tốc) 1 vòng quay (tương ứng 360 độ gqtk) thực hiện 1 chu kỳ công tác. Vòng quay tại trục trung gian (vị trí đo) bằng vòng quay trục khuỷu diesel $n_d = n_e$ (v/ph).

Xác định số mẫu (sample, S) cần trích đủ cho một số chu kỳ nhất định nào đó tính theo tần số trích mẫu (S/s, samples/ second), theo công thức:

$$N_{s,0} = [60 \cdot F_s / n_e], (S) - \text{trích đúng 01 chu kỳ.}$$

$$N_{s,k} = [k_s \cdot 60 \cdot F_s / n_e], (S); \text{ với } k_s \text{ là một số tự nhiên nào đó } k_s = 1, 2, 3, \dots$$

- *Động cơ diesel máy chính lai chân vịt qua hộp số*

Đối với động cơ diesel 4 kỳ (trung tốc hoặc cao tốc) 2 vòng quay (tương ứng 720 độ gqtk) thực hiện 1 chu trình công tác của động cơ. Hộp số có tỉ số truyền $K_{hs} = n_E/n_P$, xác định theo vòng quay của chân vịt n_P (v/phút).

Tương tự như nêu trên, ta xác định số mẫu trích khi đo trên trục trung gian (đầu ra của hộp số):

$$n_P = n_E / K_{hs}$$

$$N_{s,0} = [120 \cdot F_s / n_P], (S) - \text{trích đúng cho 01 chu kỳ.}$$

$$N_{s,k} = [k_s \cdot 120 \cdot F_s / n_P], (S) - \text{trích đúng cho } k_s \text{ chu kỳ.}$$

2.2.3 Cơ sở toán học cho xác định các thông số cơ bản của MMX

Xác định các thông số cơ bản của MMX trong miền thời gian thực và trong miền tần số.

- *Trong miền thời gian thực*

Tín hiệu được trích mẫu đúng với chu kỳ cần thiết, tiến hành lọc nhiễu. Xác định một số tính chất quan trọng: giá trị trung bình của MMX trong thời gian trích mẫu (mean); độ lệch lớn nhất các biên độ MMX (peak – to – peak); cũng như giá trị khai căn bình quân phương sai RMS (Root Mean Square) của tín hiệu trích mẫu trong cả chu kỳ.

$$T_{\text{mean}} = \frac{1}{N_s} \sum_{i=1}^{N_s} x_i;$$

$$T_{\text{peak-to-peak}} = \max(\{\bar{X}\}) - \min(\{\bar{X}\}); \quad (2.3)$$

$$T_{\text{RMS}} = \sqrt{\frac{1}{N_s} \sum_{i=1}^{N_s} x_i^2};$$

- *Trong miền tần số*

Tín hiệu được trích mẫu có dạng: $x = \{x(N_1), x(N_2), \dots, x(N_s)\}$ được biến đổi FFT về dạng phổ tần, có sử dụng bộ lọc số. Kết quả của phép biến đổi FFT cho ta các đặc tính của tín hiệu MMX về: (a) Biên độ - Tần số; (b) Công suất - Tần số; (c) Pha - Tần số.

+ *Phép biến đổi hàm liên tục Fourier (lý thuyết):*

FFT thuận: từ miền thời gian sang miền tần số.

$$F(f) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{i \cdot f \cdot t} x(t) dt \quad (2.4)$$

FFT ngược: từ miền tần số sang miền thời gian.

$$x(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-i \cdot f \cdot t} F(f) df \quad (2.5)$$

Trong đó: $x(t)$ – hàm thời gian, $F(f)$ – biến đổi Fourier sang miền tần số f .

+ *Phép biến đổi Fourier trong dãy số rời rạc (áp dụng lập trình):*

FFT thuận:

$$Y(k) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} x(n) \cdot W_N^{-k \cdot n}; W_N = e^{i \cdot \frac{2\pi}{N}} \quad (2.6)$$

Với $k = 0, 1, \dots, N-1$

FFT ngược:

$$x(n) = \frac{1}{N} \sum_{k=-\infty}^{+\infty} Y(k) \cdot W_N^{k \cdot n} \quad \text{Với } n = 0, 1, \dots, N-1 \quad (2.7)$$

Với dãy đầu vào theo thời gian $x(n)$ và đầu ra theo tần số $Y(k)$, kích thước N . Thuật toán FFT được áp dụng cho $N = 2^k$.

Tín hiệu MMX cưỡng bức được xét tối thiểu $M = 12$ điều hòa đối với động cơ diesel hai kỳ, còn đối với động cơ 4 kỳ, số lượng điều hòa sẽ là $M = 25$. Như vậy, dải tần cần nghiên cứu là dải thông thấp, từ f_L đến f_H ,

+ Đối với động cơ hai kỳ: $f_L = n/60$; còn $f_H = 12 \cdot n/60 = n/5$ (Hz)

+ Đối với động cơ bốn kỳ: $f_L = n/120$; $f_H = 25 \cdot n/120 = 5n/24$ (Hz)

2.3 Kết luận chương 2

- Xác định đúng số lượng mẫu, tốc độ trích mẫu và xác lập được đa kênh đo tốc độ động cơ diesel, kênh vị trí/pha phải đồng bộ và tương ứng với một chu kỳ công tác của động cơ diesel.

- Xây dựng cơ sở toán học cần thiết cho xử lý tín hiệu MMX đo được và phân tích ĐĐX. Tín hiệu được xử lý trong miền thời gian thực và trong miền tần số để triển khai thuật toán và phần mềm cho thiết bị đo sau này.

- Công nghệ hiện đại về điện tử, truyền thông và thông tin hiện nay cho phép chúng ta xây dựng thiết bị đo MMX/ĐĐX trên nền tảng ghép nối các khối thiết bị chuẩn công nghiệp: đầu đo – DAQ – CPU – thiết bị hiển thị (máy tính hiện đại luôn thực hiện chức năng CPU và hiển thị) theo cấu hình thiết kế.

CHƯƠNG 3. MÔ PHỎNG SỐ VÀ XỬ LÝ TÍN HIỆU MÔ-MEN XOÁN KHI CÓ NHIỀU VÀ SAI SỐ TRÍCH MẪU

3.1 Đặt vấn đề

Trong phân tích chương 2 có đặt ra các bài toán liên quan đến xây dựng cấu hình thiết bị đo MMX/ ĐĐX hệ trực: Xử lý tín hiệu thu được trong miền thời gian thực và miền tần số để đáp ứng theo yêu cầu của các tổ chức chuyên môn về tính toán ĐĐX hệ trực và đo thực nghiệm ĐĐX.

Giải quyết các vấn đề liên quan trực tiếp đến chế tạo thiết bị, cần khẳng định sự cần thiết phải bổ sung 1 kênh đo pha để xác định đúng số mẫu cần thiết phải trích cho đoạn tín hiệu cần ghi. Tiếp theo cần có đầu vào là tín hiệu MMX thu được theo một nguồn nào đó đáng tin cậy để mô phỏng, xử lý tín hiệu theo các mục đích và nhiệm vụ đặt ra của đề tài. Phần mô phỏng MMX sau khi giải quyết được các vấn đề nêu trên sẽ giải mã được nguyên

lý cấu hình thiết bị đo, cơ sở toán học và triển khai lập trình xử lý tín hiệu MMX/DĐX hệ trực.

Vấn đề gián tiếp liên quan đến chế tạo thiết bị đo MMX/DĐX hệ trực là tính toán DĐX hệ trực diesel tàu thủy. Để tính được DĐX hệ trực cần giải quyết một số bài toán sau đây:

- Bài toán 1. Tính DĐX tự do hệ trực.
- Bài toán 2. Tính MMX cưỡng bức.
- Bài toán 3. Tính DĐX cưỡng bức hệ trực.
- Bài toán 4. Tính USX cho phép và kiểm tra USX cực đại của hệ trực.

Bài toán thứ nhất tính DĐX tự do là cần thiết chung cho cả nghiên cứu tính toán DĐX cũng như thử nghiệm đo DĐX hệ trực động cơ diesel lai chân vịt (như đã phân tích ở chương 1).

Bài toán thứ hai liên quan trực tiếp đến nhiệm vụ thứ nhất xây dựng thiết bị đo MMX, vì đầu ra của bài toán này sẽ là đầu vào cho nhiệm vụ thứ nhất.

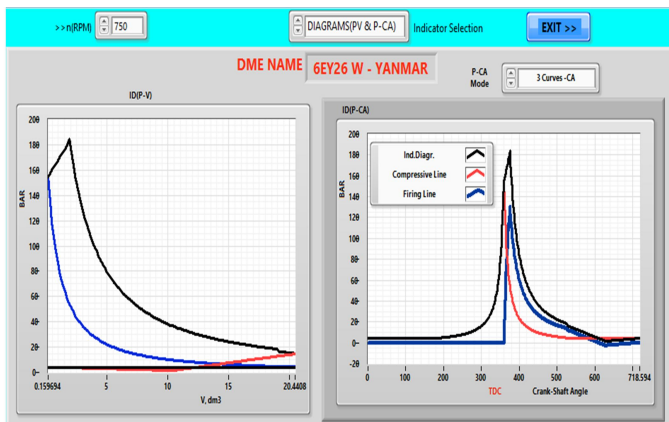
Các bài toán còn lại đều đóng vai trò tham chiếu, tham khảo cho quá trình xây dựng phần mềm đo và xử lý tín hiệu đo cho thiết bị đo MMX và phân tích DĐX hệ trực diesel lai chân vịt tàu thủy.

3.2 Mô hình hóa tín hiệu MMX trong miền thời gian và miền tần số

Mô phỏng mô-men khí thể của từng xy lanh qua áp suất cháy trong buồng đốt (đồ thị công khai triển) $p(\varphi_k)$ của từng xy lanh k , hàm truyền $FT(\varphi_k)$ theo phương trình (3.2). Mô-men khí thể của một xy lanh được tính:

$$M_{\text{gas}}(\varphi_k) = p(\varphi_k) \cdot TF(\varphi_k), \quad (3.1)$$

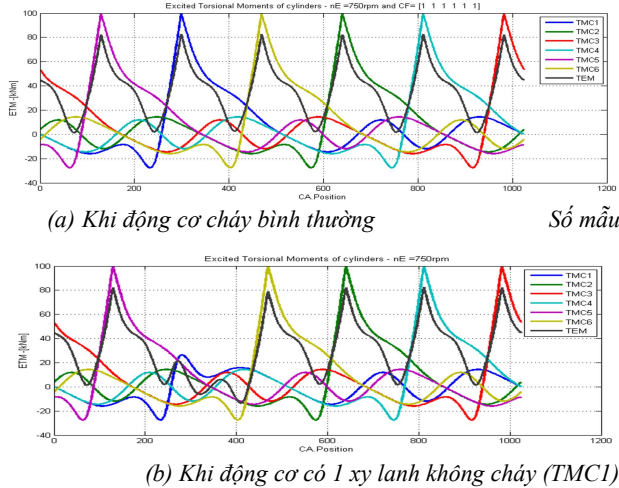
$$TF(\varphi) = (\pi \cdot D^2/4) \cdot R \cdot (\sin\varphi + 0.5\lambda \sin 2\varphi) \quad (3.2)$$



Hình 3.1 Đồ thị công chỉ thị và khai triển của động cơ Yanmar 6EY26W

3.3 Mô phỏng MMX động cơ diesel Yanmar 6EY26W

Từ các đặc tính mô phỏng áp suất trong xy lanh (hình 3.1) như trên, NCS triển khai mô phỏng các đặc tính MMX trên phần mềm Matlab như sau:



Hình 3.2 Mô-men khí thể của từng xy lanh và mô-men tổng động cơ 6EY26W

Mô-men khí thể của các xy lanh lệch pha nhau theo thứ tự nổ của động cơ Yanmar 6EY26W (1 – 6 – 2 – 4 – 3 – 5) là 120 độ gqtk, tương ứng với $N = 1024$ mẫu (720 độ gqtk), góc kẹp nổ liên tiếp nhau sẽ có độ lệch khoảng 170 mẫu. Lập trình trong MATLAB, ta thu được mô-men khí thể riêng cho từng xy lanh và mô-men tổng theo số mẫu cho một chu kỳ, được thể hiện trên hình 3.2 tương ứng với trường hợp các xy lanh cháy bình thường (hình 3.2a) và trường hợp có 1 xy lanh không cháy TMC_1 (hình 3.2b).

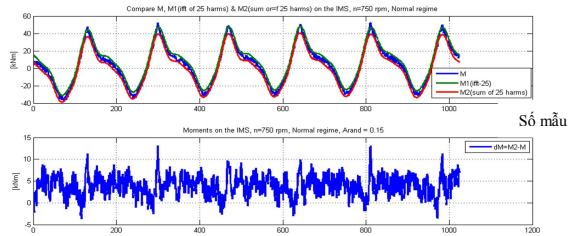
3.4 Mô phỏng xử lý nhiễu cho tín hiệu MMX

Tín hiệu MMX đo được trong miền thời gian thực (real time) thường chứa nhiễu do nhiều nguyên nhân khác nhau như rò rỉ hay méo tín hiệu. Đối với tín hiệu MMX, theo các mục đích sử dụng cụ thể MMX mà chúng ta cần xử lý tín hiệu có nhiễu này để xác định các đặc tính như giá trị trung bình trong một chu kỳ làm việc, giá trị trung bình đặc trưng cho giai đoạn công tác của từng xy lanh tương ứng, các đặc tính cực trị của tín hiệu.

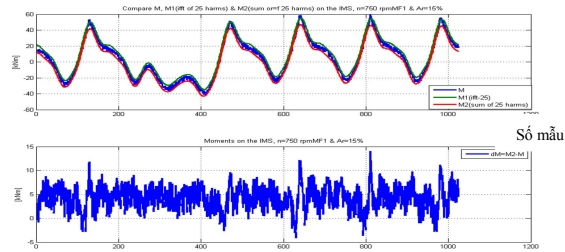
$$\text{Tín hiệu có nhiễu cần lọc: } Mo_r(k) = Mo + Arand * rand(k) \quad (3.3)$$

NCS đã sử dụng bộ lọc trượt trung bình (FAS – Filter Average Slide), mô phỏng mô-men tổng có nhiễu, kết quả xây dựng các bộ lọc cho trường

hợp MMX đa hài, có nhiều với biên độ Arand = 15% (kN.m), của động cơ diesel Yanmar 6EY26W khi động cơ cháy bình thường trên hình 3.3 và của động cơ có một xy lanh không cháy trên hình 3.4

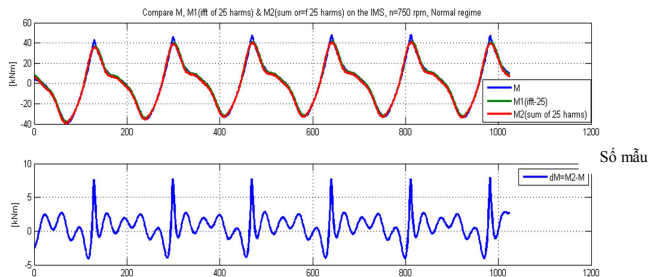


Hình 3.3 Tín hiệu mô-men tổng có nhiễu khi động cơ làm việc bình thường

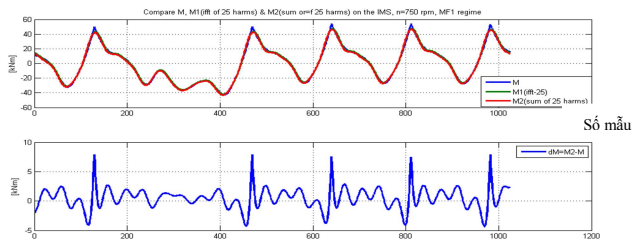


Hình 3.4 Tín hiệu mô-men tổng có nhiễu khi động cơ có xy lanh không cháy

Công nghệ xử lý tín hiệu trong miền tần số, trong MatLab cũng như trong LabView đã có sẵn các lệnh cho xử lý FFT để hạn chế sai số do “rò rỉ”, hay “méo” tín hiệu phổ tần bằng các lệnh cửa sổ như Hanning; Hamming; Black-Harris; Kaiser... Kết quả mô phỏng tín hiệu mô-men tổng có nhiễu đã được xử lý lọc nhiễu được thể hiện cho cả 2 trường hợp: động cơ làm việc bình thường (hình 3.5) và động cơ làm việc khi một xy lanh không cháy (hình 3.6).



Hình 3.5 Lọc nhiễu mô-men tổng khi động cơ làm việc bình thường

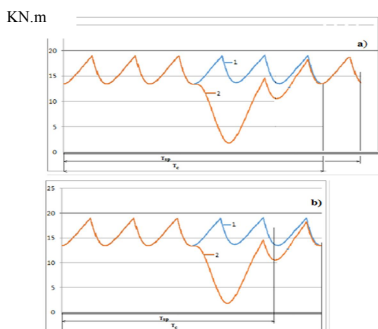


Hình 3.6 Lọc nhiễu mô-men tổng khi động cơ có 1 xy lanh không cháy

3.5 Mô phỏng sai số trích mẫu trong đo và xử lý tín hiệu MMX

3.5.1 Sai số trích mẫu

Sai số trích mẫu là hệ quả của việc chọn (thiết lập cấu hình) lấy mẫu sai, đoạn trích mẫu không tương thích cho một chu kỳ làm việc của động cơ (gồm z xy lanh). Đoạn trích mẫu lý tưởng là đoạn phủ vừa kín chu trình làm việc của động cơ, đối với động cơ diesel 2 kỳ, đoạn đó tương ứng 360 độ theo gqtk, còn đối với diesel 4 kỳ, đó là góc phủ đủ 720 độ gqtk.



Hình 3.7 Trích mẫu tín hiệu mô-men khí thể

(a): Đoạn trích $N_s^* > N_s$, khi $n_E > n_c$ (thiết lập), $T_{sp} > T_c$

(b): Đoạn trích $N_s^* < N_s$, khi $n_E < n_c$ (thiết lập), $T_{sp} < T_c$

Đường 1: MMX ở chế độ các xy lanh cháy bình thường;
Đường 2: MMMX tổng ở chế độ một xy lanh không cháy.

(a) Số lượng trích mẫu nhiều hơn cho một chu kỳ công tác của động cơ (thời gian trích mẫu T_{sp} lớn hơn thời gian chu kỳ thực tế động cơ T_c), hay vận tốc quay động cơ thực tế n_E lớn hơn vận tốc quay thiết lập n_c) được thể hiện trên hình 3.7.a.

(b) Số lượng trích mẫu không đủ cho một chu kỳ công tác động cơ ($T_{sp} < T_c$), hay vận tốc quay động cơ thực tế $n_E < n_c$ vận tốc quay thiết lập n_c) được thể hiện trên hình 3.7.b.

Thiết lập tốc độ lấy mẫu:

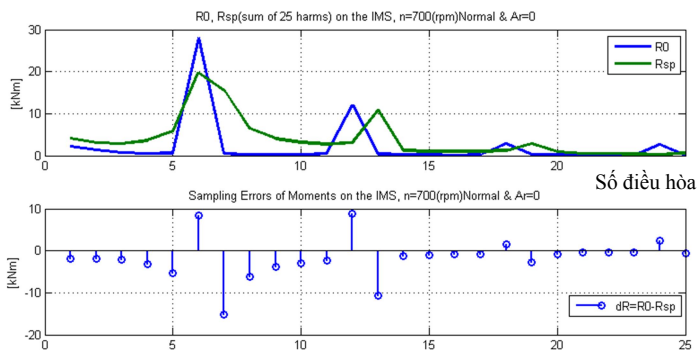
$$F_s = 2^p \cdot n / 120 \quad (3.4)$$

Trong cài đặt $N_s = 2^p = 1024$ mẫu, dải vòng quay thay đổi thì tần số lấy mẫu cùng thay đổi theo công thức (3.4) và được chỉ ra trong bảng 3.1.

Bảng 3. 1 Thiết lập cấu hình trích mẫu cho hệ trục diesel Yanmar 6EY26W tàu KN168					
N_s (mẫu)	1024				
K_{hs}	2.23				
n_E (v/p)	550	600	650	700	750
n_P (v/p)	246.6	269.1	291.5	313.9	336.3
T_s (s) = $120/n_d$	0.487	0.446	0.412	0.382	0.357
F_s (Hz) = $N_s \cdot n_d / 120$	2104.63	2295.96	2487.29	2678.62	2869.96

3.5.2 Mô phỏng số tín hiệu MMX khi có sai số trích mẫu

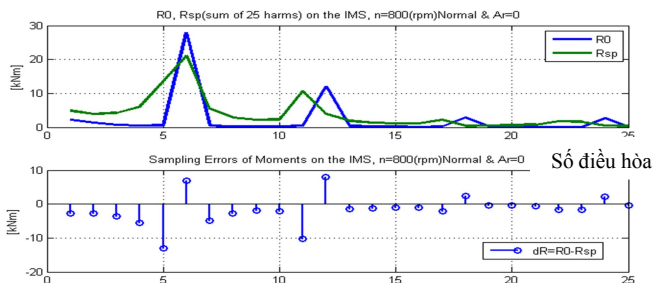
Khảo sát các chế độ vòng quay của động cơ bốn kỳ, Yanmar 6EY26W, tại vòng quay 750 v/ph (*thiết lập chuẩn*). Giả thiết sai số trích mẫu khi động cơ thay đổi ở dải tốc độ ± 10 v/ph, hay [700, 800] v/ph, với bước: 10 v/ph là: 700, 710, 720, 730, 740, 750, 760, 770, 780, 790 và 800 v/ph.



Hình 3.8 Mô-men tổng của động cơ khi làm việc bình thường tại 700v/ph

Kết quả mô phỏng trên hình 3.8: Chế độ đo thực tế khi diesel 6EY26W tàu KN-168 có vận tốc quay 700 v/ph (đường Rsp), trong khi đường thiết lập 750 v/ph (đường R0), độ lệch $50/750 = -6,6\%$. Biên độ các điều hòa thay đổi rất nhiều và rõ nét ngay cả khi động cơ hoạt động bình thường (không có xylanh nào không cháy) và ngay cả khi tín hiệu mô-men không chứa nhiễu.

Tương tự, kết quả trên hình 3.9: Vận tốc quay thực tế của động cơ 800 v/ph (đường Rsp), đường thiết lập 750 v/ph (đường R0), độ lệch $50/750 = +6,6\%$. Biên độ các điều hòa thay đổi rất nhiều và rõ nét ngay khi động cơ hoạt động bình thường (không có xylanh nào không cháy) và tín hiệu mô-men không chứa nhiễu



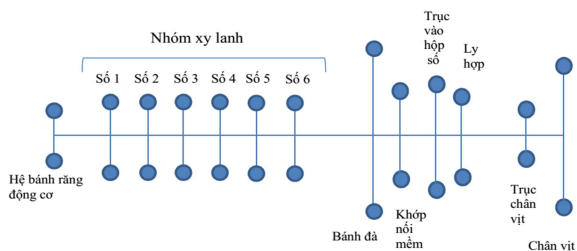
Hình 3.9 Mô-men tổng của động cơ khi làm việc bình thường tại 800v/ph

Khác với trường hợp tín hiệu có chứa nhiễu, trường hợp trích mẫu sai (số lượng mẫu 1024 / đoạn trích mẫu không phủ chính xác đối với 1 chu kỳ công tác của động cơ (tương ứng 2 vòng quay trục khuỷu, 720 độ gqtk), ngay cả khi tín hiệu 25 điều hòa không chứa nhiễu ($A_{rand} = 0$), động cơ cháy bình thường ở tất cả các xy lanh thì độ lệch mô-men tổng xuất hiện rất lớn $\pm (10 \div 15)$ KN.m, khi thay đổi vòng quay thì độ lệch mô-men tổng theo bậc điều hòa thay đổi rất lớn. Điều đó có nghĩa là khi có sai số trích mẫu trong đo tín hiệu MMX thì sẽ ảnh hưởng rất lớn đến kết quả đo MMX và phân tích ĐĐX.

Kết luận: Khi một xy lanh không cháy, biên độ của các điều hòa thứ cấp rất lớn, thậm chí còn lớn hơn cả biên độ của điều hòa chính (so sánh với biên độ điều hòa số 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 và 24); Kết quả chứng minh tính đúng đắn trong lập trình mô phỏng, đúng quy luật khi động cơ có 6 xy lanh làm việc bình thường; Nghiên cứu mô phỏng đặc tính của MMX tổng chỉ ra sai số rất lớn (sai số thô) khi trích mẫu không đúng với đoạn thời gian (số mẫu) vừa đủ cho một chu trình công tác của động cơ diesel.

3.6 Mô hình và thuật toán tự động tính ĐĐX và USX

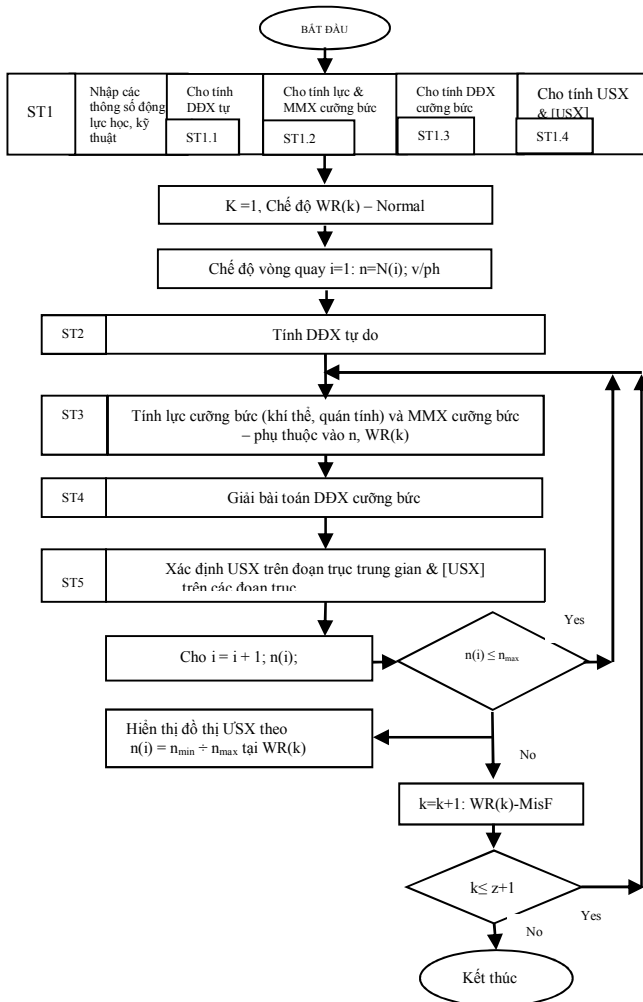
3.6.1 Mô hình hệ trục diesel tàu thủy tàu Kiểm ngư KN-168



Hình 3.11 Mô hình động học hệ trục diesel tàu Kiểm ngư KN168

Hệ trục chính diesel lai chân vịt tàu Kiểm ngư KN-168 được mô hình hóa thành 13 khối lượng tạo thành mô hình động lực thẳng (hình 3.11), trong đó có các MMQTKL tập trung tại cơ cấu truyền chuyển động đầu trục, tại 6 xy lanh, bánh đà, ly hợp, hộp số, trục chân vịt và chân vịt.

3.6.2 Giải thuật tự động tính ĐĐX



Hình 3.12 Sơ đồ thuật toán tự động tính ĐĐX và USX

Bước đầu tiên khai nhập liệu các thông số động lực học hệ động lực cần tính DĐX và USX (ST1) theo sơ đồ thuật toán chung (hình 3.12), triển khai các bước tiếp theo cho lưu đồ ST2, ST3, ST4 và ST5 như sau:

- Tính DĐX tự do (ST2) để tìm tần số riêng (tự do) ω_p và dạng dao động riêng của hệ ứng với mỗi tần số riêng ω_p , qua đó xác định vùng vòng quay cấm khai thác;

- Tính lực và MMX cưỡng bức (ST3), các lực kích thích, lực cản khi dao động và các ngoại lực luôn diễn ra đồng thời với chuyển động quay của hệ trục. Dựa vào công chỉ thị tính lực quán tính do cụm chi tiết chuyển động tịnh tiến, tính MMX do lực khí thể sinh ra và tính mô-men chân vịt (giá trị trung bình và các điều hòa) để biến đổi fourier nhanh MMX;

- Tính DĐX cưỡng bức (ST4) để xác định biên độ DĐX của các khối lượng tại các chế độ khác nhau, qua đó xác định DĐX cưỡng bức xuất hiện trên toàn bộ cơ hệ;

- Và tính USX, USX cho phép (ST5) theo dải vòng quay động cơ và vật liệu đoạn trục trung gian.

3.6.3 Phương pháp tính DĐX tự do

Hệ trục diesel tàu thủy thực hiện DĐX theo hệ phương trình dưới đây:

$$J\ddot{\varphi} + B\dot{\varphi} + C\varphi = M(t) \quad (3.5)$$

Trong đó: $\mathbf{J} = \text{diag}(J_1, J_2, \dots, J_n)$ - Ma trận đường chéo MMQTKL hệ trục;

B - Ma trận hệ số cản xoắn (HSCX);

C - Ma trận hệ số cứng xoắn (HSCX);

$\varphi = [\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_n]^T$ - Véc tơ trạng thái DĐX;

$M = [M_1, M_2, \dots, M_n]^T$ - Véc tơ MMX cưỡng bức.

Giả thiết các hệ số J, B, C đã biết cho cơ hệ.

Việc tính DĐX tự do đối với bài toán tính DĐX tự do cần giải hệ phương trình viết dưới dạng ma trận sau đây:

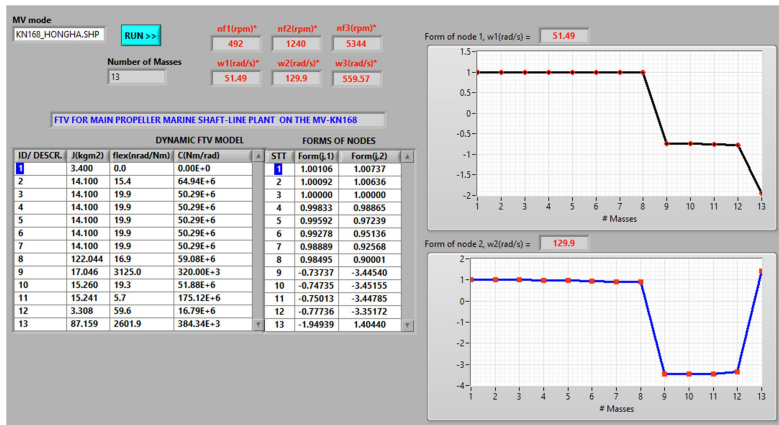
$$J\ddot{\varphi} + B\dot{\varphi} + C\varphi = 0 \quad (3-6)$$

Trong tất cả các bảng tính DĐX tự do đều cho $B = 0$. Thực tế và lý thuyết chứng minh: khi hệ số cản nhỏ, tần số riêng cơ hệ chịu ảnh hưởng không nhiều từ các hệ số cản này. Trong các bài toán tính DĐX tự do, chúng ta cho $B = 0$ và kết quả luôn đảm bảo độ chính xác cần thiết.

Kết quả tính DĐX tự do tàu kiểm ngư KN - 168

Số liệu đầu vào để tính DĐX hệ trục được sử dụng từ bảng báo cáo tính DĐX của Hãng sản xuất động cơ Yanmar, có xét duyệt của đăng kiểm NK (Nhật Bản). So sánh kết quả của Hãng Yanmar đưa ra và kết quả thu được của NCS về tính DĐX tự do là tương đồng và khá trùng nhau (độ lệch giữa các kết quả tính rất nhỏ), xét tại 1 tâm (node 1) tương ứng với vòng quay

động cơ 492 vòng/phút (51.49 rad/s) và 2 tâm (node 2) tương ứng với 1240 vòng/phút (129.9 rad/s) như hình 3.13.



Hình 3.13 Bảng tính và đồ thị về ĐĐX tự do tàu kiểm ngư KN168

3.7 Kết luận chương 3

- Mô phỏng MMX tổng (đầu ra) là tín hiệu mang tính quy luật qua phân tích phổ tần, mang đặc thù của tín hiệu đa điều hòa hình sin với các điều hòa chính - là bội của z xylanh đối với động cơ diesel hai kỳ, còn đối với động cơ diesel 4 kỳ - là bội của $z/2$.
- Nghiên cứu mô phỏng đặc tính của MMX tổng chỉ ra sai số rất lớn (sai số thô) khi trích mẫu không đúng với đoạn thời gian (số mẫu) vừa đủ cho một chu trình công tác của động cơ diesel.
- Sai số trích mẫu là nguyên nhân cơ bản dẫn đến sai số thô, dẫn đến thông tin không chính xác của tín hiệu đo. Biện pháp tốt nhất để tránh sai số thô này là trong hệ thống đo MMX/ĐĐX cần dùng thêm thiết bị đo chính xác vòng quay và thiết lập cấu hình chuẩn cho trích mẫu.
- Kết quả tính ĐĐX tự do được tác giả thực hiện trong lập trình LabView và bảng tính của Hãng Yanmar đưa ra (được chấp thuận của đăng kiểm NK) là gần giống nhau, có ý nghĩa cho thực nghiệm trên tàu thực sau này.

CHƯƠNG 4. CHẾ TẠO THIẾT BỊ VÀ THỰC NGHIỆM ĐO MÔ-MEN XOẮN, PHÂN TÍCH DAO ĐỘNG XOẮN HỆ TRỤC DIESEL LAI CHẤN VỊT TÀU THỦY

4.1 Xây dựng cấu hình của thiết bị đo tín hiệu MMX

4.1.1 Xây dựng cấu hình phân cứng

Cảm biến: gồm 02 kênh, kênh thứ nhất là loại tem dán biến dạng trên bề mặt trục quay, kênh thứ hai là loại quang, đánh dấu pha (vị trí) cũng như

xác định vận tốc quay của trục.

Bộ thu thập dữ liệu: là loại đa kênh của NI (National Instruments – USA) bao gồm Khung (Chasis) cDAQ9191; bộ thu tín hiệu DAQ-9237

- **Khung NI cDAQ-9191** là loại thiết bị không dây, Wi-Fi, có thể dùng để lắp ghép với nhiều bộ đo khác nhau và có chức năng thu phát nhiều loại tín hiệu/cảm biến vào/ra dạng số hoặc tương tự khác nhau.

- **Bộ ghi tín hiệu NI DAQ-9237** là loại 4 kênh, 24 bit, 50kS/s/ch, nhiệt độ hoạt động - 40 đến 70 °C; có bù nhiệt và khả năng tương thích với tem dán loại: Quarter bridge, Half bridge và Full bridge.

CPU: là bộ xử lý trung tâm, có thể là một PC hoặc một Laptop, hoặc một máy tính công nghiệp, có cấu hình đủ mạnh, có tính năng nhận wifi802.11.

4.1.2 Xây dựng cấu hình phần mềm

Xây dựng phần mềm đo, hiển thị nhanh và lưu trữ dữ liệu

Để đảm bảo tín hiệu đo được lưu trữ theo vận tốc quay của trục động cơ, số lượng trích mẫu đủ để xử lý sau này đảm bảo độ chính xác, không để xảy ra sai số trích mẫu, phần mềm có sử dụng thuật toán xác định vận tốc trung bình cho một vòng quay (1/2 chu kỳ đối với động cơ bốn kỳ Yanmar 6YE26W) theo sườn lên và sườn xuống của xung (pha). Mã codes lập trình bậc thấp trên nền LabView VI cho tín hiệu pha (vị trí điểm chết trên của động cơ diesel).

Xây dựng phần mềm đọc dữ liệu từ file, phân tích tín hiệu

NCS đã xây dựng, lập trình khai triển trên LabView, có sử dụng các thiết bị ảo (Virtual Instruments, VIs) trong thư viện của chương trình rung động âm thanh, để xử lý dữ liệu MMX đo được.

VI phân tích tín hiệu pha (trích mẫu): Dữ liệu đo được xử lý theo 01 kênh a_0 – *đo pha*. Xác định thời điểm đầu của mảng dữ liệu cần trích ra để xử lý. Thông thường chọn điểm đầu là điểm bắt đầu lên của tín hiệu xung đầu tiên (sườn 1), và điểm cuối – kết thúc mảng dữ liệu đo – số mẫu trích trong 1 chu kỳ (01 vòng quay hay 02 vòng quay).

Xây dựng các mô đun (VIs) xử lý tín hiệu biến dạng xoắn, MMX, và USX trong miền thời gian và miền tần số.

4.2 Thực nghiệm đo và phân tích ĐĐX

4.2.1 Cơ sở thực nghiệm đo và phân tích MMX/ĐĐX

Sau khi xây dựng hoàn thiện phần cứng và phần mềm, trước khi tiến hành thực nghiệm trên đối tượng tàu kiểm ngư KN168. NCS đã thực nghiệm đo, hiệu chuẩn thiết bị, xử lý tín hiệu MMX và phân tích ĐĐX trên tổ hợp động cơ diesel 4 kỳ, có hoán cải đường trục truyền động máy phát điện 100kW với bộ thử tải dạng muối tại Phòng thí nghiệm Trường Đại học Hàng hải Việt Nam. Chế độ thử nghiệm ở dải vòng quay khác nhau khi động cơ có các xy lanh làm việc bình thường và có một xy lanh mất cháy.

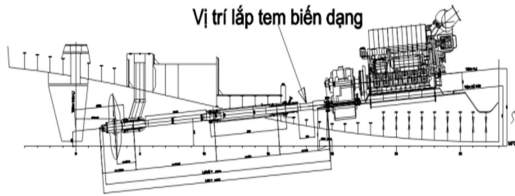
4.2.2 Đối tượng nghiên cứu

Thực nghiệm trên tàu Kiểm Ngư KN-168 (tàu được đóng tại nhà máy đóng tàu Hồng Hà - Bộ Quốc Phòng).

- Máy chính Yanmar 6EY26W lai chân vịt. Động cơ diesel 4 kỳ, 6 xy lanh thẳng hàng, có tăng áp bằng tuabin khí xả, Công suất 1471 kW (2000 PS) tại vòng quay định mức 750 v/ph; Đường kính xy lanh 260 mm; Hành trình piston 385 mm; Áp suất có ích bình quân: 1.92 MPa

- Hộp số, tỷ số truyền 2.23:1.

- Đường kính trục trung gian 250mm, là loại trục đặc bằng thép carbon.



Hình 4.1 Bố trí chung hệ trục diesel tàu kiểm ngư KN168

4.2.3 Đánh giá kết quả đo và phân tích DĐX

NCS sử dụng bảng tính R4B54801 ngày 6/11/2016 của Hãng Yanmar.

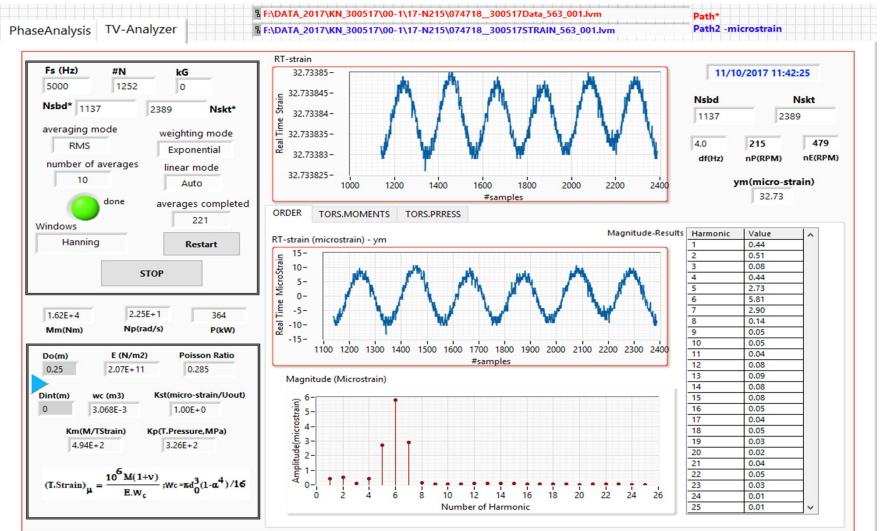
Thực nghiệm đo, xử lý tín hiệu MMX trên hệ trục trung gian tàu KN168 và có kết quả như sau:

- Tại vòng quay động cơ $n_E = 479$ v/ph ($n_p = 215$ v/ph), số mẫu bắt đầu $N_{sbd} = 1137$ (mẫu), số mẫu kết thúc cho một chu kỳ công tác của động cơ diesel là $N_{skt} = 2389$ (mẫu) tương ứng với lượng mẫu cần lấy là 1252 mẫu. Kết quả giá trị biến dạng xoắn, MMX và USX được ghi lại trong miền thời gian thực và trong miền phổ tần qua phép biến đổi FFT cho 25 bậc điều hòa được thể hiện trên các hình 4.2; hình 4.3 và hình 4.4

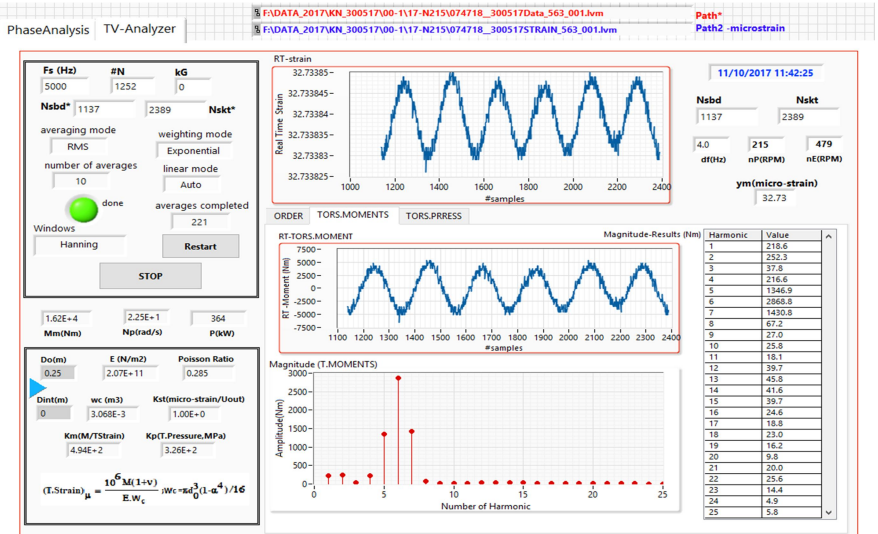
Đối với giá trị MMX phù hợp với quy luật như trên biến dạng xoắn, giá trị MMX cũng đạt cực đại là 2868.8 (Nm) tại bậc điều hòa thứ 6.

Giá trị USX cực đại tại chế độ trên tương đối nhỏ 0,935 MPa.

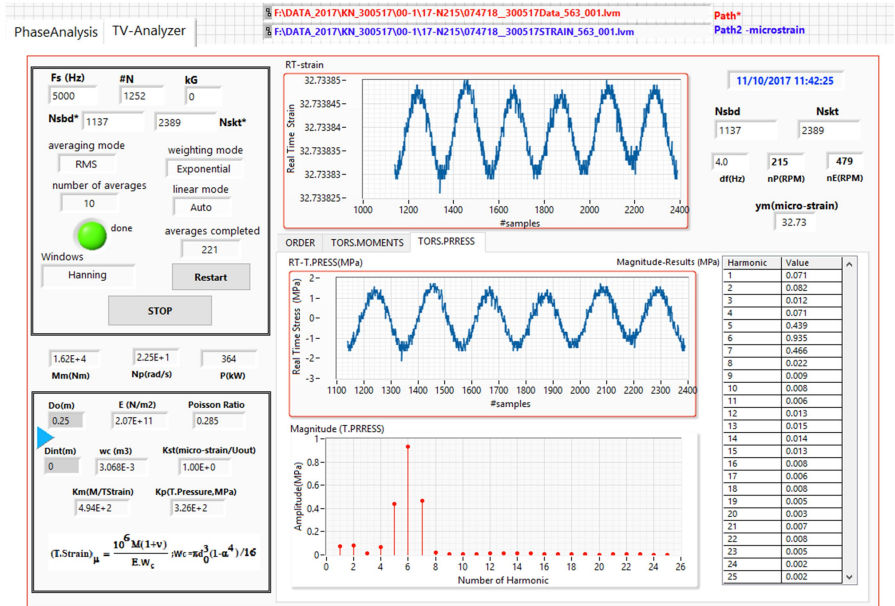
NCS nhận thấy tính phù hợp quy luật biến thiên MMX và USX giữa kết quả đo và các giá trị trong bảng tính đối với chế độ khai thác: giá trị USX cực đại trên trục ra của hộp số lai trục chân vịt là lớn nhất tại vòng quay động cơ 479 (v/ph), tương ứng với vòng quay chân vịt 215 (v/ph) và các giá trị USX lớn nhất 91 kG/cm² nhỏ hơn nhiều so với quy định (38708 kG/cm²), hoàn toàn đúng với kết luận của hãng Yanmar theo quy phạm Đăng kiểm NK là không có dao động cộng hưởng ở bất kỳ node nào trong dải vòng quay khai thác khi chạy thử tàu trên biển, khi không cháy 1 xy lanh hay khi chạy không tải.



Hình 4.2 Biến dạng xoắn tại chế độ $n_E = 479$ v/ph ($n_p = 215$ v/ph)



Hình 4.3 Mô-men xoắn tại chế độ $n_E = 479$ v/ph ($n_p = 215$ v/ph)



Hình 4.4 Ứng suất xoắn tại chế độ $n_E = 479$ v/ph ($n_P = 215$ v/ph)

4.3 Kết luận chương 4

Trên cơ sở kết quả đạt được từ chương 2 và chương 3, trong chương 4 đã chế tạo thiết bị và tiến hành thực nghiệm trên tàu thực để kiểm chứng cho một số kết quả chính đạt được của luận án cụ thể:

- Đã chế tạo thành công thiết bị đo MMX và phần mềm phân tích ĐĐX động cơ diesel lai chân vịt tàu thủy và đã tiến hành hiệu chỉnh trong quá trình thử nghiệm tại phòng thí nghiệm và áp dụng đo, phân tích trên tàu thực KN168.
- Kết quả tính toán mô phỏng ĐĐX và thực nghiệm trên tàu Kiểm ngư KN168 phù hợp với các yêu cầu quy phạm NK - Nhật Bản, phù hợp với kết quả của bảng tính ĐĐX mà nhà máy chế tạo động cơ diesel Yanmar đưa ra. Điều đó góp phần minh chứng cho độ tin cậy của thiết bị đã chế tạo.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Từ các kết quả nghiên cứu lý thuyết, mô phỏng và thực nghiệm, luận án rút ra một số kết luận cũng như kiến nghị sau:

I. Kết luận:

1. Đề tài đã xây dựng và đề xuất nguyên lý đo tín hiệu MMX hệ trục diesel tàu thủy lai chân vịt bằng cảm biến biến dạng trên bề mặt trục trung gian.
2. Xác lập cơ sở toán học cũng như cơ sở công nghệ cho trích mẫu đúng trong một chu kỳ công tác đối với các loại động cơ diesel tàu thủy 2 kỳ và 4 kỳ.
3. Nghiên cứu mô phỏng số tín hiệu MMX đo được có chứa nhiễu trong các trường hợp động cơ diesel cháy bình thường và trường hợp có một xy lanh không cháy đáp ứng quy phạm của các tổ chức đăng kiểm hàng hải trong nước (VR) và quốc tế.
4. Tác giả đã chế tạo, thử nghiệm thành công thiết bị đo và phân tích ĐĐX hệ trục diesel tàu thủy bằng phương pháp tem dán biến dạng bao gồm xây dựng phần mềm trên cơ sở sử dụng LabView và phần cứng chuẩn công nghiệp của hãng NI (Hoa Kỳ).
5. Tác giả tiến hành lắp đặt, hiệu chuẩn thiết bị đo và thực nghiệm đo, xử lý tín hiệu MMX trên trục trung gian tàu kiểm ngư KN168 do Nhà máy đóng tàu Hồng Hà (Bộ Quốc phòng) đóng mới và được thử nghiệm đường dài vào ngày 29 - 30 tháng 5 năm 2017) với các chế độ khai thác cụ thể, để làm rõ hơn ý nghĩa thực tiễn của luận án.
6. Các kết quả mô phỏng, bảng tính và giá trị thực nghiệm đều chỉ ra rằng các biên độ MMX, USX của hệ trục tàu kiểm ngư KN168 là không lớn, đúng với quy luật biến thiên tín hiệu MMX, phù hợp với kết luận của hãng Yanmar công bố theo quy trình quy phạm đăng kiểm NK.

II. Kiến nghị:

Kiến nghị của luận án cũng chính là những vấn đề cần nghiên cứu tiếp theo của đề tài, cụ thể như sau:

1. Khi có điều kiện sẽ tiến hành đo thực nghiệm trên các động cơ diesel 2 kỳ thấp tốc công suất lớn và thực nghiệm chế độ một xy lanh không cháy.
2. Trong thời gian tới sẽ sử dụng một thiết bị đo MMX khác, của một hãng nổi tiếng trên thế giới đã được đăng kiểm công nhận để kiểm chứng độ chính xác của thiết bị đo đã được chế tạo và có hướng phát triển tiếp để đưa thiết bị vào sử dụng thực tế trong ngành công nghiệp đóng tàu Việt Nam.