#### DANH MỤC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ

- 1. Đỗ Đức Lưu, **Lưu Minh Hải** (2015), "Nhận dạng trạng thái mất cân bằng dư của rô to cứng theo phương pháp thống kê đa chiều trong cân bằng động", Tạp chí KHCN Hàng hải, Số 42-04/2015, tr. 19-22.
- Đỗ Đức Lưu, Lưu Minh Hải (2015), "Đảm bảo thiết bị truyền tin cho cân bằng động rô to cứng đặt trên máy cân bằng động", Tạp chí GTVT, Số T9/2015, tr. 63-66.
- 3. Đỗ Đức Lưu, Lưu Minh Hải và các tg (2016), "Nghiên cứu, xây dựng mô phỏng dao động trên gối động máy cân bằng động đặt nằm ngang", Kỷ yếu Hội nghị quốc tế về KHCN Hàng hải 2016, ISBN: 978-604-937-127-1, tr. 136-143.
- 4. Đỗ Đức Lưu, Lưu Minh Hải và các tg (2017), "Mô phỏng dao động máy rô to tàu thủy", Tạp chí KHCN Hàng Hải, Số 49-01/2017, tr. 8-13.
- 5. Lưu Minh Hải, Đỗ Đức Lưu (2019), "Mô phỏng cân bằng động cho rô to bằng phần mềm mô phỏng cân bằng động rô to đặt trên máy cân bằng động", Tạp chí Khoa học kỹ thuật Thuỷ lợi và Môi trường, Số 10/2019, tr. 197-203.
- 6. Lưu Minh Hải, Đỗ Đức Lưu (2020), "Mô hình hồi quy chẩn đoán mất cân bằng rô to qua sử dụng phần mềm mô phỏng cân bằng động rô to cứng đặt trên máy cân bằng động", Tạp chí GTVT, Số T8/2020, tr. 106-108.
- Đỗ Đức Lưu, Lưu Minh Hải (2020), "Simulation of vibro-monitoring on naval ship gas turbine engine", Proceedings of the 2019 International Conference on Physics and Mechanics of New Materials and Their Applications, Nova Science Publishers, New York 10/2020, ISBN: 978-1-53618-255, Chapter 28, pp. 271-280.
- 8. Đỗ Đức Lưu, Lưu Minh Hải (Corresponding Author) (2021), "Multivariable regressive models for diagnostics of the unbalances on rapid rotor in shop dynamic balance", Proceedings of the The Second International Conference on Material, Machines, and Methods for Sustainable Development, Proceedings of the 2nd Annual International Conference on Material, Machines and Methods for Sustainable Development (MMMS2020), Lecture Notes in Mechanical Engineering, Springer, Cham Publishers, https://doi.org/10.1007/978-3-030-69610-8\_37, Online ISBN: 978-3-030-69610-8, pp 267-272.
- 9. Lưu Minh Hải. Thành viên tham gia đề tài KHCN Độc lập cấp Quốc gia (2015-2019), "Nghiên cứu, xây dựng mô phỏng Hệ động lực chính và trạm phát điện cho tàu biển chở hàng tổng hợp", do Trường ĐHHHVN Chủ trì, GS. L. C. Nhớ làm Chủ nhiệm đề tài. MS. ĐTĐLCN 14-15. Nội dung số 20. "Nghiên cứu xây dựng phần mềm mô phỏng dao động và cân bằng máy rô to (máy phát điện. tua-bin khí xå...)". Nghiệm thu cấp Quốc gia tháng 3/2019.

# BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO TRƯỜNG ĐẠI HỌC NHA TRANG

### LƯU MINH HẢI

# NGHIÊN CỨU GIÁM SÁT DAO ĐỘNG TRÊN ĐỘNG CƠ TUA BIN KHÍ TÀU THỦY

## TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ KỸ THUẬT

Khánh Hòa – 2021

Công trình được hoàn thành tại: Trường Đại học Nha Trang

#### Người hướng dẫn khoa học:

Hướng dẫn 1: PGS. TSKH Đỗ Đức Lưu Hướng dẫn 2: TS. Phùng Minh Lộc

- Phản biện 1: GS. TS. Chu Văn Đạt
- Phản biện 2: GS. TS. Lê Anh Tuấn
- Phản biện 3: PGS. TS. Lê Hữu Sơn

Luận án được bảo vệ tại Hội đồng đánh giá luận án Tiến sĩ cấp trường tại Trường Đại học Nha Trang vào lúc ..... giờ ...... ngày ..... tháng ... ...năm ......

Có thể tìm hiểu Luận án tại: Thư viện Quốc gia Thư viện Trường ĐH Nha Trang

### TÓM TẮT NHỮNG ĐÓNG GÓP MỚI CỦA LUẬN ÁN

Đề tài luận án: "Nghiên cứu giám sát dao động trên động cơ tua bin khí tàu thủy".

Chuyên ngành: Kỹ thuật cơ khí động lực.

Mã số: 9520116.

Họ và tên nghiên cứu sinh: Họ và tên người hướng dẫn: Lưu Minh Hải. Khoá: 2014. 1. PGS.TSKH Đỗ Đức Lưu 2. TS. Phùng Minh Lộc

Cơ sở đào tạo: Trường Đại học Nha Trang.

Nội dung:

 Đã tổng hợp được cơ sở lý thuyết cho mô phỏng dao động và giám sát dao động mất cân bằng rô to, áp dụng trực tiếp cho giám sát mất cân bằng động cơ tua bin khí tàu (đối tượng đặc thù được triển khai lần đầu tại Việt Nam).

2. Các mô hình hồi quy thu được từ xử lý kết quả mô phỏng mất cân bằng rô to đặt trên máy cân bằng động cho phép hoàn thiện mô hình toán và phần mềm cân bằng động đã được xây dựng.

3. Hệ thống thiết bị giám sát đa kênh (phần cứng, phần mềm) được đưa ra, sử dụng phù hợp trong giám sát dao động ngang động cơ TBK được xây dựng lần đầu tại Việt Nam trên cơ sở công nghệ điện tử, truyền tin hiện đại, lập trình trên nền tảng LabView.

Người hướng dẫn

Nghiên cứu sinh

PGS. TSKH Đỗ Đức Lưu; TS Phùng Minh Lộc

Lưu Minh Hải

bằng động B20 (của IRD Hoa kỳ) theo tiêu chuẩn mất cân bằng dư ISO 1940/1. Kết quả kiểm thử mô phỏng cân bằng động trên máy cân bằng động có độ tin cậy đạt 99% theo tiêu chuẩn Schi.

Hoàn thiện cân bằng động rô to trên máy cân bằng động qua nghiên cứu, xây dựng mô hình hồi quy cho hiệu chỉnh chỉ báo mức độ mất cân bằng do thiết bị (phần mềm) đưa ra. Kết quả đó cũng có thể dùng để phát triển phần mềm CBĐ rô to trên MCBĐ thực tế nếu được xây dựng sau này.

Kết quả mô phỏng GSDĐ trên ĐCTBK đã kiểm chứng lý thuyết cho xây dựng phần mềm GSDĐ trên ĐCTBK. Kết quả từ thí nghiệm số GSDĐ tại chương 3 đã chứng minh: Đề xuất toán học và thuật toán tốt (có độ tin cậy cao), và mô đun mềm trong LabView, MatLab, đặc biệt là công cụ FFT và 1/3-Octave được tích hợp trong xây dựng phần mềm giám sát trong chương 4. Ngoài ra, kết quả mô phỏng đạt được cho quá trình GSDĐ từ số liệu đo thực tế trên ĐCTBK giúp cho việc kiểm thử tính khả thi, tính sẵn sàng để triển khai một thiết bị đo, GSDĐ hiện đại.

Công trình đã mô hình hóa, lập trình một số thiết bị ảo cho GSDĐ trên ĐCTBK tàu thuỷ như: xử lý THDĐ cho GSDĐ; tính các mức dao động cho phép (mức A, B) cho DĐN; ra quyết định GSDĐ.

Thử nghiệm trên ĐCTBK cùng tàu thực và kết quả thu được về GSDĐ trên đối tượng nghiên cứu đã chứng minh tính đúng đắn của phương pháp nghiên cứu, tính khả thi của thiết bị được nghiên cứu giải mã công nghệ. Thực nghiệm trên động cơ DR76 (mới thay, lắp đặt và cân chỉnh động cơ Tua bin khí) tàu 375 tại Cam Ranh, Khánh Hoà đã đưa ra nhận định rằng: mức gia tốc được theo dõi đều dưới ngưỡng cho phép mức A.

#### Khuyến Nghị

Hướng tiếp cận mới nên phát triển tiếp về dự báo và chẩn đoán bằng dao động cho ĐCTBK trong khai thác các cơ hệ sử dụng ĐCTBK lai chân vịt.

#### MỞ ĐẦU

#### 1. Tính cấp thiết của luận án

Động cơ tua bin khí (ĐCTBK) được dùng nhiều trên tàu thuỷ cao tốc đặc chủng với yêu cầu công suất lớn. Tuy nhiên, với tốc độ làm việc rất lớn (thường trên 10.000 vòng/phút), ĐCTBK rất nhạy cảm với dao động ngang (DĐN) do mất cân bằng (MCB). Theo tài liệu hướng dẫn khai thác ĐCTBK có yêu cầu hạn chế dao động của động cơ, nhưng trên các tàu thuỷ Việt Nam cơ bản chưa có thiết bị đo, đánh giá mức độ dao động cho động cơ tua bin khí tàu thủy.

Các thiết bị giám sát dao động (GSDĐ) nhập khẩu rất đắt và không phù hợp để nghiên cứu làm chủ công nghệ. GSDĐ trên ĐCTBK tàu thuỷ là vấn đề khá mới ở nước ta.

Từ những lý do trên, luận án với tiêu đề "Nghiên cứu giám sát dao động trên động cơ tua bin khí tàu thuỷ" có tính quan trọng, nhằm làm chủ công nghệ, hướng tới thiết kế hệ thống, xây dựng phần mềm để có thể giám sát, chẩn đoán, và làm chủ trang thiết bị đặc biệt là các thiết bị quân sự.

#### 2. Mục tiêu nghiên cứu

 Mô hình hóa (MHH) các dạng dao động ngang (DĐN), dao động dọc (DĐD) và dao động xoắn (DĐX) trên ĐCTBK;

 Tổng hợp cơ sở lý thuyết cho giám sát LVs, tập trung vào nguyên nhân MCB gồm: cơ sở toán học và thuật giải cho GSDĐ; mô hình hoá (MHH), mô phỏng (MP) các tín hiệu, mức giới hạn, biến đổi tín hiệu và ra quyết định GSDĐ (QĐ-GSDĐ).

- Thiết kế nguyên lý thiết bị GSRĐ; Thiết kế chi tiết cấu hình phù hợp theo nguyên lý đã đề xuất; Viết một số mô đun để đo, GSDĐ quan trọng (dùng LabView, MatLab).

- Kiểm tra, khẳng định tính đúng đắn của lý thuyết đã nghiên cứu bằng thực nghiệm trên tàu thực.

3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

3.1. Đối tượng nghiên cứu

- Đối tượng: thiết bị đo, giám sát dao động trên ĐCTBK tàu thuỷ.

Các dạng dao động trên ĐCTBK tàu thuỷ: DĐX (trên các trục quay),
 DĐD (phương dọc trục), DĐN (phương thẳng, vuông góc với đường trục)
 của ĐCTBK tàu thuỷ.

#### 3.2. Phạm vi nghiên cứu

- Cơ sở lý thuyết: nghiên cứu MHH cả ba dạng dao động: xoắn, dọc và ngang; cân bằng động các rô to và giám sát DĐN trên ĐCTBK.

- Kiểm chứng: thí nghiệm số và thực nghiệm DĐN; không thí nghiệm về DĐX.

#### 4. Nội dung của nghiên cứu

- Tổng quan về GSDĐ trên đối tượng. Đặt vấn đề nghiên cứu.

- Cơ sở lý thuyết cho GSDĐ trên đối tượng.

- Thí nghiệm số DĐN trên ĐCTBK lai chân vịt tàu Hải quân.

- Mô phỏng số GSDĐ (dạng DĐN) trên ĐCTBK.

- Thực nghiệm trên tàu Hải quân.

#### 5. Phương pháp nghiên cứu

Luận án sử dụng phương pháp nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm.

#### 6. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của luận án

#### 6.1. Ý nghĩa khoa học và công nghệ

 Tổng hợp được cơ sở KH và CN để đo và GSDĐ trên ĐCTBK tàu thuỷ: lựa chọn Quy phạm phù hợp và phần cứng cần thiết cho GSDĐ trên MGTE; xây dựng một số phần mềm cho GSDĐ trên MGTE.

- Đưa ra mô hình toán, phương pháp mô phỏng số tích hợp với thực nghiệm lý thuyết để hiệu chỉnh, hoàn thiện mô hình (cho cân bằng động).

#### 6.2. Ý nghĩa thực tiễn

- Nghiên cứu ứng dụng vào đối tượng dùng trên tàu quân sự.

- MP cân bằng động có thể phục vụ đào tạo, huấn luyện.

#### 7. Cấu trúc của luận án

Luận án được trình bày trong 4 chương, phần mở đầu, kết luận, các công trình nghiên cứu đã công bố của tác giả, tài liệu tham khảo và phụ lục.

#### 4.3. Phân tích kết quả

- Thiết bị đo được kiểm tra, hiệu chỉnh và có chứng chỉ xác nhận chất lượng từ hai cơ quan chức năng của Việt Nam.

 ĐCTBK với vận tốc quay đã nhập từ bàn phím, phần mềm xác định được số lần lặp khi trích mẫu theo vận tốc quay và tần số trích mẫu đã đặt cấu hình. Ví dụ trên cho ta số chu kỳ được trích mẫu là 28 (chu kỳ) – tại giao diện tính FFT.

Kết quả GSDĐ chỉ ra rằng: tại vòng quay thử nghiệm (13500 rpm),
 ĐCTBK DR76 trái đều có mức DĐN nằm trong vùng máy mới bảo dưỡng,
 sửa chữa (dưới ngưỡng cho phép A).

#### 4.4. Kết luận chương 4

Chương 4 đã lựa chọn, lấp đặt hệ thống GSRĐ đa kênh dùng đo ĐCTBK. Hệ thống có thể đồng thời giám sát các dạng DĐN, DĐD (gia tốc) tại các bệ đỡ động cơ, được đồng bộ bởi một kênh đo pha. Kết quả thu được từ thử nghiệm minh chứng rằng: thiết bị GSDĐ hoạt động tốt, có các tính năng thỏa mãn các quy định về tiêu chuẩn dao động đối với ĐCTBK. Các kết quả đo, phân tích, giám sát dao động trên các động cơ tua bin khí DR76 trên các tàu thuỷ Việt Nam phản ánh đúng quy luật và tình trạng thực thế của động cơ thông qua mức độ rung động đo được. Giữa các động cơ cũ và mới có sự khác biệt rõ nét tuy rằng ĐCTBK sau đại tu (ở nước ngoài) có mức dao động nằm trong vùng tương ứng (dưới mức A) theo các tiêu chuẩn đã xét.

#### KẾT LUẬN VÀ KHUYẾN NGHỊ

#### Kết Luận

Luận án đã thực hiện thành công mục tiêu đặt ra của đề tài:

Xây dựng được các mô hình cho ba dạng dao động của máy. Đề tài đặt ra nhiệm vụ giám sát dạng dao động quan trọng và nguy hiểm nhất thường xảy ra trong khai thác kỹ thuật động cơ tua bin khí từ ba dạng trên, đó là giám sát dao động ngang của máy.

Mô phỏng giám sát MCB của các chi tiết rô to khi bảo dưỡng sửa chữa chúng. Thực hiện mô phỏng cân bằng động các rô to của DR76 trên máy cân



THDĐ được lưu lại trong thử nghiệm dưới dạng \*.tdms, nên cấu hình VI đọc cũng cần tương ứng (trong LabView). Các dao động gia tốc (từ 6 cảm biến) có các tham số quan trọng khác nhau.

Một số kết quả giám sát ngoại tuyến thể hiện trên hình 4.9.

#### 1.1. Tổng quan về giám sát dao động

1.1.1. Thuật ngữ và khái niệm cơ bản

#### 1.1.2. Các công trình nghiên cứu có liên quan đề tài luận án

Trên thế giới: Các hãng chuyên về giám sát dao động như Benlty Nevada, Extech, Fluke... và nhiều nhà khoa học với các hướng nghiên cứu về dao động, cân bằng động, giám sát dao động và chẩn đoán kỹ thuật bằng dao động như Adams M.L., Barcov A. B., Charchalis A., Grzadziela A., McBrien G. M., Shinkawa, Sinha (2002), Zargar O. A.,... Các công trình KHCN quốc tế nêu trên đã đưa ra lý thuyết GSDĐ ngang trên ĐCTBK: ngưỡng giới hạn cho một loại ĐCTBK cụ thể trên tàu (mức dao động chuyển vị); sơ đồ bố trí thiết bị GSDĐ; phương pháp phần tử hữu hạn. Tuy nhiên, ở đó không nêu được đầy đủ các thông tin về: hệ thống giám sát, thông số mô hình của đối tượng được giám sát, phương pháp xử lý tín hiệu đo được, thuật toán giám sát... Đó chính là những vấn đề kỹ thuật cốt lõi khi nghiên cứu GSDĐ của ĐCTBK tàu thuỷ.

Trong nước: GSDĐ mới chỉ được quan tâm ít năm gần đây. Có thể kể đến một số nhà khoa học có các công trình liên quan như Đỗ Đức Lưu (2012-2017) với các nghiên cứu về giám sát rung động, cân bằng động rô to; Nguyễn Hải Hà (2004) với đề tài về qui trình kiểm soát, đánh giá trạng thái kỹ thuật của máy móc, thiết bị bằng phương pháp phân tích dao động; Nguyễn Hải (2002) và Nguyễn Văn Khang (2005) với các tài liệu về phân tích dao động máy và dao động kỹ thuật; LATS của Cao Hùng Phi (2012) đã xây dựng hệ thống, thiết bị đo ồn – rung; LATS của Trần Văn Lượng (2000) đo đạc, đánh giá trạng thái rung của các thiết bị quay được sử dụng trong các nhà máy điện tại Việt Nam; LATS của Lại Huy Thiện (2020) giám sát rung động của động cơ diesel tàu biển... Các nghiên cứu trong nước trên đã đưa ra cơ sở lý thuyết để chẩn đoán dao động cho máy và thiết bị rô to. Việc nghiên cứu mới dừng lại ở một số thiết bị, cụm thiết bị nhỏ, kết cấu đơn giản, làm việc trong một số điều kiện cụ thể và tương đối ổn định. Trong luận án của TS. Lại Huy Thiện

(5-2020, ĐHHHVN), đối tượng nghiên cứu là động cơ diesel tàu biển, khác so với đối tượng nghiên cứu của luận án này là động cơ tua bin khí tàu thuỷ.

Nhận xét chung: Hiện nay ở nước ngoài cũng như trong nước chưa có tài liệu cụ thể, chi tiết về hệ thống đo và GSDĐ cho ĐCTBK. Do đó, cần thiết phải nghiên cứu làm rõ các vấn đề liên quan tới đặc điểm động lực học của ĐCTBK, cơ sở đo và biến đổi tín hiệu đo, hàm hoá các tiêu chuẩn được áp dụng cho GSDĐ và thuật toán, phương pháp tiến hành thí nghiệm, mô phỏng để xây dựng thiết bị đo, GSDĐ cho ĐCTBK theo Quy phạm (phù hợp nhất là RMR, 2016). Việc nghiên cứu GSDĐ trên ĐCTBK là cần thiết theo Quy phạm, đồng thời tăng cường khả năng sẵn sàng chiến đấu, bảo vệ chủ quyền biển, đảo của các tàu Hải quân trang bị ĐCTBK.

1.2. Giám sát dao động trên động cơ tua bin khí tàu thuỷ

Nguyên nhân chính gây ra dao động của ĐCTBK đó là mất cân bằng các rô to. Tiêu chuẩn cho GSDĐ của ĐCTBK được RMR (2016) đưa ra đầy đủ nhất về số lượng, vị trí các điểm đo, tính chất chính của dao động về dải tần số đo cũng như các giới hạn cho phép. Trên các tàu thuỷ Việt Nam hiện nay, các ĐCTBK lai chân vịt phần lớn chưa được trang bị hệ thống giám sát dao động. Các nghiên cứu về dao động của ĐCTBK và xây dựng hệ thống GSDĐ cho ĐCTBK vẫn còn là vấn đề mới.

#### 1.3. Xây dựng bài toán cho nghiên cứu

Các bài toán đặt ra cho luận án cần giải quyết bao gồm:

- Xây dựng mô hình các dạng dao động của ĐCTBK; mô hình các rô to của ĐCTBK đặt trên máy CBĐ;

- Phân tích đặc điểm của ĐCTBK và các tiêu chuẩn, quy phạm... giám sát cho đối tượng;

- Tạo (thí nghiệm số), phân tích, xử lý THDĐ của ĐCTBK;

- Đề xuất mô hình cho các đại lượng và đặc tính của các THDĐ theo tiêu chuẩn được áp dụng;

- Xây dựng thuật toán giám sát và phần mềm giám sát;

- Thử nghiệm kiểm chứng.





Dữ liệu tại các lần đo được tác giả lưu trữ vào ổ cứng của PC với dạng dữ liệu \*.tdms. Chế độ đo được theo dõi và lưu dữ liệu tự động để đáp ứng với các yêu cầu nghiêm ngặt khi thử tàu đường dài. Một trong các kết quả đo và hiển thị nhanh các kênh đo được chỉ ra trên hình 4.5.

#### CHƯƠNG 4. NGHIÊN CỨU THỬ NGHIỆM GIÁM SÁT DAO ĐỘNG TRÊN ĐỘNG CƠ TUA BIN KHÍ TÀU THUỶ

#### 4.1. Hệ thống đo, giám sát dao động trên ĐCTBK

#### 4.1.1. Yêu cầu kỹ thuật

Thực nghiệm chỉ có thể tiến hành trong các điều kiện, chế độ máy cho phép hoạt động an toàn và tin cậy.

### 4.1.2. Kế hoạch thử nghiệm

Kế hoạch thử nghiệm trên tàu thực được xây dựng để thực nghiệm được tiến hành được thành công.

# 4.1.3. Sơ đồ khối hệ thống đa kênh đo, GSDĐ cho ĐCTBK4.1.4. Các chi tiết chính trong hệ thống GSDĐ trên MGTE

Trong luận án, NCS sử dụng sensor gia tốc loại IMI Series 640 (Mỹ). Bộ thu thập dữ liệu sử dụng 02 DAQ-NI 9234 gắp trong khung cDAQ 9184 có tốc độ lấy mẫu (Sample Rate) là 51,2 kS/s/channel (kênh) đáp ứng được yêu cầu kỹ thuật đặt ra cho thiết bị GSDĐ của ĐCTBK. Máy tính, bộ xử lý trung tâm (CPU) -máy tính xách tay, cấu hình đủ mạnh cho thực hiện các chức năng đặt ra. Phần mềm Labview - NI và các VI đo, xử lý kết quả và ra quyết định.



Hình 4.4. Sơ đồ bố trí hệ thống đo và GSDĐ trên ĐCTBK DR76

#### 1.4. Kết luận chương 1

Chương 1 làm rõ sự cần thiết GSDĐ trên ĐCTBK tại Việt Nam; Đề xuất nghiên cứu mất cân bằng rô to, đây là nguồn kích thích chính tạo ra dao động trên ĐCTBK.

Đề xuất nghiên cứu hai bài toán cơ bản: (a) cân bằng động rô to trong bảo dưỡng, sửa chữa; (b) giám sát mức độ dao động thẳng của máy TBK khi hoạt động. Đề xuất giám sát dao động rô to khi cân bằng động trên máy cân bằng động được thực hiện qua mô hình hóa và mô phỏng số. Đề xuất thực hiện bài toán mô phỏng giám sát dao động trên ĐCTBK bằng mô hình hóa, mô phỏng và thực nghiệm.

Trên cơ sở đó, đề tài sẽ xây dựng phần mềm được viết trên nền tảng LabView (thuận tiện để tích hợp với thiết bị đo) cho giám sát khi máy hoạt động thực tế trên tàu.

#### CHƯỜNG 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT CHO GIÁM SÁT DAO ĐỘNG TRÊN ĐỘNG CƠ TUA BIN KHÍ TÀU THUỶ

#### 2.1. Mô hình động lực học dao động của ĐCTBK

#### 2.1.1. Mô hình động học của động cơ tua bin khí tàu thuỷ

Mô hình động học của động cơ tua bin khí tàu thuỷ được giới thiệu trên Hình 2.1.



Hình 2.1. Mô hình động học động cơ tua bin khí tàu thuỷ

#### 2.1.2. Dạng dao động cơ bản của ĐCTBK

ĐCTBK có các dạng dao động chính: Dao động ngang (DĐN); Dao động dọc (DĐD); Dao động xoắn (DĐX).

#### 2.2. Mô hình dao động của động cơ tua bin khí tàu thuỷ

2.2.1. Mô hình dao động ngang



Hình 2.4. Mô hình DĐN của các gối đỡ trong cơ hệ máy nén – tua bin

Mô hình chung nhất viết dưới dạng ma trận cho hệ:

 $M\ddot{X} + CX + D\dot{X} = F(t) \tag{2.11}$ 

Trong đó các ký hiệu M, C, D là ma trận khối lượng; hệ số cứng và hệ số cản; F(t) là véc tơ lực cưỡng bức.

 $M = \begin{bmatrix} m_{1A} & 0 \\ 0 & m_{2A} \end{bmatrix}; C = \begin{bmatrix} C_1 & -C_1 \\ -C_1 & C_2 + C_1 \end{bmatrix}; D = \begin{bmatrix} k_1 & -k_1 \\ -k_1 & k_1 + k_2 \end{bmatrix}; F(t) = \begin{bmatrix} F_{1A}(t) \\ 0 \end{bmatrix}$ 2.2.2. Mô hình DĐD của ĐCTBK



TS TB  $[V_{gha}(f)]$ TS TB  $[V_{gha}(f)]$ STT STT A – Level B – Level 1/3-octave A – Level B – Level 1/3-octave f-m(Hz)  $m/s^2$  $m/s^2$ f-m(Hz)  $m/s^2$  $m/s^2$ 7 6.3 0,1979 0,4354 19 100 5,0265 10,3673 8 8 0.3368 0.6535 20 125 6,2832 12,9591 0,5027 9 10 1,0367 21 160 8.0425 16,5876 1,2959 10,0531 20,7345 10 12.5 0,6283 22 200 12,5664 11 16 0.8042 1,6588 23 250 25,9181 16.0850 12 20 1.0053 2.0735 24 320 33.1752

#### 3.4.2. Mô phỏng ra quyết định GSDĐ cho ĐCTBK tại từng tần số

Giám sát TTDĐ của ĐCTBK theo hai mức A và B theo từng tần số. Kết quả được hiển thị bằng đèn báo (LED) đối với hai mức A và B. Đèn màu XANH - dưới ngưỡng cho phép, màu Đổ - trên ngưỡng cho phép.

#### 3.4.3. Mô phỏng GSDĐ cho ĐCTBK trên tàu thực

Sử dụng kết quả đo dao động trên ĐCTBK để đưa vào phần mềm giám sát dao động cho ĐCTBK.

#### 3.5. Kết luận chương 3

NCS đã triển khai mô phỏng số nghiên cứu các tính chất quan trọng của dao động đa điều hòa, có nhiễu...; Mô phỏng giám sát MCB rô to của ĐCTBK trên cơ sở sử dụng phần mềm mô phỏng CBĐ cho rô to đặt trên máy CBĐ; Lập trình code trong LabView cho xây dựng mô đun các đường cong ngưỡng cho phép đối với DĐN được giám sát trên ĐCTBK theo các tiêu chuẩn đưa ra từ Quy phạm RMR, 2016; Mô phỏng số đưa ra kết quả giám sát DĐN theo các ngưỡng cho phép và mô tả trực quan kết quả GSDĐ. Kiểm thủ với đầu vào là tín hiệu đo thực tế trên ĐCTBK tàu thực; Phần mềm mô phỏng sẽ được phát triển và tích hợp cho thiết bị GSDD trên ĐCTBK, sẽ được nghiên cứu tại chương 4.

Hình 2.6. Sơ đồ động lực học DĐD cơ hệ MN –TB – Ô chặn.

Kết quả tính các hệ số của mô hình thu được như hình 3.15.

Em 0.1	001 0	.000 0	36.0	0.000	0.000 361.0	0.000	n1 8 99% (	7 Confiden	n2 (e	F -Statistic Flt 6.	c Criteria 84		
RES	81.4 11	932.4	Inf	Inf	Inf	Inf	H -20.86 -20.33	2.49 0.03	0.07	-0.04	0.04	-0.01	0.00
7 794	0.401	A	0.026	-0.049	0.011	-0.009	-20.00	-0.00	-0.00	0.67	-0.00	0.00	-0.00
5 072	0.002	0.005	0.006	0.045	0.002	0.004	-20.00	0.00	0.00	-0.00	0.33	-0.00	0.00
3.972	-0.003	0.000	1.500	0.011	-0.003	0.004	-20.01	0.00	0.00	-0.00	0.00	0.21	0.00
30.000	0.000	0.000	1.500	0.000	0.000	0.000	-20.00	0.00	-0.00	-0.00	0.00	-0.00	0.12
60.000	0.000	0.000	0.000	3.000	0.000	0.000			Assessment	- Announcement	(Annual Vincense	(Augustan)	(Protection)
95.050	-0.000	0.000	0.000	0.000	4.750	0.000							
160.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	8.000							

Hình 3.15. Kết quả tính hệ số và kiểm tra độ tin cậy của các mô hình hồi quy

3.4. Mô phỏng giám dao động trên ĐCTBK

3.4.1. Mô phỏng dao động cho phép trên ĐCTBK

Dựa vào các thông số trong bảng 3.8, xây dựng VI tính và vẽ đường cong giới hạn DĐN theo ngưỡng A và B cho ĐCTBK theo gia tốc dao động. Mô đun này được tích hợp chung trong phần mềm mô phỏng GSDĐ cho ĐCTBK.

Bảng 3.8. Mức cho phép đối với dao động trên ĐCTBK theo dạng gia tốc [m/s2]

	TS TB	[Vgł	na(f)]		тѕ тв	[Vgha(f)]		
STT	1/3-octave f-m(Hz)	A – Level m/s <sup>2</sup>	Level B – Level /s <sup>2</sup> m/s <sup>2</sup>		1/3-octave f-m(Hz)	A – Level m/s <sup>2</sup>	B – Level m/s <sup>2</sup>	
1	1,6	0,0161	0,0292	13	25	1,2566	2,5918	
2	2	0,0226	0,0440	14	31,5	1,5834	3,2657	
3	2,5	0,0346	0,0675	15	40	2,0106	4,1469	
4	3,2	0,0543	0,1066	16	50	2,5133	5,1836	
5	4	0,0804	0,1759	17	63	3,1667	6,5314	
6	5	0,1257	0,2827	18	80	4,0212	8,2938	

Ở đây: m<sub>1</sub>, m<sub>2</sub>, m<sub>3</sub> là khối lượng qui đổi của máy nén, tua bin và ổ chặn;  $C_z^{(1)}$  là Độ cứng kéo - nén cho đoạn trục giữa MN–TB.

Mô hình toán 3 bậc tự do có dạng (2.18).

$$\begin{cases} m_1 \ddot{x}_{1A} + C_1(x_1 - x_2) + k_1(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) &= F_1(t) \\ m_2 \ddot{x}_2 - C_1(x_1 - x_2) - k_1(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) + C_2(x_2 - x_3) + k_2(\dot{x}_2 - \dot{x}_3) &= F_2(t) \\ m_3 \ddot{x}_3 - C_2(x_2 - x_3) - k_2(\dot{x}_2 - \dot{x}_3) + C_3 x_3 + k_3 \dot{x}_3 &= 0 \end{cases}$$
(2.18)

Nếu coi đoạn trục rô to tuyệt đối cứng theo phương dọc C rất lớn, khi đó cơ hệ thực hiện dao động với một bậc tự do.

$$m_{GT}\ddot{x}_e + C_e x_e + k_e \dot{x}_e = F_e(t)$$
(2.19)

2.2.3. Mô hình DĐX trên hệ trục ĐCTBK



Hình 2.7. Mô hình DĐX của cơ hệ MN –TB và TBCV-CV Mô hình dao động xoắn 2 bậc tự do được viết như (2.20):

$$\begin{bmatrix} J_1 \ddot{\varphi}_1 + C(\varphi_1 - \varphi_2) + K(\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) = M_1(t) \\ J_2 \ddot{\varphi}_2 - C(\varphi_1 - \varphi_2) - K(\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) = M_2(t) \end{bmatrix}$$
(2.20)

Ở đây:  $J_1$  và  $J_2$  là mô men quán tính khối lượng; C, K là độ cứng xoắn quy đổi và hệ số cản xoắn tương đối của đoạn trục;  $M_1(t)$ ,  $M_2(t)$  là mô men cưỡng bức.

#### 2.2.4. Mô hình dao động bệ máy của ĐCTBK

Trong hình 2.8 chỉ ra sơ đồ nguyên lý dao động tổng hợp truyền cho bệ đỡ chung của ĐCTBK, gồm: các cụm rô to (MNTA – TBTA, MNCA – TBCA, TBCV) quay với các tốc độ khác nhau lần lượt là  $\omega 1$ ,  $\omega 2$ ,  $\omega 3$ . Các lực tác dụng lên các gối đỡ của từng rô to (cụm rô to) được xác định theo các mô hình toán nêu trên.

7



Hình 2.8. Mô hình dao động trên bệ đõ của ĐCTBK MNTA - Máy nén thấp áp; MNCA - Máy nén cao áp; TBTA - Tua bin thấp áp; TBCA - Tua bin cao áp; TBCV - Tua bin chân vịt (tua bin công suất);

 $S_1, ..., S_7$  -  $\hat{O}$  đỡ 1,...,7 trên các trục của động cơ tua bin khí;

P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> - Các bệ đỡ của động cơ tua bin khí.

Để xây dựng mô hình cho dao động trên bệ máy của ĐCTBK ta cần xác định các lực qui đổi về các bệ đỡ của động cơ.

Gọi:  $l_i$  (i=1 ÷ 7) là khoảng cách từ bệ máy  $P_1$  tới các ổ đỡ  $S_1$ ,  $S_2$ ...,  $S_7$ ; L là khoảng cách giữa 2 bệ máy  $P_1$  và  $P_2$ .

Lực cưỡng bức tác dụng lên các bệ máy là tổng hợp của các điều hoà với các tần số  $\omega_1$ ,  $z_i\omega_1$ ,  $\omega_2$ ,  $z_i\omega_2$ ,  $\omega_3$ ,  $z_i\omega_3$  ( $z_i - s$ ố cánh của tầng i của rô tô) được xác định theo các biểu thức (2.26) và (2.27).

$$F_{P1} = \frac{1}{L} (\sum (F_i L) - \sum (F_i l_i))$$
(2.26)

$$F_{P2} = \frac{1}{L} (\sum (F_i l_i))$$
(2.27)

Mô hình toán của ĐCTBK trên bệ máy tương tự như mục 2.2.1.

#### 2.3. Cơ sở lý thuyết đo dao động và biến đổi tín hiệu

#### 2.3.1. Tín hiệu dao động của máy

Trong GSDĐ, tín hiệu dao động là nhiều hài kèm theo nhiễu được biểu diễn như phương trình (2.30):

$$V = V_0 + \sum_{k=1}^{m} V_k^0 \sin(k\omega t + \gamma_k) + \eta(t)$$
 (2.30)

 ${O}$  đây:  $\eta(t)$  – thành phần nhiễu.

			Kết quả trước cân bằng động										
Ν	dm1	dm <sub>2</sub>	MC	B dư (g.m.	n)	KQ tính MCB							
			G.trái	G.phải	Cho phép	me <sub>1</sub> (g)	SE <sub>1</sub>	me <sub>2</sub> (g)	$SE_2$				
7	8,29	6,0	755,60	597,.31	143	8,08	0.034225	5,97	0.007569				
8	8,16	6,0	755,06	597,31	143	7.95	0.003025	5,97	0.007569				
9	8,26	6,0	764.57	764.57 597,22		8,05	0.024025	5,97	0.007569				
10	8,07	6,0	788,14	596,96	143	7.86	0.001225	5,97	0.007569				
ТВ	8.108	6.083	Trung	bình, $\chi^2_c$	$(\upsilon)$	7.895	0.017383	6.057	0.011223				

#### 3.3.4. Mô phỏng chẩn đoán MCB bằng mô hình hồi quy

Từ N=16 thí nghiệm số, ta thu được 16 cặp giá trị Y= [y1, y2] qua sử dụng phần mềm mô phỏng cân bằng như trong bảng 3.7.

Bảng 3.7. Kết quả mô phỏng tính MCB dùng DBSS

N⁰F	V1	¥2	V.	V.	V-	V.	$V_1$	$V_2$	V <sub>3</sub>	V <sub>4</sub>	<b>V</b> 5	V <sub>6</sub>
1 <b>1-1</b> 2	лі	A2	АЗ	л4	АЗ	A0	gam	gam	deg	deg	mm	mm
1	1	1	1	1	1	1	8.18	6.27	31.5	63	99.8	168
2	-1	1	1	1	-1	1	7.34	6.28	31.5	63	90.3	168
3	1	-1	1	1	-1	-1	8.18	5.66	31.5	63	90.3	150
4	1	1	-1	1	-1	-1	8.10	6.25	28.5	63	90.3	150
5	1	1	1	-1	1	-1	8.27	6.28	31.5	57	99.8	150
6	-1	-1	1	1	1	-1	7.40	5.66	31.5	63	99.8	150
7	-1	1	-1	1	1	-1	7.33	6.25	28.5	63	99.8	150
8	-1	1	1	-1	-1	-1	7.46	6.29	31.5	57	90.3	150
9	1	-1	-1	1	1	1	8.13	5.65	28.5	63	99.8	168
10	1	-1	1	-1	-1	1	8.26	5.69	31.5	57	90.3	168
11	1	1	-1	-1	-1	1	8.19	6.28	28.5	57	90.3	168
12	-1	-1	-1	1	-1	1	7.30	5.67	28.5	63	90.3	168
13	-1	1	-1	-1	1	1	7.41	6.28	28.5	57	99.8	168
14	-1	-1	1	-1	1	1	7.47	5.69	31.5	57	99.8	168
15	1	-1	-1	-1	1	-1	8.25	5.67	28.5	57	99.8	150
16	-1	-1	-1	-1	-1	-1	7.43	5.68	28.5	57	99.8	150

17

Trên hình 3.7 thể hiện giao diện chính (Front Panel) của VI mô phỏng tín hiệu đa hài dao động do các lực MCB ứng với tần số quay trục (bậc 1) và các bậc cao tương ứng với số cánh của các tầng trên TB-MN thấp áp.

Trong xử lý tín hiệu dùng FFT có sẵn trong LabView, NCS đã kiểm tra độ tin cậy của tín hiệu đa hài, có nhiễu theo FFT để kiểm chứng độ chính xác của công cụ toán học được sử dụng. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng biên độ và pha của tất cả các điều hòa thu được từ mô phỏng tín hiệu đa hài, có nhiễu (dạng nhiễu trắng) đều đạt độ tin cậy 99% theo tiêu chuẩn Schi ( $\chi^2$ ).

#### 3.3. Mô phỏng CBĐ rô to ĐCTBK trên máy CBĐ

#### 3.3.1. Mô phỏng dao động trên các gối đỡ của máy CBĐ

Dao động trên các gối đỡ của máy CBĐ được mô phỏng, lập trình trong LabView để đưa vào chương trình mô phỏng CBĐ.

#### 3.3.2. Mô phỏng CBĐ rô to đặt trên máy cân bằng động

Các bước mô phỏng CBĐ được thể hiện trực quan trên giao diện chính của phần mềm như trong luận án. NCS tập trung nghiên cứu đánh giá độ tin cậy của kết quả mô phỏng CBĐ cũng như xây dựng mô hình hồi quy theo thuật toán đã đưa ra ở chương 2.

#### 3.3.3. Đánh giá độ tin cậy của phần mềm mô phỏng CBĐ

Độ tin cậy của mô hình toán và phần mềm mô phỏng CBĐ rô to đặt trên máy CBĐ nằm ngang được đánh giá đạt 99% theo tiêu chuẩn thống kê Schi ( $\chi^2$ ) áp dụng và kiểm chứng cho đối tượng rô to trên động cơ tua bin khí.

					Kết quả	trước cấ	ìn bằng động	;			
Ν	dm1	dm <sub>2</sub>	МС	B dư (g.m	n)	KQ tính MCB					
			G.trái	G.phải	Cho phép	me <sub>1</sub> (g)	SE1	me <sub>2</sub> (g)	SE <sub>2</sub>		
1	8,0	6,23	739,08	620.60	143	7,80	0.009025	6.21	0.023409		
2	8,0	6,22	739.11	619.6	143	7,78	0.013225	6,20	0.020449		
3	8,0	6,13	739,41	610,53	143	7,78	0.013225	6,11	0.002809		
4	8,0	6,20	739,18	617,58	143	7,78	0.013225	6,18	0.015129		
5	8,0	6,05	739,68	602,48	143	7,79	0.011025	6,02	0.001369		
6	8,30	6,0	750,09	597,30	143	8.08	0.034225	5,97	0.007569		

Bảng 3.6. Tổng hợp kết quả đánh giá độ tin cậy của DBSS

#### 2.3.2. Cơ sở đo và lưu trữ các tín hiệu dao động

Các hướng dẫn và qui định cụ thể về vấn đề này được trình bày trong các tiêu chuẩn, quy phạm về giám sát dao động máy rô to (Tiêu chuẩn ISO 13373-2).

Yêu cầu tần số lấy mẫu tiêu chuẩn  $f_s$  cho các THDĐ được xét phụ thuộc vào tần số bậc cao nhất  $f_k$  cần giám sát của thiết bị theo biểu thức:

$$f_S \ge 2f_k; f_k = k.f,$$
 (Hz) (2.31)

Theo Quy phạm Nga (RMR-2016) quy định dải tần số giám sát dao động cho động cơ TBKTT là  $1 \div 8000$  Hz.

#### 2.3.3. Một số vấn đề chính cho xử lý THDĐ

Để GSDĐ trên ĐCTBK, tín hiệu đo được cần được biến đổi về các dạng phù hợp theo thời gian hay tần số. Tiếp đó cần phải có các bộ lọc để loại bỏ nhiễu.

#### 2.3.4. Quan hệ giữa chuyển vị, gia tốc và vận tốc

Đây là mối quan hệ cơ bản để xử lý tín hiệu cho GSDĐ. Luận án tập trung vào mối quan hệ tương ứng trong miền tần số.

# 2.4. Cơ sở giám sát dao động trên ĐCTBK

#### 2.4.1. Co sở lý thuyết về GSDĐ trên ĐCTBK

Các nội dung và nhiệm vụ cho xây dựng CSKH và CSCN để GSDĐ trên ĐCTBK được tổng hợp và trình bày tại nội dung này.

#### 2.4.2. Cơ sở pháp quy (tiêu chuẩn) cho GSDĐ của ĐCTBK

Các quy định về dao động và GSDĐ cho ĐCTBK được xét tới theo các bộ ISO liên quan và các tiêu chuẩn tương ứng với bộ quy chuẩn Việt Nam (VR) về dao động máy và giám sát dao động. Đặc biệt xét đến yêu cầu về GSDĐ cho ĐCTBK của cơ quan Đăng kiểm. Luận án chọn Quy phạm Đăng kiểm Hàng hải Nga (RMR) để làm cơ sở phân tích, mô phỏng và xây dựng hệ thống GSDĐ. Ba vùng giới hạn dao động cho ĐCTBK là:

A – TTKT của máy và thiết bị sau chế tạo hoặc sửa chữa;

B – TTKT của máy và thiết bị trong khai thác bình thường;

C – TTKT của máy và thiết bị khi khai thác có thể xảy ra hư hỏng, sự cố. Cần phải bảo dưỡng, sửa chữa.

#### 2.4.3. Cơ sở công nghệ và truyền tin cho GSDĐ của ĐCTBK

Hệ thống tự động GSDĐ cho ĐCTBK gồm các khối chính như trên hình 2.18.



Hình 2.18. Sơ đồ hệ thống tự động GSDĐ cho ĐCTBK

 $S_1,..., S_m$  - Cảm biến dao động;  $S_p$  - Cảm biến tốc độ; DAQ - Bộ thu thập, chuyển đổi, đồng bộ hoá dữ liệu; CPU - Bộ xử lý trung tâm; VDMS - Phần mềm giám sát, chẩn đoán dao động.

Sử dụng cảm biến gia tốc dao động. Cảm biến đo vận tốc góc của trục rô to có thể dạng quang hoặc điện - từ (có thể lấy tín hiệu đo tốc độ quay từ hệ thống điều khiển giám sát chung của động cơ). Bộ DAQ cần đủ số kênh để kết nối các cảm biến. Tần số trích mẫu của DAQ phải đảm bảo theo yêu cầu dải tần số được giám sát cho ĐCTBK.

Việc lựa chọn cấu hình DAQ-NI 9234 và sử dụng LabView để xây dựng VDMS rất phù hợp với sự phát triển, ứng dụng công nghệ cao cho chế tạo thiết bị hiện đại (thực hoặc ảo) để đo, giám sát, chẩn đoán ĐCTBK bằng dao động.

#### 2.4.4. Mô hình toán đặc tính giới hạn dao động cho ĐCTBK

Đường ranh giới mức A, B và C được đưa ra dưới dạng bảng số liệu. Đặc tính của các đường chuẩn (giới hạn) này được mô hình hóa (MHH) trong luận án.

Qui phạm RMR đưa ra các ngưỡng cho phép khi đo DĐN và DĐD ở dạng THDĐ vận tốc. Chúng được biến đổi FFT và sử dụng băng thông 1/3-Octave. Tại từng tần số f trung tâm theo băng thông 1/3-Octave, chuyển



Hình 3.8. Độ tin cậy của kết quả tính biên độ dao động đa hài có nhiễu của MNTA ĐCTBK

DR76



Hình 3.7. Kết quả thí nghiệm số tạo DĐN đa hài có nhiễu của rô to máy nén thấp áp của **DCTBK DR76** 

đổi biên độ dao động vận tốc ( $A_v$  [mm/s]) sang biên độ dao động gia tốc ( $A_a$  [m<sup>2</sup>/s]) theo công thức (2.59):

$$A_a = A_v * 2\pi f * 10^{-3}, [m/s^2]$$
(2.59)

Đặc tính chuẩn của lớp TTKT ĐCTBK được đặc trưng bởi giá trị giới hạn đưa ra dưới dạng bảng. Nghiên cứu sinh mô hình hóa chúng bằng hàm toán học để thuận tiện cho lập trình giám sát trên LabView.

#### 2.4.5. Mô hình thuật toán mô phỏng GSDĐ trên ĐCTBK

Bài toán ra quyết định TTDĐ hiện hành được thực hiện theo thuật toán gồm 4 bước: Tạo véc tơ tần số dao động trung bình giám sát cho ĐCTBK (theo RMR); Xác định mức dao động cho phép A và B (PVLA và PVLB) tương ứng với từng tần số theo các đặc tính chuẩn; So sánh mức dao động hiện tại trên MGTE (đo hoặc mô phỏng, có xử lý FFT, lọc 1/3-Octave) với ngưỡng PVLA và PVLB (đã xác định ở bước 2) và đưa ra kết quả mức dao động chung cho ĐCTBK tại tất cả các tần số f<sub>cf</sub>; Hiển thị (thông báo) kết quả giám sát.

# 2.4.6. Mô hình hóa dao động và CBĐ rô to ĐCTBK đặt nằm ngang trên MCBĐ

Cơ sở toán học CBĐ rô to đặt trên máy CBĐ trên cơ sở phần mềm cân bằng động rô to tại xưởng, được nghiên cứu và áp dụng cho mô phỏng số tại chương sau.

# 2.5. Đánh giá độ tin cậy của dữ liệu đo (mô phỏng) và xây dựng mô hình hồi quy

Đánh giá độ tin cậy của tín hiệu mô phỏng trên cơ sở lý thuyết thống kê (tiêu chuẩn thống kê Schi ( $\chi^2$ ).

Xây dựng mô hình hồi quy chẩn đoán MCB cho rô to trên ĐCTBK thực hiện bằng phương pháp bình phương nhỏ nhất các sai số, đánh giá độ tin cậy của mô hình thu được theo tiêu chuẩn thống kê Fisher.

#### 2.6. Kết luận chương 2

Chương 2 đã thiết lập các mô hình động học dao động (xoắn, dọc, ngang) trên ĐCTBK tàu thuỷ trên cơ sở sơ đồ nguyên lý kết cấu và chức năng của ĐCTBK. Tổng hợp được cơ sở lý thuyết và công nghệ để triển khai giám

14

sát dao động khi cân bằng động rô to cũng như khi máy hoạt động trên tàu thực. Phân tích và lựa chọn công nghệ để lựa chọn cấu hình của thiết bị đo dao động gồm đầu cảm biến gia tốc và bộ thu thập dữ liệu DAQ-NI 9234 cùng khung tương thích. Phân tích để thiết lập cấu hình trích mẫu khi đo, giám sát dao động theo vòng quay khai thác của TBK cũng như tiêu chuẩn dao động liên quan.

#### CHƯỜNG 3. MÔ PHỎNG GIÁM SÁT DAO ĐỘNG TRÊN ĐỘNG CƠ TUA BIN KHÍ TÀU THUỶ DR76

#### 3.1. Mô phỏng dao động của ĐCTBK

Cấu tạo và các tính năng kỹ thuật cơ bản của ĐCTBK DR76 được giới thiệu như là đầu vào cho mô hình nghiên cứu.

Các mô dun mô phỏng dao động ngang của ĐCTBK được lập trình trong LabView với các thông số đầu vào của ĐCTBK DR76.

Modul tính lực quy đổi về các gối đỡ tự động tính để đưa ra kết quả tại phần mềm mô phỏng CBĐ.

Các kết quả về biên độ và pha của ngoại lực cưỡng bức điều hòa bậc 1, được tính toán cho từng cụm rô to được và tổng hợp trong luận án.

Một số kết quả mô phỏng dao động ngang của các rô to của ĐCTBK được tổng hợp trong bảng 3.3.



Hình 3.2. Sơ đồ khối giải nghiệm tính DĐN, DĐD và DĐX trên ĐCTBK

	Rô		В	ộ dữ li	ệu đầu	ı vào		Nghiệm tần số tự do 1		Nghiệm tần số tự do 2		Dải tốc độ	
ТТ	to	$m_1$	$m_2$	$C_{I}$	$C_2$	$k_1$	$k_2$	$\omega_{01}$	<i>n</i> <sub>01</sub>	$\omega_{02}$	$n_{02}$	làm việc	
		kg	kg	N/m	N/m	Ns/m	Ns/m	rad/s	rpm	rad/s	rpm	(rpm)	
		23,75	5	8,8E8	2,2E8	50	80	15829	151150	2551	24360	9500 ÷ 14200	
1	MNTA	23,75	5	7,0E7	2,2E8	50	80	7664,2	73187	1485,9	14189	9500 ÷ 14200	
		23,75	5	2,7E7	2,2E8	50	80	7037,5	67203	1005,0	9597	9500 ÷ 14200	
	TBTA	22,25	5	8,8E8	2,2E8	50	80	15895	151790	2624	25060	9500 ÷ 14200	
2		22,25	5	7,0E7	2,2E8	50	80	7667,6	73220	1534,5	14653	9500 ÷ 14200	
		22,25	5	2,7E7	2,2E8	50	80	7038,2	67209	1038,2	9914	9500 ÷ 14200	
		38,00	5	8,8E8	2,2E8	50	80	15456	147600	2065	19720	13000 ÷ 20000	
3	MN- TBCA	38,00	5	7,0E7	2,2E8	50	80	7645,6	73010	1177,5	11245	13000 ÷ 20000	
	IDCA	38,00	5	2,7E7	2,2E8	50	80	7034,1	67171	794,9	7591	13000 ÷ 20000	
		59,25	5	8,8E8	2,2E8	50	80	15233	145460	1678	16030	2800 ÷ 8600	
4	TBCV	59,25	5	7,0E7	2,2E8	50	80	7634,8	72907	944,4	9018	2800 ÷ 8600	
		59,25	5	2,7E7	2,2E8	50	80	7032,1	67151	636,8	6081	2800 ÷ 8600	

\* Nhận xét về kết quả mô phỏng:

Các kết quả mô phỏng cho thấy, mức độ dao động lớn của các cụm rô to có thể xuất hiện trong vùng pham vi tốc đô làm việc của chúng.

- MNTA: X<sub>max</sub> = 4,3 (3,2) mm ở tốc độ n = 15400 rpm,

- TBTA: X<sub>max</sub> = 6,1 mm ở tốc độ n = 15900 rpm;

- MN-TBCA: X<sub>max</sub> = 2,8 (3,4) mm ở tốc độ n = 12200 rpm;

- TBCV: X<sub>max</sub> = 8,7, (14,5) mm ở tốc độ n = 9800 rpm;

Điều này cho thấy khả năng mất an toàn đối với ĐCTBK trong vùng tốc độ làm việc khi MCB xảy ra đối với các rô to của ĐCTBK.

#### 3.2. Mô phỏng DĐN đa điều hòa trên ĐCTBK

Mô phỏng dao động ngang đa hài có nhiễu trên ĐCTBK được lập trình trong Labview cho ĐCTBK DR76. Một số kết quả mô phỏng cho cụm máy nén thấp áp (MNTA) (9 tầng cánh) có 10 điều hoà được trình bày như trên các hình 3.7, và Hình 3.8.