

NHẬN DẠNG ĐIỆN TRỞ ROTOR ĐỘNG CƠ DỊ BỘ TRONG TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN XOAY CHIỀU ỨNG DỤNG MẠNG NƠ RON NHÂN TẠO

IDENTIFICATION OF ROTOR RESISTANCE OF INDUCTION MOTOR IN ALTERNATING CURRENT DRIVE WITH ARTIFICIAL NEURAL NETWORK

TS. HOÀNG ĐỨC TUẤN

Khoa Điện - Điện tử, Trường ĐHHH Việt Nam

Tóm tắt

Trong truyền động điện xoay chiều điều khiển gián tiếp tựa theo từ thông rotor, sự thay đổi của điện trở rotor động cơ sẽ gây ra sai lệch không mong muốn cho cả từ thông, mô men và động cơ sẽ làm việc kém hiệu quả. Bài báo giới thiệu phương pháp nhận dạng điện trở rotor động cơ dị bộ trong truyền động điện xoay chiều điều khiển gián tiếp tựa theo từ thông rotor ứng dụng mạng nơ ron nhân tạo.

Abstract

For induction motor drives controlled by the indirect rotor flux oriented control, the rotor resistance variation results in an undesirable error for the flux and the torque of the machine, and loss of dynamic performance. This paper presents a method identification of rotor resistance in indirect rotor flux oriented control of induction motor drives with artificial neural networks.

Key words: Induction motor drives, identification of rotor resistance, artificial neural networks.

1. Giới thiệu

Truyền động điện xoay chiều ba pha được sử dụng khá phổ biến trong các ngành công nghiệp do cấu tạo đơn giản, dễ chế tạo, vận hành tin cậy, an toàn và chi phí bảo dưỡng thấp, việc nghiên cứu các phương pháp điều khiển đối tượng này cũng đã phát triển không ngừng, trong đó phương pháp điều khiển gián tiếp tựa theo hướng từ thông rotor của động cơ dị bộ được ứng dụng sâu rộng trong truyền động điện xoay chiều. Tuy nhiên, phương pháp điều khiển này, vấn đề tính toán chính xác tần số trượt của động cơ phụ thuộc nhiều vào hằng số thời gian rotor do việc thay đổi nhiệt độ và tải của động cơ. Nhiệt độ thực tế của động cơ có thể đạt tới 130°C lớn hơn rất nhiều nhiệt độ xung quanh, điều này làm tăng điện trở rotor đến 50% giá trị điện trở danh định. Khi tham số động cơ thay đổi khác với giá trị đặt trong bộ điều khiển thì việc tính toán tần số trượt cũng không chính xác và góc của từ thông không trùng với hướng của từ trường và gây ra sai số cho cả từ thông và mô men. Theo lý thuyết, từ thông rotor có thể tăng đến 20%, nhưng thực tế thì việc tăng giá trị từ thông như trên là không thể xảy ra vì hiện tượng bão hoà từ. Sai số của mô men có thể đạt đến 20% độ lớn mô men ở trạng thái ổn định nếu độ trượt ở trạng thái ổn định cũng không chính xác. Thêm vào đó, sai số tần số trượt ở trạng thái ổn định cũng làm cho động cơ bị nóng và giảm hiệu suất của động cơ.

Do vậy, vấn đề nhận dạng giá trị thực của điện trở rotor là vấn đề cần thiết và nhận được sự quan tâm lớn của các nhà khoa học trong, ngoài nước.

Bài báo đề cập đến bộ nhận dạng điện trở rotor động cơ dị bộ cho truyền động điện xoay chiều ứng dụng mạng nơ ron nhân tạo. Kết quả nghiên cứu được trình bày trong các phần sau.

2. Mô hình toán học của động cơ điện dị bộ trên hệ tọa độ từ thông rotor và bộ điều khiển

2.1 Mô hình toán học của động cơ điện dị bộ trên hệ tọa độ từ thông rotor

Theo [2, 3] mô hình toán học của động cơ điện dị bộ trên hệ tọa độ từ thông rotor như sau:

$$\frac{di_{sd}}{dt} = -\left(\frac{1}{\sigma T_s} + \frac{1-\sigma}{\sigma T_r}\right) i_{sd} + \omega_s i_{sq} + \frac{1-\sigma}{\sigma T_r} \psi'_{rd} + \frac{1-\sigma}{\sigma} \omega \psi'_{rq} + \frac{1}{\sigma L_s} u_{sd} \quad (1)$$

$$\frac{di_{sq}}{dt} = -\omega_s i_{sd} - \left(\frac{1}{\sigma T_s} + \frac{1-\sigma}{\sigma T_r}\right) i_{sq} - \frac{1-\sigma}{\sigma} \omega \psi'_{rd} + \frac{1-\sigma}{\sigma T_r} \omega \psi'_{rq} + \frac{1}{\sigma L_s} u_{sq} \quad (2)$$

$$\frac{d\psi'_{rd}}{dt} = \frac{1}{T_r} i_{sd} - \frac{1}{T_r} \psi'_{rd} + (\omega_s - \omega) \psi'_{rq} \quad (3)$$

$$\frac{d\psi'_{rq}}{dt} = \frac{1}{T_r} i_{sq} - (\omega_s - \omega) \psi'_{rd} - \frac{1}{T_r} \psi'_{rq} \quad (4)$$

Mặt khác do trục d trùng với trục từ thông rotor nên thành phần từ thông rotor trên trục q bị triệt tiêu. Vậy hệ phương trình động cơ dị bộ trên hệ trục tọa độ từ thông rotor:

$$\frac{di_{sd}}{dt} = -\left(\frac{1}{\sigma T_s} + \frac{1-\sigma}{\sigma T_r}\right) i_{sd} + \omega_s i_{sq} \frac{1-\sigma}{\sigma T_r} \psi'_{rd} + \frac{1-\sigma}{\sigma} \omega \psi'_{rq} + \frac{1}{\sigma L_s} u_{sd} \quad (5)$$

$$\frac{di_{sq}}{dt} = -\omega_s i_{ds} - \left(\frac{1}{\sigma T_s} + \frac{1-\sigma}{\sigma T_r}\right) i_{sq} - \frac{1-\sigma}{\sigma} \omega \psi'_{rd} + \frac{1-\sigma}{\sigma T_r} \psi'_{rq} + \frac{1}{\sigma L_s} u_{sq} \quad (6)$$

$$\frac{d\psi'_{rd}}{dt} = \frac{1}{T_r} i_{sd} - \frac{1}{T_r} \psi'_{rd} \quad (7)$$

$$0 = \frac{1}{T_r} i_{sq} - (\omega_s - \omega) \psi'_{rd} \quad (8)$$

$$m_M = \frac{3}{2} \cdot p_c \cdot \frac{\hat{L}_m^2}{L_r} \psi'_{rd} i_{sq} \quad (9)$$

Trong đó: i_{sd} , i_{sq} , u_{sd} , u_{sq} là dòng điện và điện áp stator theo trục d, q; ψ'_{rd} , ψ'_{rq} là từ thông rotor theo trục d, q; T_r là hằng số thời gian rotor; m_M là mô men của động cơ; ω là vận tốc góc rotor.

2.2 Tổng hợp các bộ điều khiển

Theo [2, 3] bộ điều khiển dòng điện được tổng hợp theo cấu trúc điều khiển dòng điện riêng rẽ có bù sức điện động, được tổng hợp như sau:

$$R_{11} = \frac{1}{2T_i K_m K_i} L_s \left(1 + \frac{1}{PT_s}\right) \quad (10)$$

$$R_{22} = \frac{1}{2T_i K_m K_i} L_{mm} \left(1 + \frac{1}{PT_{mm}}\right) \quad (11)$$

Trong đó: K_{pl} là hệ số khuếch đại của bộ nghịch lưu điện áp.

Bộ điều khiển từ thông là khâu PI, xác định theo chuẩn tối ưu mô đun [2, 3] như sau:

$$R_{\psi}(p) = K_{p\psi} + \frac{K_{i\psi}}{p} \quad (12)$$

Trong đó: $K_{p\psi} = \frac{T_r}{4L_M T_i}$; $K_{i\psi} = \frac{1}{2L_M T_i}$

Bộ điều khiển tốc độ [2, 3] như sau:

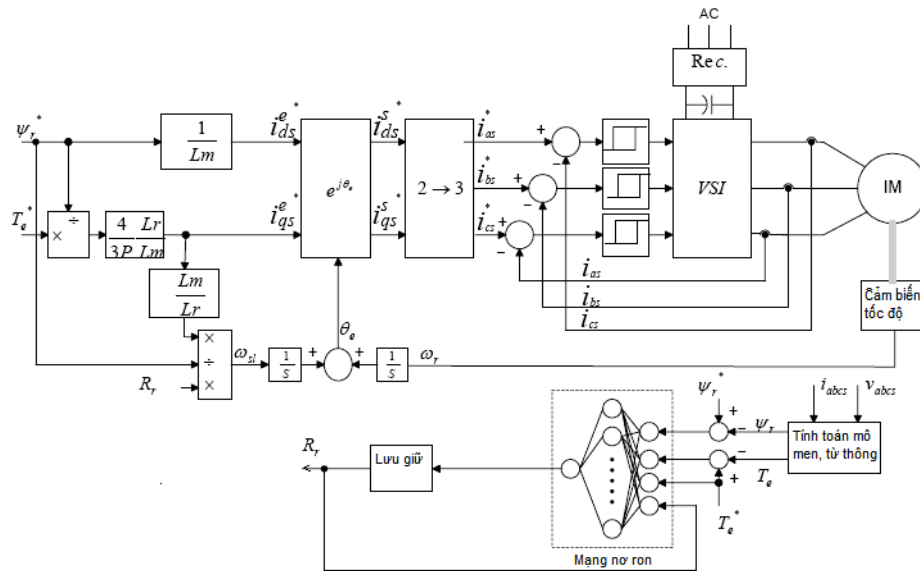
$$R_{\omega}(p) = K_{p\omega} + \frac{K_{i\omega}}{p} \quad (13)$$

Trong đó: $K_{p\omega} = \frac{2J}{T_d K_1 K_2}$; $K_{i\omega} = \frac{K_{p\omega}}{4T_d}$

3. Xây dựng mạng nơ ron để nhận dạng điện trở Rotor của động cơ dị bộ cho điều khiển véc tơ gián tiếp tựa theo từ thông rotor

3.1. Nguyên lý của bộ nhận dạng điện trở rotor

Bộ nhận dạng điện trở rotor được đề xuất bao gồm 2 phần, phần thứ nhất là khối tính toán mô men và từ thông của động cơ với đầu vào là điện áp và dòng điện stator, chúng không phụ thuộc vào điện trở rotor. Mô men và từ thông tính toán được so sánh với mô men và từ thông đặt và sai số được tính toán [4, 5]. Độ lớn của các sai số này phụ thuộc vào sự thay đổi của mô men tải. Hệ thống có tính phi tuyến mạnh và phức tạp, do vậy không thể nhận dạng điện trở rotor đơn giản chỉ sử dụng những biến này, vì vậy phần thứ hai là sử dụng mạng nơ ron để nhận dạng điện trở rotor. Toàn bộ hệ thống được đưa ra trên hình 1.



Hình 1. Sơ đồ cấu trúc điều khiển véc tơ gián tiếp – động cơ dị bộ ba pha và bộ nhận dạng điện trở rotor ứng dụng mạng nơ ron nhân tạo

3.2 Cấu trúc mạng nơ ron nhận dạng điện trở rotor

Cấu trúc của mạng nơ ron là loại nhiều lớp dạng với 3 lớp, trong đó 1 lớp vào, 1 lớp ẩn và 1 lớp ra. Lớp vào có 4 nơ ron tương ứng với số tín hiệu đầu vào bao gồm T_e^* , R_{rc} , ΔT_e và $\Delta \Psi$, lớp ẩn có 10 nơ ron và lớp ra có 1 nơ ron ứng với điện trở rotor đầu ra (R_r). Kết cấu là mạng nơ ron 4-3-1, đầu ra của mỗi lớp được nối tới tất cả các nơ ron của lớp tiếp theo qua trọng số của mạng. Lớp nơ ron đầu vào và lớp ẩn chọn hàm truyền là loại “TANSIG” còn lớp ra là loại “PURELIN”. Kết cấu của mạng nơ ron nhận dạng điện trở rotor trình bày trên hình 2b.

Thuật toán huấn luyện mạng sử dụng giải thuật lan truyền ngược sai số Back Propagation.

Công thức tính đầu ra của một nơ ron thứ i tại lớp thứ k là $y_i = f(\sum_{j=0}^n w_{ij}x_j - b_i)$, sai lệch giữa đầu ra thực và đầu ra mong muốn của nơ ron thứ k tại đầu ra $e_k = t_k - y_k$. Tổng bình phương sai số của mạng ứng với mẫu học (X_s, T_s) là $E = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^p (t_k - y_k)^2$, trong đó p là số phần tử đầu ra.

3.3 Tạo ma trận dữ liệu và luyện mạng nơ ron

Ma trận dữ liệu tín hiệu vào và ra được xây dựng nên trong các điều kiện làm việc khác nhau để luyện mạng nơ ron. Ma trận đầu vào (14) bao gồm sai lệch từ thông $\Delta \Psi_r$, sai lệch mô men ΔT_e , mô men đặt T_e^* và điện trở rotor sử dụng cài đặt trong bộ điều khiển R_{rc} .

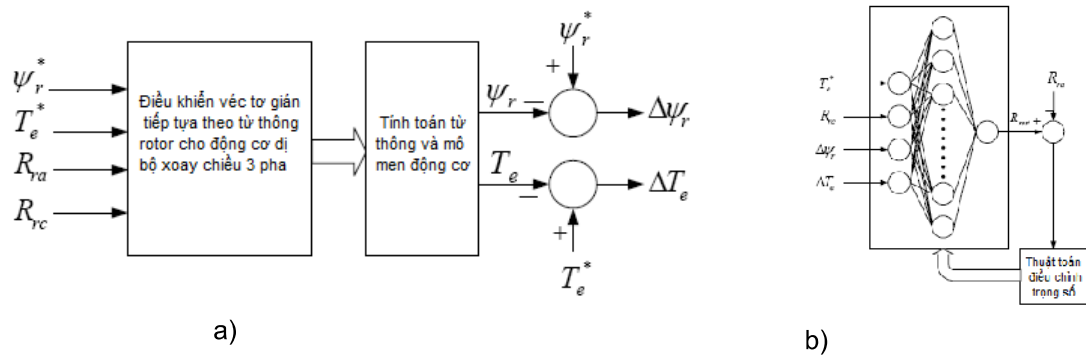
$$\text{Dữ liệu vào} = [\Delta \Psi_r \quad \Delta T_e \quad T_e^* \quad R_{rc}] \tag{14}$$

Ma trận dữ liệu tín hiệu ra (15) là điện trở rotor mong muốn R_{ra} .

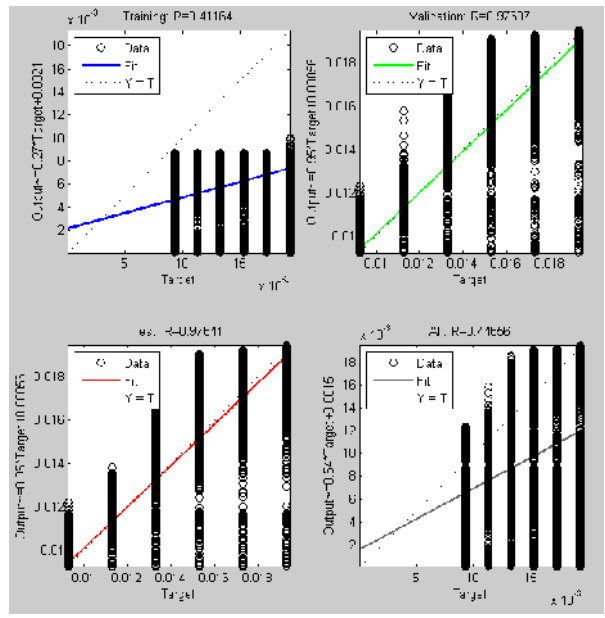
$$[\text{Dữ liệu ra}] = [R_{ra}] \tag{15}$$

Để tạo ra những ma trận dữ liệu này, hệ thống thực hiện mô phỏng với các giá trị khác nhau của R_{rc} , R_{ra} , T_e^* . Với mô men đặt T_e^* được thay đổi từ 0,2 đến 1 đơn vị tương đối trong 5 bước, mỗi bước tăng 0,2 đơn vị tương đối. Điện trở thực của rotor R_{ra} được thay đổi từ 1 đến 2 đơn vị tương đối trong 9 bước, mỗi bước tăng 0,125 đơn vị tương đối. Điện trở của rotor trong bộ điều khiển R_{rc} được thay đổi từ 1 đến 2 đơn vị tương đối trong 9 bước, mỗi bước tăng 0,125 đơn vị tương đối. Bộ điều khiển véc tơ gián tiếp tựa theo từ thông rotor cho động cơ dị bộ với khối tính toán từ thông và mô men sẽ mô phỏng cho tất cả các trường hợp. Trong mỗi trường hợp ta sẽ nhận được sai lệch từ thông $\Delta\Psi_r$ và sai lệch mô men ΔT_e và T_e^* , R_{rc} được ghi lại, sau đó sẽ sử dụng ma trận dữ liệu này để luyện mạng.

Mạng nơ ron nhận dạng điện trở rotor có cấu trúc 4 -10 -1 và được huấn luyện theo thuật toán lan truyền ngược và sai số đặt ngưỡng hội tụ là 10^{-6} , sau 138 vòng lặp thì mạng đã thỏa mãn các yêu cầu đề ra và quá trình luyện mạng đã thành công.



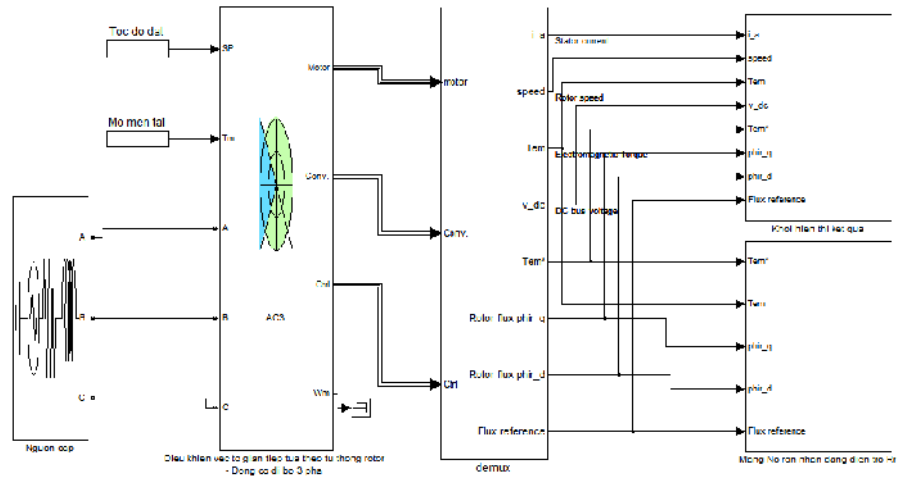
Hình 2. (a) Tập dữ liệu vào ra, (b) Cấu trúc và quá trình luyện mạng nơ ron



Hình 3. Quá trình đào tạo, hồi quy tín hiệu ra và đích

3.4 Xây dựng mô hình hệ thống với bộ bộ nhận dạng điện trở rotor ứng dụng mạng nơ ron nhân tạo

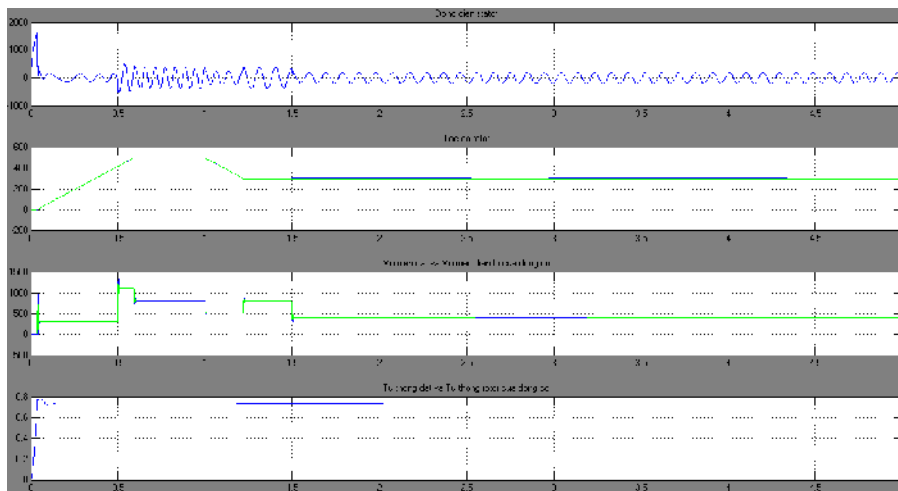
Mô hình hệ thống được xây dựng trên Matlab-Simulink, được trình bày như hình 4.



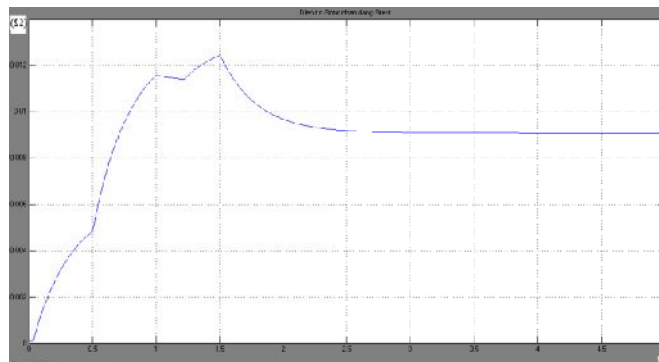
Hình 4. Mô hình tổng thể hệ thống khi có bộ nhận dạng điện trở rotor ứng dụng mạng nơ ron nhân tạo

3.5 Kết quả nghiên cứu hệ thống với bộ nhận dạng điện trở rotor ứng dụng mạng nơ ron

Để nghiên cứu hệ thống ta thay đổi các giá trị đặt, khi $t=[0 \ 1]$ thì tốc độ $[500 \ 300]$, mô men tải khi $t=[0 \ 0,5 \ 1,5]$ thì giá trị mô men là $[0 \ 800 \ 400]$ và giá trị điện trở rotor trong bộ điều khiển $R_{rc}= 0,00925 \ (\Omega)$, giá trị điện trở rotor của động cơ là $R_{ra}= 0,00925 \ (\Omega)$. Các tham số này có thể thay đổi ở mỗi lần chạy mô phỏng để lấy tệp dữ liệu cho luyện mạng nơ ron và đánh giá kết quả.



Hình 5. Đặc tính dòng điện, tốc độ, mô men và từ thông của hệ thống ứng với $R_{rc}= R_{ra} = 0,00925 \ (\Omega)$



Hình 6. Đặc tính điện trở rotor được nhận dạng sử dụng mạng nơ ron

Các đặc tính tốc độ, mô men, từ thông đã chỉ ra rằng hệ thống đã đáp ứng được yêu cầu đặt ra của hệ truyền động điện, phù hợp với các giả định ban đầu. Khi giá trị điện trở rotor đặt

trong bộ điều khiển và giá trị điện trở rotor của động cơ bằng nhau ($R_{rc} = R_{ra}$) thì từ thông của rotor bám giá trị từ thông đặt và mô men của động cơ bám mô men đặt. Giá trị điện trở rotor được nhận dạng nhờ mạng nơ ron đã bám giá trị điện trở thực rotor của động cơ $R_{rest.} \approx 0,00915 (\Omega)$ khi hệ thống ở chế độ ổn định.

4. Kết luận

Qua kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng bộ nhận dạng điện trở rotor động cơ dị bộ sử dụng mạng nơ ron đã nhận dạng nhanh, chính xác giá trị điện trở thực của rotor động cơ. Phương pháp thiết kế, xây dựng đơn giản, nhạy cảm với sự thay đổi của các thông số hệ thống là ưu điểm của bộ nhận dạng điện trở rotor sử dụng mạng nơ ron được đề xuất.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Trần Anh Dũng. *Điều khiển hiện đại lý thuyết và ứng dụng*, NXBGTVT, 2013.
- [2]. Nguyễn Văn Liễn, Nguyễn Mạnh Tiến, Đoàn Quang Vinh, *Điều khiển động cơ xoay chiều cấp từ biến tần bán dẫn*, NXB Khoa học và kỹ thuật, 2003.
- [3]. Nguyễn Phùng Quang, Andreas Dittrich, *Truyền động điện thông minh*, NXBKHK&KT, 2002.
- [4]. Cirstea M.N., Dinu A., Khor J.G., McCormick M., *Neural and Fuzzy Logic Control of Drives and Power Systems*, Newnes, 2002.
- [5]. Fodor D., Griva G., Profumo F. (1995), "Compensation of parameters variations in induction motor drives using a neural network", in *Proc. IEEE Power Electronics Specialists Conference*, 1995, pp. 1307-1311.

Người phản biện: TS. Trần Sinh Biên; TS. Đinh Anh Tuấn

THIẾT BỊ ẢO XÂY DỰNG TỰ ĐỘNG ĐẶC TÍNH ỨNG SUẤT XOẮN CỰC ĐẠI GIỚI HẠN CHO HỆ TRỤC DIESEL TÀU BIỂN

VIRTUAL INSTRUMENT TO AUTO-DRAW THE PERMIT MAXIMUM TORSIONAL PRESSURES FOR THE MARINE DIESEL SHAFT SYSTEM

PGS.TSKH.ĐỖ ĐỨC LƯU⁽¹⁾, NCS. HOÀNG VĂN SĨ⁽²⁾, TS. LÊ VĂN VANG⁽³⁾

⁽¹⁾ Viện NCPT-ĐHHH Việt Nam, ⁽²⁾ NCS tại ĐHHH Việt Nam, ⁽³⁾ ĐHGTVT TP. Hồ Chí Minh

Tóm tắt

Bài báo phân tích các đặc điểm của bản mặt (Front Panel) và mã code chương trình (Block Diagram) khi lập trình trên LabView nhằm xác định các đường ứng suất xoắn cực đại cho phép cho các chi tiết trong cơ hệ diesel lai máy công tác. Kết quả lập trình trên LabView mô phỏng tự động xây dựng các đặc tính giới hạn ứng suất xoắn trên các trục khuỷu diesel tàu thủy lai chân vịt, các đoạn trục trung gian, trục đẩy và trục chân vịt. Kết quả là cơ sở để lập trình tự động ra quyết định trạng thái ứng suất xoắn của cơ hệ diesel lai máy công tác tàu thủy khi tính (hoặc đo được) các ứng suất xoắn trong cơ hệ.

Abstract

The article analyzes the basic required properties to create the virtual instruments (Front Panel and Block Diagram) using LabView for automatic defining the permit maximum torsional pressures of every parts of the diesel – worked machine plant. The received results in LabView by authors demonstrate the virtual instruments for auto-drawing the permit torsional pressure curves of the diesel crank-shaft, the thrush and the propeller's shafts. The studied results showing in the paper are the software fundamentals to make an automatic decision about the torsional state of the diesel power plant with the worked machines.

Keywords. Virtual Instrument for torsional vibrations; Torsional Vibrations.

1. Đặt vấn đề nghiên cứu

Dao động xoắn cưỡng bức (Exciting Torsional Vibrations, ETV) hệ trục diesel tàu thủy sau khi tính cần so sánh với các giá trị cho phép mà Quy chuẩn Việt Nam (QCVN) đưa ra [2]. Đặc điểm cơ bản của thuật giải xây dựng chương trình tự động tính giá trị ứng suất xoắn cực đại cho phép (PMTP, Permit Maximum Torsional Pressure) cho các chi tiết chịu xoắn trong cơ hệ: Trục khuỷu động cơ diesel; trục trung gian, trục đẩy, trục chân vịt; trục máy phát điện; chi tiết truyền động. Trong triển khai lập trình, chúng tôi lựa chọn phần mềm đồ họa nhúng LabView và đã thu được các kết quả khả quan. Bài báo sẽ đề cập đến một số kỹ thuật đặc trưng trong lập trình tính các đặc