

XÂY DỰNG HỆ THỐNG BẢO DƯỠNG DỰ PHÒNG VỚI PHÂN TÍCH CÂY HƯ HỒNG ÁP DỤNG CHO HỆ THỐNG TRUYỀN ĐỘNG TRÊN TÀU

STUDY ON THE PREVENTIVE MAINTENANCE WITH FAULT - TREE ANALYSIS FOR THE SHIP POWER TRANSMISSION SYSTEMS

Võ Trọng Cang, Đoàn Minh Thiện, Nguyễn Vương Chí, Trần Văn Ta, Nguyễn Hoài Vũ
 Khoa Kỹ thuật Giao thông, ĐH Bách Khoa, ĐHQG TpHCM

Tóm tắt: Bài viết trình bày nhu cầu và một số kết quả nghiên cứu phát triển xây dựng hệ thống bảo dưỡng dự phòng với phân tích cây hư hỏng áp dụng cho hệ thống truyền động trên tàu. Nghiên cứu này nhằm nâng cao hiệu quả công tác bảo dưỡng dự phòng tàu thủy và đề xuất các giải pháp tối ưu hóa kết cấu, cải thiện điều kiện vận hành, khai thác, bố trí tài nguyên trong nhà máy chế tạo và dịch vụ sửa chữa.

Từ khoá: Bảo dưỡng hệ thống, hệ thống truyền động tàu thủy, phân tích cây hư hỏng (FTA)

Abstract: This paper presents the demand and some results of research to build preventive maintenance systems with Fault Tree Analysis applied to marine transmission systems. This study aims to improve the effectiveness of preventive maintenance and propose solutions to optimize the structure, improve operating conditions, resource layout of new - building and repair shipyards.

Keywords: System maintenance, Marine transmission system, Fault Tree Analysis (FTA).

Chỉ số phân loại: 2.1

1. Giới thiệu

Môi trường hoạt động của tàu là rất đặc biệt và do đó các hệ thống truyền động trên tàu thủy cũng có phần đặc biệt. Thứ nhất, môi trường hoạt động của hệ thống truyền động trên tàu là cực kỳ khắc nghiệt, nhiệt độ và độ ẩm thay đổi rất nhiều và một số bộ phận của hệ thống phải làm việc trong điều kiện có tính ăn mòn như là đầy sương muối, dầu hoặc khí ăn mòn khác. Thứ hai, thời gian hoạt động lại rất dài, đối với một thuyền có chuyến đi dài, thời gian hoạt động liên tục của hệ thống truyền động tàu thủy có thể là 2 - 3 tháng, thậm chí lâu hơn. Cuối cùng, tải trọng của một số bộ phận của hệ thống truyền động thay đổi đáng kể trong một chu kỳ, chẳng hạn như là tải của vòng bi, bánh răng và trục khuỷu. Các đặc tính môi trường hoạt động của hệ thống truyền động tàu thủy phức tạp và nhiều hơn so với các hệ thống điện hoạt động trên bờ.

Ý nghĩa của độ tin cậy của hệ thống truyền động trong nghiên cứu để đảm bảo an toàn công nghệ, bảo vệ các tàu hoàn thành nhiệm vụ của chúng một cách đáng tin cậy và an toàn trong môi trường cụ thể ở trên. Mục tiêu là làm cho hệ thống truyền động tàu thủy

chắc chắn, an toàn, tuổi thọ kéo dài, tiêu thụ nhiên liệu thấp và đạt hiệu suất toàn diện cao.

Đánh giá chỉ tiêu độ tin cậy kết hợp xử lý thống kê các số liệu khai thác, để từ đó đề ra giải pháp tối ưu hóa kết cấu, cải thiện điều kiện vận hành, khai thác, bố trí tài nguyên trong nhà máy chế tạo và dịch vụ sửa chữa là hướng nghiên cứu truyền thống trong ngành vận tải. Việc xử lý số liệu thống kê [1, 2, 3, 4] giúp tìm ra qui luật hư hỏng, hao mòn của chi tiết và bộ phận trên phương tiện vận tải như ô tô [10, 12], đầu máy [6, 9], tàu thủy [7, 11, 14] và để tính toán nhu cầu vật tư phụ tùng [12], tính toán thời hạn làm việc tới hư hỏng cho phép [6, 9, 15, 18, 19] ở mức tin cậy cho trước. Các vấn đề chuyên sâu về độ tin cậy và tối ưu hóa bảo dưỡng có thể tìm thấy trong loạt sách "Springer series in Reliability Engineering" [16, 17, 20], cũng như về phân tích cây hư hỏng [13].

Ngoài việc chọn lựa thời hạn sửa chữa hợp lý của phương tiện vận tải, chi phí sửa chữa phục hồi có tính đến qui luật hao mòn và hư hỏng đột suất (không tham số) [5, 8], thì việc xây dựng hệ thống bảo dưỡng dự phòng cũng là một nhu cầu đang được quan tâm của các doanh nghiệp.

Trong nước, trong thời gian 2015 - 2020, đang tập trung xây dựng hệ thống Metro và đầu tư đổi mới phương tiện vận tải (đặc biệt là đoàn tàu) trong vận chuyển hành khách nói riêng và hệ thống vận chuyển hành khách công cộng nói chung như tàu phà, xe buýt, taxi sông... Như câu phân tích dòng hư hỏng, đánh giá mức tin cậy, để từ đó đề xuất các giải pháp tối ưu hóa kết cấu, cải thiện điều kiện vận hành, khai thác, bố trí tài nguyên trong nhà máy chế tạo và dịch vụ sửa chữa là rất lớn và cần phải đầu tư từ bây giờ.

Trong các công trình được đề cập ở phần trích dẫn (tài liệu tham khảo), việc có được một phần mềm phục vụ nghiên cứu và giảng dạy như nói trên là rất cần thiết và hữu ích.

2. Đánh giá độ tin cậy bằng phương pháp cây hư hỏng

Đây là một phương pháp mang tính hệ thống, sử dụng đồ thị và đại số logic để mô tả quan hệ nhân quả giữa các dạng hư hỏng trong hệ thống, giữa hư hỏng hệ thống và các hư hỏng của các phần tử trong hệ trên cơ sở hàm logic Boolean. Cây hư hỏng cung cấp mô hình trực quan biểu diễn rõ ràng mối quan hệ hư hỏng của thiết bị trong hệ thống, sai lầm của con người trong sử dụng và các nhân tố môi trường bên ngoài, những nguyên nhân gốc rễ dẫn đến hư hỏng của hệ thống. Mọi hư hỏng của hệ thống kỹ thuật đều có thể phân tích thành ba cấp sự kiện sau:

- **Hư hỏng (sự kiện) cơ bản:** Là nguyên nhân đầu tiên gây ra hư hỏng của các phần tử, đó là sự kiện mà không thể tiếp tục phân tích thành các sự kiện cấp dưới khác nữa;

- **Hư hỏng trung gian:** Là hậu quả trực tiếp của hư hỏng cơ bản;

- **Hư hỏng đỉnh:** Là hư hỏng cuối cùng của hệ thống.

Cây hư hỏng thường được xây dựng theo quá trình suy diễn “ngược”. Bắt đầu từ sự kiện gốc của hệ thống mà ta đang quan tâm, phân tích mối quan hệ logic của sự kiện gốc với các thành phần khác để xây dựng cây hư hỏng thông qua các sự kiện trung gian và các công logic, tiếp tục phân tích các sự kiện hư hỏng trung gian theo trình tự như trên cho đến khi gặp các sự kiện hư hỏng cơ bản. Sau đó thành lập hàm logic từ lá đến gốc để xác định độ tin cậy, trong quá trình lập cây hư hỏng nếu trường hợp sự kiện đỉnh (gốc) được quyết định đồng thời bởi các sự kiện trung gian thì ta dùng khóa AND và trong trường hợp chỉ cần ít nhất một trong số các sự kiện trung gian thì ta dùng khóa OR.

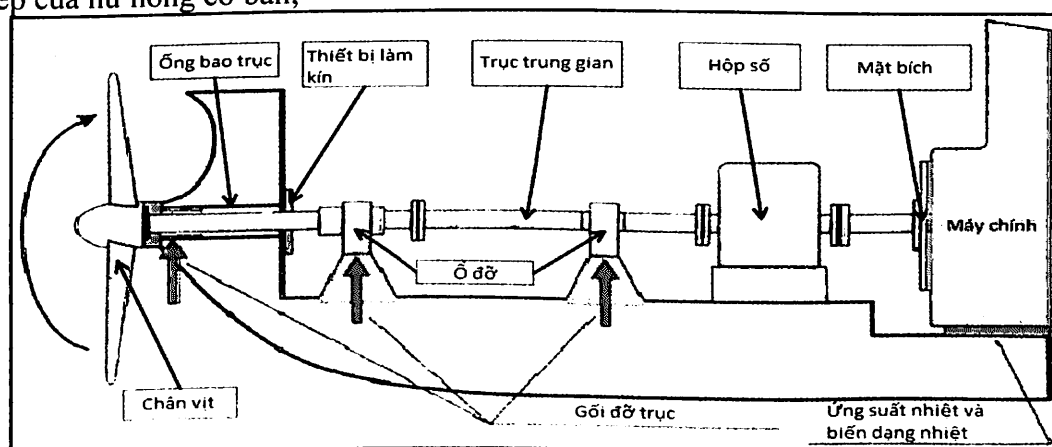
Để xây dựng mô hình phân tích cây hư hỏng (Fault Tree Analysis - FTA) cho một hệ thống được tiến hành qua một số bước. Ví dụ, mô hình áp dụng FTA cho hệ thống động lực tàu thủy bao gồm các bước lập sơ đồ chức năng của hệ thống và mô hình cây hư hỏng như sau:

- + Sơ đồ hệ thống truyền động của tàu thủy (hình 1);

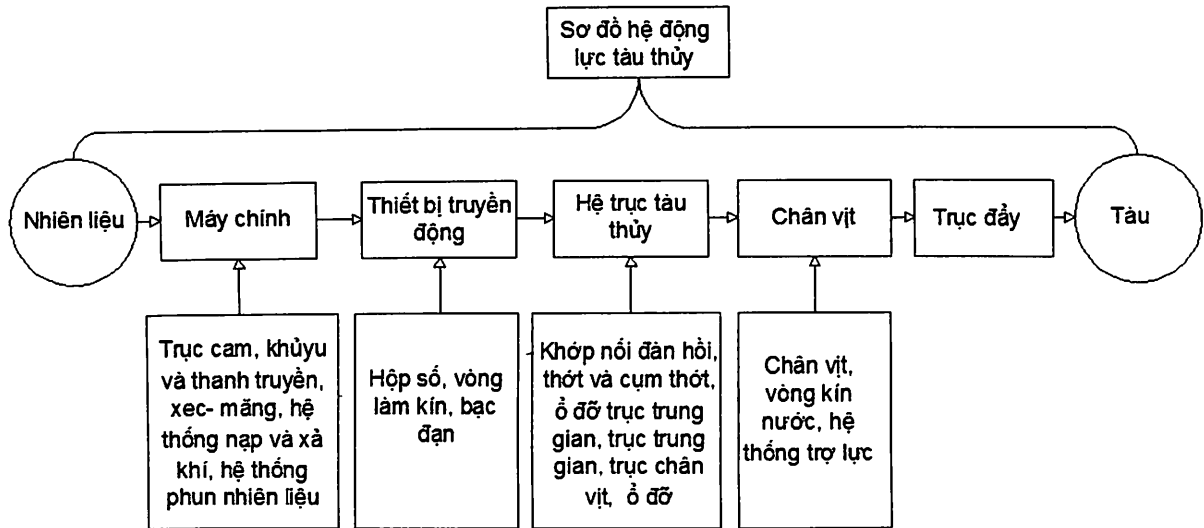
- + Sơ đồ luồng chức năng (hình 2);

- + Mô hình cây hư hỏng của toàn hệ thống động lực (hình 3).

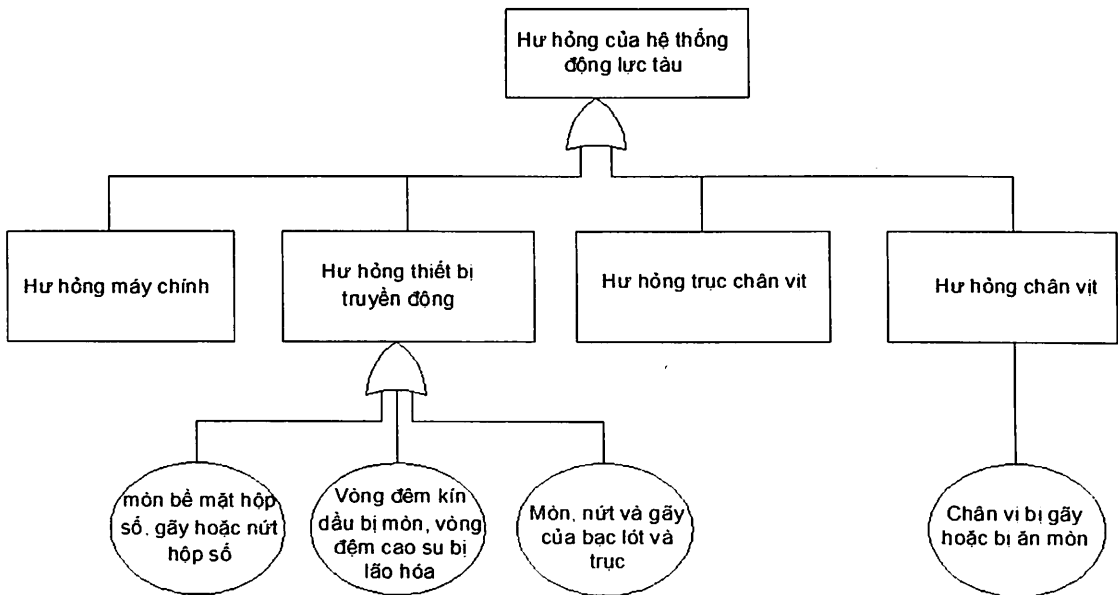
Ngoài mô hình FTA toàn hệ thống, các mô hình FTA cho các phân hệ như máy chính và hệ trục truyền động chính xét cho tàu với một hệ trục được phân tích và xác định như trong các sơ đồ tiếp theo ở hình 4 và hình 5.



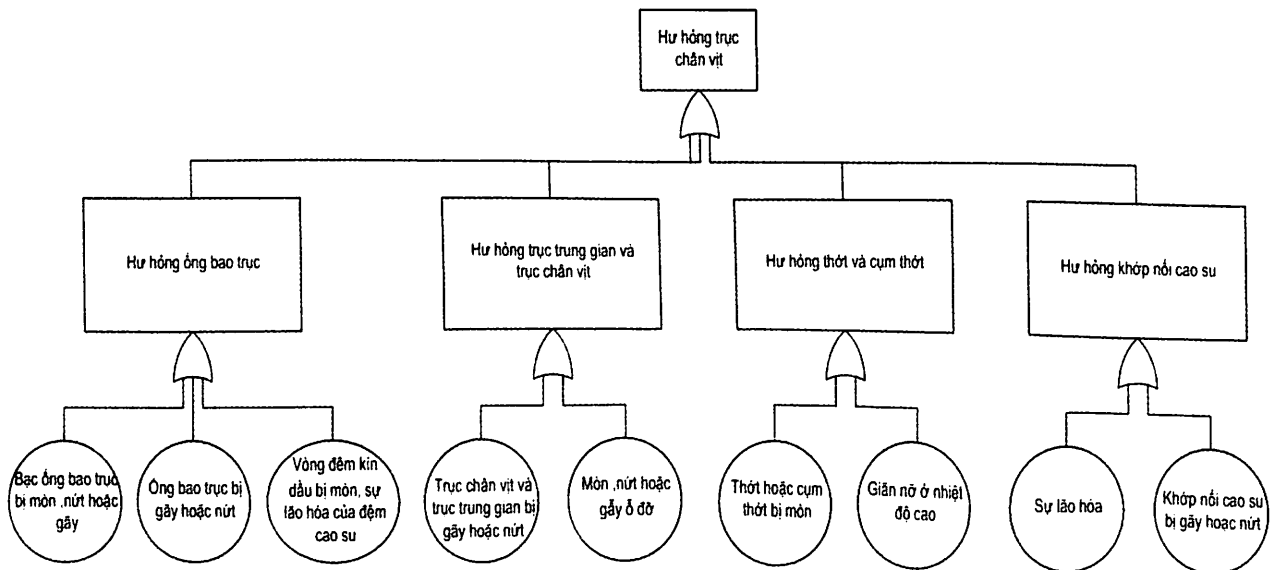
Hình 1. Sơ đồ hệ thống truyền động của tàu thủy.



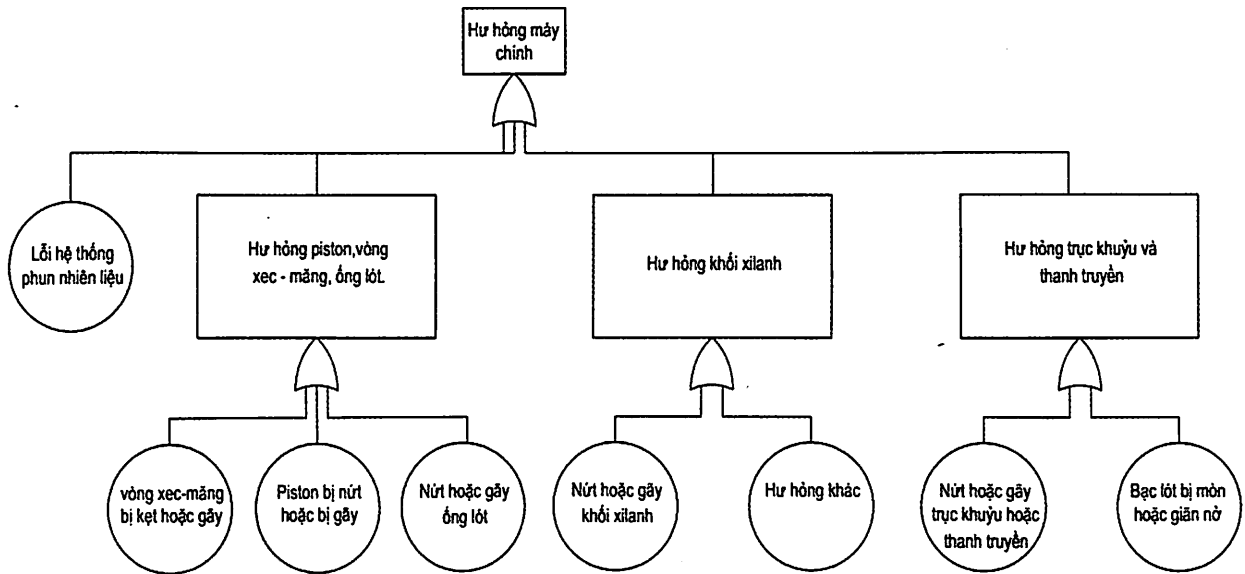
Hình 2. Biểu đồ luồng chức năng của hệ thống truyền động tàu thủy.



Hình 3. Mô hình cây hư hỏng của toàn hệ thống động lực.



Hình 4. Mô hình FTA cho hệ trục tàu thủy.



Hình 5. Mô hình FTA cho Máy chính Diesel.

3. Nhận xét và đánh giá

Ưu điểm của phương pháp này là cho phép chỉ ra được những phân tử hư hỏng, cho phép đánh giá số lượng và chất lượng các phân tử của hệ thống trên quan điểm độ tin cậy, là một trong những phương pháp luận đầu tiên được sử dụng để xác định nguồn gốc các hư hỏng và nó cho phép đơn giản hóa quá trình xác định độ tin cậy của các hệ thống phức tạp.

Bên cạnh đó phương pháp này có một số nhược điểm như: Tốn nhiều thời gian và phương tiện; phù hợp với các hệ thống động cơ hàng hải trong một khoảng thời gian nên không thể đánh giá được toàn bộ hệ thống, bởi vì các chi tiết trong hệ thống động cơ có các tuổi thọ và thời gian bảo trì riêng biệt nhau. Xác suất của chi tiết có rủi ro hư hỏng cao nhất sẽ quyết định đến toàn bộ hệ thống động cơ. Ngoài rủi ro về các chi tiết thì mối quan hệ giữa các chi tiết đó đối với hệ động lực tàu cũng là một điều cần phải quan tâm.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi trường Đại học Bách Khoa, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh, trong khuôn khổ đề tài mang mã số T-KTGT-2015-41 □

Tài liệu tham khảo

[1] Bành Tiến Long, Nguyễn Đình Mãn. “Xây dựng phần mềm xác định luật phân phối chính xác của các đại lượng ngẫu nhiên dùng cho việc nghiên cứu độ tin cậy của các sản phẩm cơ khí”. Cơ khí Việt Nam, Số 97, 2005 (tr47-49).

- [2] Đỗ Đức Tuấn. “Xây dựng chương trình xử lý số liệu thống kê các đại lượng ngẫu nhiên cho việc nghiên cứu hao mòn và độ tin cậy đầu máy diesel”. (Đề tài NCKH T98-CK92 trường ĐH GTVT, Hà Nội), (1999).
- [3] Đỗ Đức Tuấn. “Lí thuyết Độ tin cậy” - Giáo trình Cao học. ĐH GTVT, 2003, (TB 2007).
- [4] Đỗ Đức Tuấn. “Đánh giá hao mòn, độ bền và độ tin cậy của chi tiết và kết cấu đầu máy diesel.” NXB GTVT, Bộ GTVT, Hà Nội, (2005).
- [5] Đỗ Đức Tuấn. “Cơ sở tối ưu hóa chu kỳ sửa chữa các chi tiết và cụm chi tiết trên đầu máy có xét tới hư hỏng không tham số và chi phí sửa chữa”. Tạp chí Khoa học Giao thông vận tải, số 16, 12/2006 (tr 125-136).
- [6] Đỗ Đức Tuấn, Đỗ Việt Dũng. “Phân tích và đánh giá độ tin cậy của các phân hệ trên đầu máy diesel truyền động điện sử dụng trong ngành đường sắt Việt nam”. Tạp chí Khoa học Giao thông vận tải, số 3, 3/2003.
- [7] Đỗ Đức Tuấn, Nguyễn Trung Hải. “Xác định một số chỉ tiêu độ tin cậy của hệ động lực tàu vận tải biển thông qua thời gian làm việc không hỏng”. Tạp chí Khoa học Giao thông vận tải, số 7, 5/2004 (tr 65-76).
- [8] Đỗ Đức Tuấn. Võ Trọng Cang. “Cơ sở tối ưu hoá thời hạn sửa chữa các bộ phận trên đầu máy toa xe ở mức cho trước của độ tin cậy tham số”. Tạp chí Khoa học Giao thông Vận tải, số 17, 5/2007 (tr 134-142).
- [9] Đỗ Đức Tuấn. Võ Trọng Cang. “Xác định đặc trưng hao mòn và thời hạn làm việc của bộ trục bánh xe đầu máy diesel truyền động điện vận dụng tại XN đầu máy Sài Gòn”. Tạp chí Khoa học Giao thông Vận tải, số 28, 11/2009 (tr 66-74).
- [10] Nguyễn Nông, Hoàng Ngọc Vinh. “Độ tin cậy trong sửa chữa ô tô - máy kéo”. NXB Giáo dục, (2000).

- [11] Nguyễn Thạch. “Cơ sở độ tin cậy động cơ diesel tàu thủy”. NXB Khoa học và kỹ thuật, 2004
- [12] Trương Tất Đích. “Phương pháp xác định nhu cầu phụ tùng cho sửa chữa máy dựa trên cơ sở lý thuyết độ tin cậy”, Tạp chí Khoa học Giao thông vận tải, số 10, 2005 (tr 3-7).
- [13] Richard E. Barlow et al. “Reliability and Fault Tree Analysis”. SIAM, (1975)
- [14] Dong Conglin et al. “Marine Propulsion System Reliability Research Based on Fault Tree Analysis”. Adv Shipping and Ocean Eng., Vol 2, iss 1, Mã 2013, pp 27-33.
- [15] Do Duc Tuan and Vo trong Cang. "Determining the Repairing Interval for the Means of Transportation with Regard the Unexpected Failures and Repairing Costs" Lecture notes in Engineering & Computer Science. Vol 2196. (IMECS 2012), pp 1396-1401. ISSN 2078-0958 (Print) / 2078-0966 (Online)
- [16] Nakagawa T. “Maintenance Theory of Reliability”. (Springer series in Reliability Engineering). Springer. (2005).
- H. Pham (ed.) “Handbook of Reliability Engineering”. Springer. (2003).
- [17] Vo trong Cang, Do Duc Tuan. "Reliability Based Calculation of Repairing Interval of Locomotive Wheel Axles". Proc. of 9th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD'12) May 29-31, 2012, Chongqing, China, pp.780-784. ISBN: 978-1-4673-0022-3
- [18] Vo trong Cang, Nguyen Anh Tuan. "Repair Interval of Locomotive Wheel Axle Based on Reliability" Lecture notes in Engineering & Computer Science. Vol 2196. (IMECS 2012), pp 1250-1254. ISSN 2078-0958 (Print) / 2078-0966 (Online)
- [19] H. Wang, H. Pham. “Reliability and Optimal Maintenance” (Springer series in Reliability Engineering). Springer. (2006).

Ngày nhận bài: 16/12/2016

Ngày chuyển phản biện: 19/12/2016

Ngày hoàn thành sửa bài: 09/01/2017

Ngày chấp nhận đăng: 16/01/2017
