

THIẾT KẾ VÀ MÔ PHỎNG HỆ THỐNG BÁO ĐỘNG VÀ BẢO VỆ ÁP SUẤT DẦU BÔI TRƠN CHO ĐỘNG CƠ DIESEL DAIHATSU 8GK-20 TẠI TRUNG TÂM THỰC HÀNH THÍ NGHIỆM MÁY TÀU

DESIGNING AND SIMULATING THE LUBRICATION OIL PRESSURE SAFETY AND ALARM SYSTEM OF DIESEL ENGINES DAIHATSU 8GK-20 AT MARINE ENGINE PRACTICAL AND EXPERIMENTAL CENTER

TRƯƠNG VĂN ĐẠO*, TÔ TRỌNG HIỂN

Khoa Máy tàu biển, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

*Email liên hệ: truongvando@vimaru.ed.vn

Tóm tắt

Hệ thống báo động và bảo vệ áp suất dầu bôi trơn cho động cơ diesel tàu thủy có vai trò quan trọng trong việc đảm bảo động cơ hoạt động an toàn và tin cậy. Vì vậy, việc thiếu hiểu biết của người khai thác về hệ thống này sẽ dẫn đến những thiệt hại về kinh tế và những sự cố nghiêm trọng trong quá trình khai thác động cơ. Nhằm nâng cao sự hiểu biết và hiệu quả trong đào tạo thuyền viên, trong bài báo đại số Boolean và phần mềm mô phỏng Automation studio 5.0 đã được sử dụng để thiết kế và mô phỏng hệ thống này cho động cơ diesel Daihatsu 8GK-20 tại Trung tâm Thực hành thí nghiệm Máy tàu, Khoa Máy tàu biển, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam. Kết quả cho thấy, hệ thống đã mô phỏng được đầy đủ các chức năng của một hệ thống thực tế một cách trực quan và sinh động. Bên cạnh đó, hệ thống mô phỏng cũng cho phép người sử dụng thực hiện được các thao tác để kiểm tra các chức năng của hệ thống.

Từ khóa: Áp suất dầu bôi trơn, hệ thống báo động và bảo vệ, diesel Daihatsu 8GK-20, đại số Boolean.

Abstract

The lubrication oil pressure safety and alarm system of marine diesel engines plays an important role in ensuring safe and reliable engine operation. Therefore, the operator's lack of understanding of this system will lead to economic losses and serious troubles in the engine operation. In order to improve crew training efficiency and understanding, in this article, Boolean algebra and simulation software Automation studio 5.0 were used to design and simulate this system for Daihatsu 8GK-20 diesel engine at Center Experimental Practice - Faculty of Marine Machinery, Vietnam Maritime

University. The results show that the simulation system has fully simulated all functions of the real system visually and vividly. In addition, the simulation system also allows the user to perform operations to test the system's functions.

Keywords: Lubrication oil pressure, alarm and safety systems, Daihatsu 8GK-20 diesel, Boolean algebra.

1. Đặt vấn đề

Hệ thống dầu bôi trơn là một trong những hệ thống quan trọng để đảm bảo sự làm việc an toàn và tin cậy của động cơ đốt trong. Sự cố liên quan đến dầu bôi trơn và hệ thống dầu bôi trơn là một trong những sự cố nguy hiểm nhất gây ra sự phá hủy động cơ. Từ năm 2010 đến 2014, một nhóm nghiên cứu người Thụy Điển chỉ ra những sự cố liên quan đến dầu bôi trơn và hệ thống dầu bôi trơn đã gây thiệt hại khoảng 1,9 triệu USD. Tuy nhiên, trong giai đoạn từ 2015 - 2017, con số thiệt hại này là khoảng 1,7 triệu USD [1].

Một trong những nhiệm vụ quan trọng của hệ thống bôi trơn cho động cơ đốt trong là tạo điều kiện tối ưu cho sự hình thành màng dầu ở tất cả các cặp bề mặt ma sát, chẳng hạn như nhóm piston-xylanh, ổ đỡ bạc biên và bạc trục chính,... [2]. Màng dầu được tạo nên giữa các bề mặt ma sát để giảm thiểu mài mòn cho các cặp chi tiết chuyển động. Tuy nhiên, sự hình thành màng dầu phụ thuộc vào nhiều yếu tố. Một trong những yếu tố quan trọng là giá trị áp suất dầu trong hệ thống bôi trơn [3]. Chính vì vậy, để tránh những hư hỏng và sự cố trong quá trình khai thác động cơ diesel tàu thủy liên quan đến áp suất dầu bôi trơn, quy phạm đóng tàu vỏ thép của các tổ chức Đăng kiểm đều quy định phải trang bị hệ thống báo động và bảo vệ áp suất dầu bôi trơn cho động cơ [4].

Tuy nhiên, qua công tác phỏng vấn, đào tạo và huấn luyện thực tế cho thấy, các sĩ quan máy tàu biển Việt Nam còn nhiều hạn chế về kỹ năng cũng như kiến thức chuyên môn thực tế. Khá nhiều các sĩ quan máy

còn bỏ ngõ chưa hiểu hết vai trò và chức năng của hệ thống báo động và bảo vệ động cơ nói chung và hệ thống báo động và bảo vệ áp suất dầu bôi trơn động cơ nói riêng, dẫn tới khi đâm nhận các chức danh trên tàu đã bị cơ quan chính quyền cảng (*Port State Control - PSC*) kiểm tra bắt lỗi. Hơn thế, nhiều sĩ quan chưa biết quy trình thử để kiểm tra các chức năng của hệ thống dẫn đến các sự cố máy đáng tiếc đã xảy ra, gây thiệt hại nặng nề về tính mạng và tài sản cho các chủ tàu.

Xuất phát từ nhu cầu thực tế như vậy, nhóm nghiên cứu muốn xây dựng một giáo cụ trực quan, thực tế nhằm phục vụ cho công tác đào tạo huấn luyện kỹ năng, nghiệp vụ cho thuyền viên đạt hiệu quả hơn. Vì vậy, trong bài báo này chúng tôi đã thiết kế và mô phỏng hệ thống báo động bảo vệ áp suất dầu bôi trơn cho động cơ diesel Daihatsu 8GK-20 tại Trung tâm Thực hành thí nghiệm Máy tàu, Khoa Máy tàu biển, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam.

2. Cơ sở lý thuyết để thiết kế và mô phỏng hệ thống

Việc thiết kế hệ thống bao gồm thiết kế mạch logic, tính chọn thiết bị, mô phỏng hệ thống. Tuy nhiên, trong khuôn khổ bài báo này chỉ trình bày thiết kế mạch logic và mô phỏng hệ thống cho đối tượng là động cơ diesel Daihatsu 8GK-20. Động cơ này có 8 xy lanh với đường kính xy lanh là 200 mm, công suất ra là 1.280 kW. Giá trị áp suất dầu bôi trơn trong hệ thống ở mức báo động và bảo vệ lần lượt là 3,0 và 2,5 bar [7].

Các mạch logic điều khiển được thiết kế dựa trên đại số Boolean. Đại số Boolean là các phép toán và quy tắc làm việc với tập $\{0,1\}$. Các hàm được sử dụng phổ biến là hàm ĐẢO, VÀ, HOẶC, được kết hợp với một số định luật: hoán vị, nhóm,... [5]. Mạch logic báo động và bảo vệ áp suất dầu bôi trơn được xây dựng theo quy trình sau: Chức năng hệ thống \rightarrow mô tả chức năng bằng lời \rightarrow sơ đồ thuật toán \rightarrow bảng giá trị thật \rightarrow dạng chính tắc \rightarrow dạng tối thiểu \rightarrow sơ đồ mạch logic. Quy trình này là một trong những quy trình phổ biến được sử dụng để thiết kế mạch logic điều khiển [6].

Việc mô phỏng nguyên lý làm việc của hệ thống sẽ giúp giảm thiểu được các sai sót trong khâu thiết kế hệ thống, đồng thời tiết kiệm được thời gian cũng như chi phí cho quá trình chế tạo thử nghiệm. Hiện nay, có rất nhiều ngôn ngữ và phần mềm chuyên biệt để mô phỏng nguyên lý làm việc của hệ thống truyền động thủy lực - khí nén. Tuy nhiên, trong bài báo này phần mềm Automation Studio 5.0 được lựa chọn để mô

phỏng nguyên lý làm việc của hệ thống. Automation Studio là phần mềm ứng dụng có thể tính toán thiết kế và mô phỏng một cách trực quan các hệ thống thủy lực, khí nén và quá trình động học của từng phần tử trong hệ thống.

3. Thiết kế và mô phỏng hệ thống

3.1. Xây dựng sơ đồ thuật toán chức năng báo động và bảo vệ áp suất dầu bôi trơn

Hệ thống báo động và bảo vệ áp suất dầu bôi trơn cho động cơ được mô tả cụ thể bằng sơ đồ thuật toán Hình 1. Hệ thống này có hai chức năng, đó là: chức năng tự động báo động và chức năng dừng động cơ tự động khi áp suất dầu bôi trơn giảm tới giá trị cài đặt.

Tự động báo động: Trong quá trình khai thác động cơ, vì một lý do nào đó làm cho áp suất dầu bôi trơn trong hệ thống giảm đến một giá trị (*được gọi là áp suất báo động*) có thể gây nguy hiểm cho động cơ. Khi đó, hệ thống sẽ đưa ra tín hiệu bằng âm thanh và đèn hiệu cảnh báo cho người khai thác biết để có phương án xử lý kịp thời nhằm đem lại sự hoạt động an toàn cho động cơ.

Tự động dừng động cơ: Sau khi tín hiệu báo động được kích hoạt, nếu áp suất dầu bôi trơn vẫn tiếp tục giảm tới mức nguy hiểm (*được gọi là áp suất bảo vệ*), thì hệ thống sẽ đưa ra tín hiệu để dừng động cơ tự động nhằm bảo vệ động cơ, đồng thời cảnh báo cho người khai thác biết bằng tín hiệu đèn và còi báo động.

3.2. Xây dựng mạch logic báo động áp suất dầu bôi trơn thấp

- Các tín hiệu vào:

x_1 : Tín hiệu động cơ đang hoạt động ($n_{dc} \geq n_{kđ}$);

x_2 : Tín hiệu áp suất LO ở mức báo động;

x_3 : Tín hiệu khẳng định sự cố;

x_4 : Tín hiệu báo động trước đó.

- Các tín hiệu ra:

Z_1 : Tín hiệu làm cho đèn báo mất áp suất dầu LO sáng đỏ nhấp nháy và chuông kêu;

Z_2 : Tín hiệu làm cho đèn báo mất áp suất dầu LO sáng đỏ bình thường.

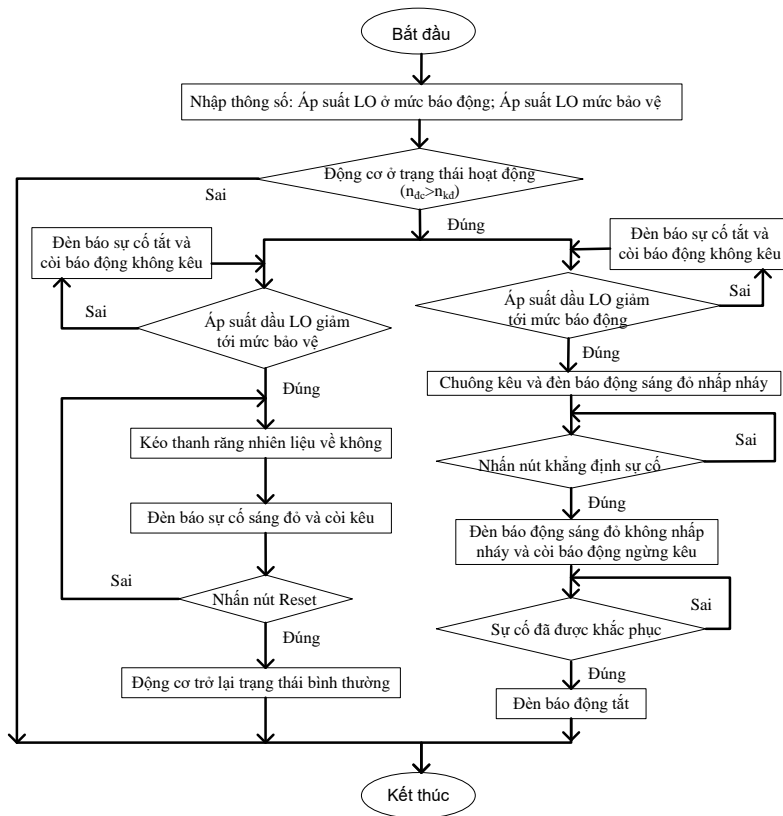
Từ bảng giá trị thật (Bảng 1) ta có các hàm logic sau:

$$Z_1 = x_1 \bar{x}_3 (x_2 + x_4) \quad (1)$$

$$Z_2 = x_1 x_2 \quad (2)$$

Mạch logic báo động áp suất LO - Hình 2 được xây dựng từ phương trình logic (1) và (2).

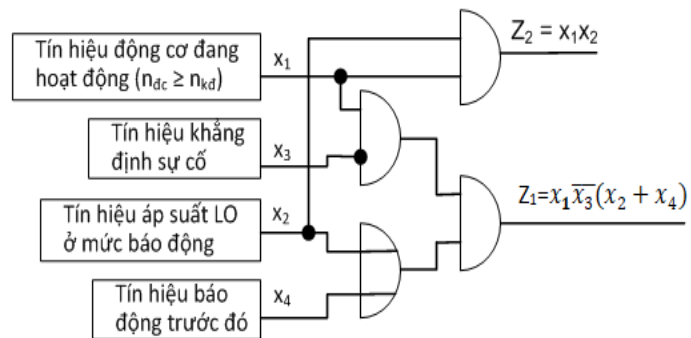
- Bảng giá trị thật thể hiện trên Bảng 1.



LO: dầu bôi trơn (Lubricating Oil); n_{dc} : Vòng quay động cơ; n_{kd} : Vòng quay khởi động
Hình 1. Sơ đồ thuật toán báo động và bảo vệ áp suất dầu bôi trơn thấp

Bảng 1. Bảng mô tả chức năng báo động áp lực dầu bôi trơn thấp

x_1	x_2	x_3	x_4	Z_1	Z_2
1	0	0	0	0	0
1	0	0	1	1	0
1	0	1	0	0	0
1	0	1	1	0	0
1	1	0	0	1	1
1	1	0	1	1	1
1	1	1	0	0	1
1	1	1	1	0	1



Hình 2. Mạch logic báo động áp suất dầu LO

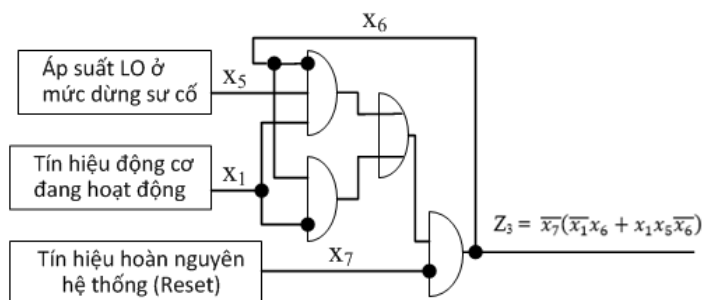
3.3. Xây dựng mạch logic dừng động cơ khi áp suất dầu bôi trơn thấp

- Tín hiệu vào:
 - x_1 : Tín hiệu động cơ đang hoạt động ($n_{dc} \geq n_{kd}$);
 - x_5 : Tín hiệu áp suất LO ở mức dừng sự cố “Shutdown”;
 - x_6 : Tín hiệu dừng sự cố trước đó;
 - x_7 : Tín hiệu hoàn nguyên hệ thống “Reset”.

- Tín hiệu ra:
 - Z_3 : Tín hiệu dừng sự cố động cơ, đèn báo sự cố sáng đỏ và còi kêu.
- Bảng giá trị thật được thể hiện trên Bảng 2.

Bảng 2. Bảng mô tả chức năng dừng động cơ khi áp suất dầu bôi trơn thấp

X ₁	X ₅	X ₆	X ₇	Z ₃
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	1
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	-
1	0	1	1	0
1	1	0	0	1
1	1	0	1	0
1	1	1	0	-
1	1	1	1	-



Hình 3. Mạch logic bảo vệ động cơ

Từ bảng giá trị thật ta có các hàm logic sau:

$$Z_3 = \overline{x_7}(x_1x_6 + x_5x_7) \quad (3)$$

Mạch logic của hệ thống Hình 3 được xây dựng từ phương trình (3).

3.4. Chọn phần tử thực hiện phép toán logic

Từ mạch logic báo động ở Hình 2 và mạch logic bảo vệ ở Hình 3, mạch điều khiển có thể được xây dựng theo nhiều phương thức khác nhau như cơ - khí nén, điện - khí nén, hay thậm chí là điện - điện tử. Tuy nhiên, trong bài báo này hệ thống điều khiển được lựa chọn là hệ thống điện - khí nén. Do đó, các tín hiệu đầu vào cần được lựa chọn loại tín hiệu cho phù hợp (Bảng 3).

3.5. Mô phỏng hệ thống

Sau khi phân loại biến logic, mạch logic được tách thành mạch điện và mạch truyền động khí nén sau đó được mô phỏng trên phần mềm Automation Studio 5.0. Các mạch mô phỏng được thể hiện trên Hình 4 và Hình 5. Trong khuôn khổ bài báo tác giả giới thiệu

tóm tắt các chức năng mà hệ thống mô phỏng đã thực hiện như sau:

Khởi động động cơ diesel

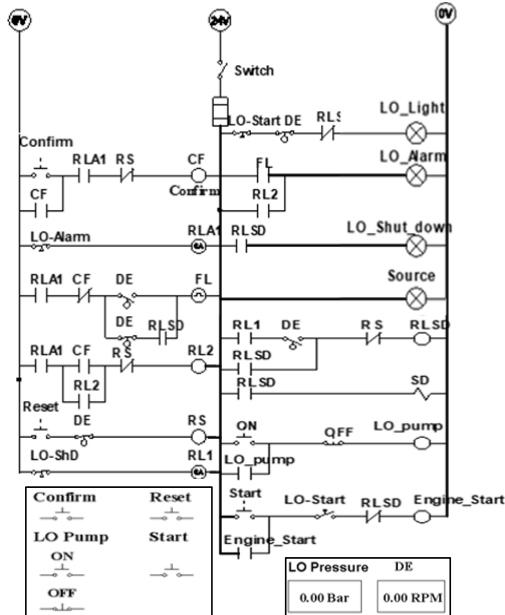
Bật nguồn điện cho hệ thống → đèn nguồn (Source) sáng xanh; cấp nguồn khí khởi động động cơ → đồng hồ áp suất khí khởi động hiển thị 25 bar; cấp nguồn khí điều khiển → đồng hồ áp suất khí điều khiển hiển thị 8 bar. Ấn nút (ON) khởi động bơm dầu nhờn bôi trơn → đồng hồ áp suất LO hiển thị 1,5 bar (Một trong những điều kiện bắt buộc để khởi động được động cơ là áp suất dầu bôi trơn trong hệ thống phải đạt được áp suất tối thiểu cho phép. Với động cơ diesel Daihatsu 8GK-20, áp suất này là 1 bar) [5]. Điều kiện khởi động động cơ đã đủ, tiếp theo ấn nút (Start) khởi động động cơ → đồng hồ chỉ báo vòng

Bảng 3. Lựa chọn loại tín hiệu

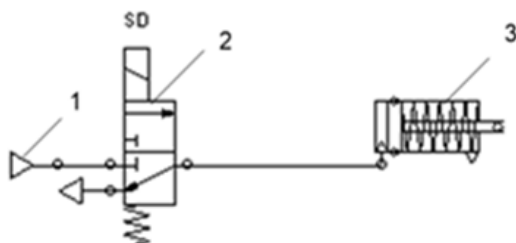
TT	Tín hiệu vào	Chức năng	Chọn tín hiệu	Ghi chú
1	x ₁	Tín hiệu động cơ đang hoạt động (n _{đc} ≥ n _{kd})	Điện	Cảm biến vòng quay
2	x ₂	Tín hiệu áp lực LO ở mức báo động	Điện	Cảm biến áp suất
3	x ₃	Tín hiệu khẳng định sự cố	Cơ	Nút nhấn
4	x ₄	Tín hiệu báo động trước đó	Điện	
5	x ₅	Tín hiệu áp suất LO ở mức "Shutdown"	Điện	Cảm biến áp suất
6	x ₆	Tín hiệu dừng sự cố trước đó	Điện	
7	x ₇	Tín hiệu hoàn nguyên hệ thống "Reset"	Cơ	Nút nhấn

quay động cơ hiển thị 900 RPM (V/P) → đồng hồ chỉ báo áp suất LO tăng lên 4,5 bar → động cơ khởi động thành công.

Thử mô phỏng các chức năng của hệ thống



Hình 4. Sơ đồ mạch điện điều khiển hệ thống



1. Nguồn khí nén điều khiển; 2. Van trượt điều khiển 3/2; 3. Xylanh lực điều khiển thanh răng nhiên liệu

Hình 5. Sơ đồ mạch khí nén dùng sự cố

Chức năng của hệ thống được thử như sau:

Điều chỉnh áp suất dầu bôi trơn động cơ giảm dần đến giá trị áp suất báo động 3 bar, lúc này đèn báo động áp suất dầu bôi trơn “LO_Alarm” sẽ sáng nhấp nháy màu đỏ và còi kêu. Khi đó, người khai thác cần nhấn nút “Confirm” trên bảng điều khiển để khẳng định sự cố → đèn báo động áp suất dầu bôi trơn sẽ sáng đỏ bình thường (không nhấp nháy) và còi báo động sẽ ngừng kêu. Nếu tăng áp suất dầu bôi trơn trong hệ thống lớn hơn áp suất báo động → đèn báo động sẽ tắt. Nếu tiếp tục giảm áp suất dầu bôi trơn trong hệ thống tới mức bảo vệ 2,5 bar, lúc này sẽ có tín hiệu điện cấp đến van điện từ 2 - Hình 5 để cấp khí nén tới xy lanh lực 3 đẩy thanh răng nhiên liệu về 0 để dừng sự cố động cơ. Đồng thời đèn chỉ báo dừng sự

cố động cơ do áp suất dầu bôi trơn (LO_Shut_down) trên bảng điều khiển (Hình 4) sẽ sáng nhấp nháy màu đỏ. Để đưa động cơ từ trạng thái dừng sự cố sang trạng thái dừng bình thường để chuẩn bị cho lần khởi động tiếp theo, người khai thác cần nhấn nút “Reset” trên bảng điều khiển để hoàn nguyên hệ thống.

4. Kết luận

Bài báo đã xây dựng sơ đồ thuật toán, mạch logic và lựa chọn các phần tử thực hiện phép toán logic từ đó mô phỏng thành công chức năng tự động báo động và bảo vệ áp suất dầu bôi trơn thấp cho động cơ diesel lai máy phát điện trên tàu thủy bằng phần mềm Automation Studio 5.0. Đây là giáo cụ trực quan giúp cho công tác đào tạo huấn luyện thuyền viên, Sĩ quan Máy tàu biển Việt Nam sẽ được nâng cao hơn về kỹ năng cũng như kiến thức chuyên môn thực tế.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong đề tài mã số DT20-21.14.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Lubrication failures most common cause of engine damage. URL: <https://vpoglobal.com>. 2018.
- [2] J.F. Thomas, C.S. Sluder, M.D. Kass, et al. A guide to fuel, lubricant, and engine concerns relative to the IMO 2020 fuel oil sulfur reduction mandate. Maritime Administration, US Department of Transportation. 2019.
- [3] Ewa Rostek, Maciej Babiak, Emil Wróblewski. The Influence of Oil Pressure in the Engine Lubrication System on Friction Losses. Procedia Engineering Vol.192, pp.771-776. 2017.
- [4] Quy chuẩn Kỹ thuật Quốc gia về phân cấp và đóng tàu vỏ thép - QCVN 21: 2015/BGTVT. Bộ Giao thông vận tải. Hà Nội, 2015.
- [5] Phạm Văn Khảo, Truyền động tự động khí nén, NXB Khoa học và Kỹ thuật. 2007.
- [6] Nguyễn Doãn Phước, Phan Xuân Minh, Nhận dạng hệ thống điều khiển, NXB Khoa học và Kỹ thuật, 2001.
- [7] The Instruction Book: DAIHATSU 8GK -20.

Ngày nhận bài:	25/02/2021
Ngày nhận bản sửa:	09/3/2021
Ngày duyệt đăng:	15/3/2021