

**NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP THAY THẾ HỆ THỐNG DẦU BÔI TRƠN SƠ MI
XI LẠNH CƠ KHÍ BẰNG HỆ THỐNG BÔI TRƠN ĐIỆN TỬ CHO
ĐỘNG CƠ DIESEL TÀU THỦY**
**STUDY SOLUTION TO REPLACE THE MECHANICAL CYLINDER OIL
LUBRICATING SYSTEM BY ELECTRO CONTROL SYSTEM FOR MARINE
DIESEL ENGINE**

TS. TRẦN HỒNG HÀ

Viện Nghiên cứu phát triển, Trường ĐHHH Việt Nam

ThS. VŨ ĐÌNH HIẾN

Phó tổng giám đốc, Công ty VIPCO

Tóm tắt

Bài báo giới thiệu giải pháp thay thế hệ thống bôi trơn sơ mi xi lanh cơ khí cho động cơ diesel trong đội tàu của công ty VIPCO bằng hệ thống bôi trơn điện tử. Kết quả thử nghiệm cho hiệu quả bôi trơn tăng lên, lượng tiêu thụ dầu nhớt giảm xuống góp phần nâng cao hiệu quả khai thác động cơ diesel và giảm thiểu ô nhiễm môi trường.

Abstract

This paper introduces an effective solution to replace mechanical cylinder oil lubricating oil system by electro control system for VIPCO fleets. The experimental results showed that the effect of the lubrication increased, LO consumption was reduced that increased effective operation of the diesel engine and reduced emission from diesel engine into the environment.

Key words: *Cylinder oil system, Diesel engine.*

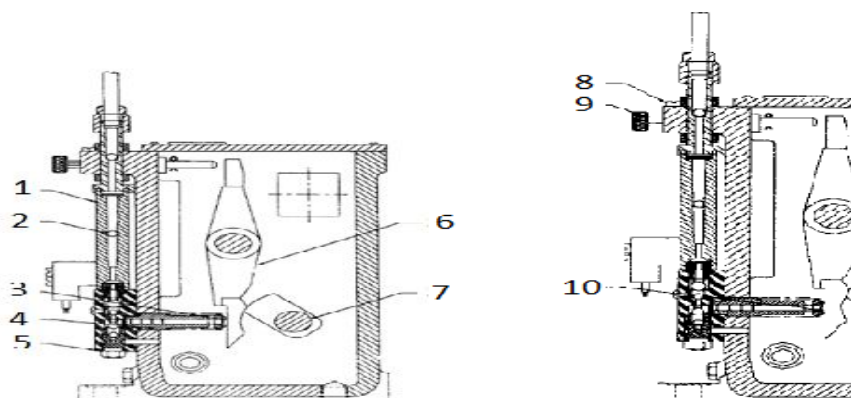
1. Đặt vấn đề

Hệ thống bôi trơn động cơ diesel thiết kế để thực hiện các mục đích: Bôi trơn, biến ma sát khô thành ma sát ướt; điền đầy các khe hở để tăng cường làm kín; rửa sạch bề mặt và làm mát; trung hòa axit và bao phủ kín để bảo vệ bề mặt. Đối với hệ thống bôi trơn xi lanh, các yêu cầu đặc biệt quan trọng bao gồm: Bôi trơn giảm ma sát; điền đầy các khe hở để tăng cường làm kín; trung hòa axit và rửa sạch bề mặt làm việc. Cùng với việc cường tải động cơ diesel, hệ thống bôi trơn xi lanh càng trở nên đặc biệt quan trọng, quyết định tuổi thọ, tính an toàn, tin cậy của động cơ.

VIPCO là công ty với một đội tàu trang bị thế hệ động cơ diesel chế tạo đầu những năm 2000 với nhiều thiết bị lạc hậu trong đó có hệ thống bôi trơn xi lanh. Một số vấn đề nảy sinh trong thực tế khai thác tàu bao gồm tiêu thụ dầu nhớt quá lớn, tuổi thọ của xéc măng và xi lanh giảm, muội than bám đọng và khoang gió quét nhiều,... Trên cơ sở hạch toán chi phí khai thác, đánh giá tình trạng kỹ thuật định kỳ và phân tích các thông tin công nghệ, VIPCO đã triển khai dự án về tăng cường tính tin cậy và hiệu quả trong khai thác tàu bằng việc thay thế hệ thống bôi trơn sơ mi xi lanh hiện có bằng hệ thống bôi trơn điện tử.

2. Hệ thống bôi trơn xi lanh

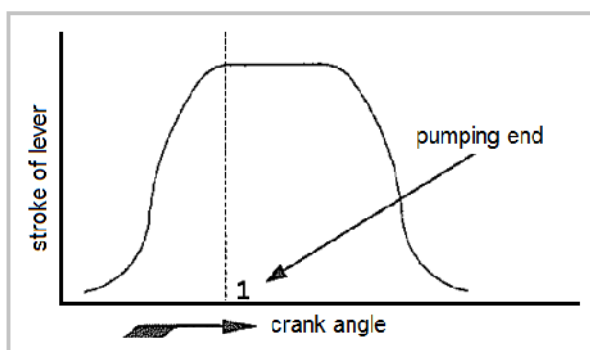
Máy chính tàu Petrolimex 16 sử dụng hệ thống bôi trơn sơ mi xi lanh độc lập do hãng Atlas (Shin Heung Precision Co., Ltd) sản xuất. Trong hệ thống bôi trơn xi lanh, dầu xi lanh từ két chứa được cấp đến két đo để kiểm soát lượng dầu tiêu thụ. Dầu từ két đo qua cụm bơm đến trực tiếp vòi phun và phun vào xi lanh động cơ. Cụm bơm cấp gồm nhiều phân bơm mô tả trên hình 1. Trong phân bơm, trục cam 7 quay do máy chính lái (đồng bộ với tốc độ quay của máy chính). Khi trục cam quay, cơ cấu cam sẽ đẩy cần 6 và thông qua đó sẽ đẩy plunger 3 dịch chuyển tịnh tiến trong xi lanh 4. Các van bi một chiều đảm bảo việc cấp dầu qua ống thủy tinh 1. Viên bi 2 chuyển động chỉ báo dòng dầu cấp vào bôi trơn xi lanh. Kết cấu phân bơm cho phép điều chỉnh lượng dầu trong một lần bơm (lưu lượng bơm) cho từng phân bơm. Lưu lượng của phân bơm được điều chỉnh bằng cách thay đổi hành trình của cần 6 bằng vít chỉnh 9. Thực hiện điều chỉnh tính cho từng phân bơm (lubricator) bằng cách nói lỏng ê cu hãm 8, vặn vít 9 theo chiều kim đồng hồ để giảm hành trình (giảm lưu lượng) hoặc ngược chiều kim đồng hồ để tăng hành trình (tăng lưu lượng). Trong khi động cơ đang hoạt động, có thể theo dõi mức độ nhảy của viên bi 2 (hình 1) để ước đoán lưu lượng của từng phân bơm.



Hình 1. Kết cấu phân bơm cấp (lubricator)

1. Ống thủy tinh; 2. Viên bi; 3. Piston; 4 Xi lanh; 5 Ốc hãm. 6. Cân đẩy; 7. Trục cam;
8. É cu hãm; 9. Vít chỉnh; 10. Piston

Về thời điểm phun, trong hướng dẫn sử dụng của hãng Atlas quy định: ‘quá trình cấp dầu hoàn thành ngay trước khi xéc măng đi qua miệng phun dầu trên xi lanh động cơ’. Trong thực tế việc kiểm tra thực hiện trên dấu chuẩn ‘A’ của Maker. Đối với cụm bơm Atlas, thời điểm kiểm tra (hình 2) chính là điểm cuối hành trình của plunger (pumping end).



Hình 2. Kiểm tra thời điểm bôi trơn

Như vậy, do tính đồng bộ với tốc độ quay của động cơ, lượng dầu tiêu thụ tự động thay đổi phù hợp với sự thay đổi tốc độ quay của động cơ.

Hệ thống bôi trơn xi lanh Atlas còn trang bị cơ cấu điều chỉnh lượng dầu xi lanh khi phụ tải thay đổi (Load Change Dependent lubrication - LCD). Cơ cấu tự động điều chỉnh lượng dầu xi lanh khi phụ tải thay đổi cho phép tăng lượng dầu xi lanh khi khởi động động cơ cũng như khi thay đổi phụ tải giúp giảm ma sát cũng giảm sự mài mòn của nhóm xéc măng - sơ mi xi lanh.

Mặc dù hệ thống Atlas phục vụ máy chính tàu Petrolimex 16 là hệ thống bôi trơn dùng vòi phun dầu đa điểm nhưng thực tế khai thác đã bộc lộ nhiều vấn đề không phù hợp, ảnh hưởng lớn đến khai thác máy chính và con tàu.

3. Một số điểm hạn chế trong khai thác hệ thống bôi trơn cơ khí

Các báo cáo không phù hợp trong khai thác máy chính tàu Petrolimex 16 được thống kê bao gồm:

- Tiêu thụ dầu bôi trơn xi lanh rất lớn;
- Không gian buồng đốt nhiều muội, cửa gió quét, khoang gió nạp bẩn;
- Mức độ mài mòn xi lanh và xéc măng lớn hơn định mức;
- Khói đen khi khai thác chế độ tải nhỏ hoặc không ổn định;
- Lượng dầu thừa xả từ khoang gió quét xuống Scavenging drain tank cao.

VIPCO đã nghiên cứu và tham vấn Maker để thực hiện một số giải pháp kỹ thuật nhưng không thành công. Trong quá trình kiểm tra, đo đạc, tìm hiểu,... một số hệ thống bôi trơn sơ mi xi lanh mà chúng tôi đã thu thập được bao gồm:

a. Thời điểm bôi trơn

Đo kiểm tra thời điểm phun các lỗ phun dầu của từng xi lanh xác nhận số liệu không đều nhau và không đúng như thiết kế (hình 1).

Bảng 1. Pumping end (ρ gqtk) after BDC

Cylinder No	1	2	3	4	5	6	Maker
Pumping end (sau BDC)	112	112	111.5	111.5	111	111	108.5

Nguyên nhân của tình trạng này có thể do các bơm dầu, mài mòn cơ cấu cam, sai lệch truyền động,... Theo các báo cáo kỹ thuật của một số hãng chế tạo động cơ, sai số trong nhiều trường hợp có thể đạt đến 10° (gqtk).

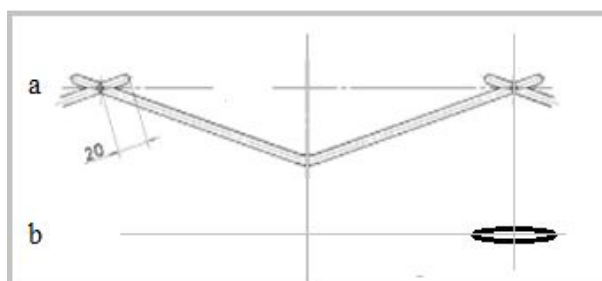
b. Tổ chức quá trình bôi trơn không tốt

Rút piston kiểm tra xác nhận xéc măng các vùng khô, ướt không đều. Rãnh xéc măng, buồng đốt nhiều muội, khoang gió nạp nhiều cặn bẩn.

Thực hiện khảo sát hệ thống bôi trơn dầu sơ mi xi lanh máy chính tàu Petrolimex 16 đã xác nhận một số đặc điểm sau đây:

- Sơ mi xi lanh dùng rãnh ngăn sử dụng vòi phun (Injector) phù hợp với hệ thống bôi trơn áp suất cao;
- Hệ thống bôi trơn xi lanh kiểu cổ điển dùng hệ thống cấp dầu bôi trơn xi lanh điều khiển cơ khí cổ điển, áp suất phun thấp chỉ làm việc phù hợp với sơ mi kiểu rãnh dầu lượn sóng (hình 3).

Từ hai điểm trên nhận thấy hệ thống bôi trơn không phù hợp với kết cấu của sơ mi xi lanh, vòi phun vì dầu bôi trơn khó trải đều toàn chu vi mặt gương khi áp suất phun thấp và không ổn định. Đây chính là điểm yếu nhất của hệ thống bôi trơn xi lanh hiện tại của tàu



Hình 3. Rãnh phân phối dầu (a) và rãnh phun dầu (b)

c. Mức độ mài mòn nhóm xéc măng - xi lanh lớn

Chúng tôi đã thực hiện rút piston, kiểm tra đo đạc số liệu, tính toán tốc độ mài mòn của sơ mi xi lanh. Số liệu ghi nhận được đối với các xi lanh hoạt động sau khoảng từ 3.150 đến 4.500 giờ như bảng sau đây.

Bảng 2. Tốc độ mài mòn sơ mi xi lanh (mm/1.000 h)

Cylinder No	1	2	3	4	5	6	Maker
Pumping end (a BDC)	0.11	0.15	0.12	0.11	0.13	0.12	0.10

Nguyên nhân của tình trạng này có thể do chất lượng tạo màng dầu bôi trơn không đều.

d. Lượng tiêu thụ dầu xi lanh cao

Để khắc phục việc không phù hợp giữa kết cấu sơ mi xi lanh và hệ thống bôi trơn, lượng dầu bôi trơn xi lanh tàu Petrolimex 16 buộc phải điều chỉnh rất cao thậm chí vượt cả mức cao nhất theo khuyến cáo của maker. Tuy nhiên, do không có rãnh lượn sóng, lượng dầu cũng không được phân bố đều trên chu vi mặt gương mà chủ yếu bị bắn lên buồng đốt hoặc xuống khoang gió quét.

VIPCO đã tham vấn hãng sản xuất, thực hiện thử nghiệm điều chỉnh giảm kết hợp với việc kiểm tra tình trạng nhóm piston - xéc măng - xi lanh trong phạm vi dưới 8 giờ hoạt động. Tuy nhiên, tất cả những biểu hiện đều cho thấy buộc phải duy trì suất tiêu hao dầu nhờn ở mức trung bình 1,9 g/kW/h cao hơn rất nhiều so với khuyến cáo của Maker (từ 1,4 g/kW/h đến 1,6 g/kW/h).

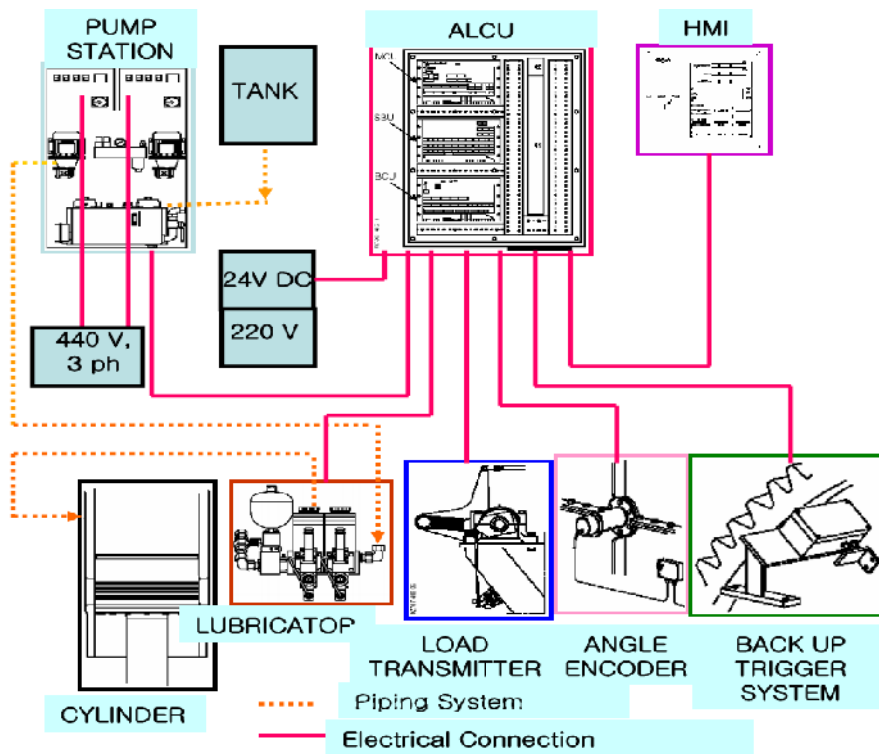
Với việc phải duy trì lượng tiêu thụ dầu xi lanh cao như nêu trên dẫn tới chi phí khai thác cao, tác động xấu tới môi trường, kém tính cạnh tranh trên thị trường đặc biệt trong bối cảnh khó khăn của thị trường vận tải biển cũng như xu thế khai thác tàu theo hướng thân thiện với môi trường như hiện nay của ngành vận tải biển thế giới. Ngoài ra, các hậu quả còn phải gánh chịu như tạo muội trong buồng đốt động cơ, xu páp, vòi phun, tua bin tăng áp, nồi hơi kinh tế,... đã rút ngắn tuổi thọ cũng như thời gian bảo dưỡng các cụm chi tiết này.

4. So sánh Atlas với hệ thống bôi trơn điều khiển điện tử

Ngày nay cùng với sự phát triển của khoa học công nghệ đặc biệt là công nghệ điều khiển, bên cạnh việc áp dụng kỹ thuật điều khiển điện tử cho hệ thống phun nhiên liệu vào động cơ tàu thủy các nhà chế tạo động cơ cũng đưa ra rất nhiều giải pháp nhằm cải thiện quá trình bôi trơn của động cơ trong đó có giải pháp áp dụng công nghệ điều khiển điện tử để điều khiển quá trình phun dầu vào xi lanh hay còn gọi hệ thống bôi trơn điện tử.

a. Hệ thống bôi trơn xi lanh điện tử

Sơ đồ kết cấu hệ thống bôi trơn đa điểm điều khiển bằng điện tử (gọi tắt là hệ thống bôi trơn điện tử) như trong hình 4.



Hình 4. Sơ đồ khối các cụm chi tiết hệ thống bôi trơn điện tử

Hoạt động của hệ thống: Dầu xi lanh với áp lực từ 40 bar đến 50 bar được cấp từ cụm bơm (Pump Station) đến cụm van phân phối rồi tiếp tục được cấp đến các vòi phun dầu xi lanh và sẽ phun vào xi lanh động cơ khi bộ MCU điều khiển mở các van điện tử đặt tại các cụm van phân phối (Alpha Lubricator tương ứng). Thời điểm phun dựa trên cơ sở của hai tín hiệu từ bộ chuyển đổi tín hiệu gồm tín hiệu từ điểm chết trên của xi lanh số 1 và vị trí của trục khuỷu và thường được phun vào xi lanh động cơ ở hành trình nén. Lượng dầu bôi trơn xi lanh trong 1 lần phun không đổi, lượng dầu đó được điều khiển do tần suất phun (tần suất đóng mở các van điện tử cấp dầu). Tần suất phun được tính toán và điều chỉnh dựa trên tín hiệu của phụ tải và tốc độ động cơ. Tần suất

phun này thường tỷ lệ với áp suất có ích bình quân của động cơ (MEP). Trong quá trình hoạt động bình thường, hệ thống được điều khiển bởi bộ điều khiển chính (Main Control Unit - MCU). Nếu có bất kỳ sự không bình thường nào xảy ra trong khi hệ thống hoạt động, hệ thống báo động chung sẽ hoạt động và chi tiết của báo động sẽ được hiển thị trên màn hình giám sát theo dõi. Nếu MCU bị sự cố không thể hoạt động được, hệ thống dự phòng (Back up Control Unit – BCU) sẽ tự động hoạt động thay thế và hệ thống báo động bằng âm thanh hoạt động và đèn báo ‘BCU IN CONTROL’ trên màn hình điều khiển (HMI) sẽ sáng. Trường hợp cả MCU và BCU đều sự cố, hệ thống bảo vệ sẽ thực hiện giảm tốc độ động cơ.

b. So sánh ưu nhược điểm

So sánh ưu nhược điểm các hệ thống bôi trơn đa điểm kiểu cơ khí với kiểu điều khiển bằng điện tử:

Bảng 3. So sánh hai hệ thống bôi trơn cơ khí và điện tử

Chỉ tiêu đánh giá	Hệ thống Atlas cơ khí	Hệ thống Alpha điện tử
Bơm cấp dầu xi lanh (Lubricator)	Trục cam của bơm dầu dẫn động bởi trục cam động cơ làm áp suất dầu phun vào không đều và bị ảnh hưởng bởi tốc độ quay động cơ.	Bơm tăng áp suất lai bởi động cơ điện kết hợp với bình tích năng giúp làm đều áp suất phun và không ảnh hưởng bởi vòng quay động cơ.
Hành trình bơm (Pump stroke)	Thay đổi (bằng vít điều chỉnh lượng dầu bôi trơn cấp vào xi lanh động cơ).	Cố định.
Áp suất phun	Thấp (4 ÷ 5) bar, thay đổi trong toàn bộ quá trình cấp dầu vào xi lanh làm cho chất lượng phun thay đổi.	Cao (40 ÷ 50) bar, ổn định trong suốt quá trình cấp dầu, phân bố trên diện tích bề mặt rộng hơn, lớp dầu trải đều hơn.
Tần suất phun	Đồng bộ vòng quay động cơ.	Điều chỉnh được.
Thời điểm phun (Timing)	Sai lệch giữa các xi lanh, sai lệch với thiết kế do nhiều yếu tố như tình trạng kỹ thuật cụm bơm, độ mài mòn của hệ thống truyền động cơ khí, thời gian hoạt động của động cơ.	Cố định và tối ưu hóa thời điểm cấp, đảm bảo chính xác, không chịu ảnh hưởng của các yếu tố mài mòn cơ khí do vậy không thay đổi sau thời gian hoạt động của động cơ.
Suất tiêu hao dầu xi lanh (Feed rate)	1,2 ÷ 1,6 g/kW.h (thực tế cao hơn: Petrolimex 16 là 1,9 g/kW.h).	Khoảng 0,8 g/kW.h tùy theo hàm lượng S (lưu huỳnh) và loại dầu xi lanh sử dụng.
Lượng dầu tiêu thụ (Consumption)	Điều chỉnh phụ thuộc tốc độ quay động cơ.	Phụ thuộc tốc độ quay và phụ tải động cơ.
Cách thức điều chỉnh lượng dầu bôi trơn cấp vào xi lanh động cơ	Điều chỉnh bằng cách thay đổi hành trình có ích của piston tịnh tiến (bằng vít điều chỉnh), phức tạp và độ chính xác không cao.	Điều chỉnh bằng cách đặt các thông số trên màn hình điều khiển (HMI) giúp đơn giản, chính xác, thuận lợi.
Dầu cặn trong khoang gió quét	Nhiều, khoang gió quét bẩn.	Giảm thiểu, khoang gió quét sạch.

5. Kết quả và thảo luận

So với hệ thống Atlas (bảng 4), tiêu thụ dầu xi lanh giảm 130 lít/ngày tương đương 43%. Dầu xi lanh đọng trong khoang gió quét xả về két dầu bẩn của khoang gió quét đã giảm đến 38 lít/ngày tương đương 58%.

Bảng 4. Lượng dầu tiêu thụ và dầu thừa

	Suất tiêu thụ	Suất tiêu thụ	Dầu thừa
Unit	lít/ngày	g/kW.h	lít/ngày
Atlas system	300	1,9	65
Alpha system	170	1,1	27

- Nhóm các chi tiết liên quan đến buồng đốt:

Khoang gió quét sạch, lượng dầu cặn trong khoang giảm đáng kể. Khi động cơ hoạt động, kiểm tra màu khói xác nhận: sáng đẹp. Buồng đốt sạch, ít muội carbon bám.

6. Kết luận

Bài báo đưa ra cơ sở khoa học, các yêu cầu kỹ thuật khi thực hiện hoán cải hệ thống bôi trơn xi lanh đảm bảo cho máy chính hoạt động an toàn, tin cậy và tiết kiệm dầu bôi trơn xi lanh. So với hệ thống cơ khí hãng Atlas, khi sử dụng hệ thống bôi trơn xi lanh điều khiển điện tử hãng Alpha: tiêu thụ dầu xi lanh giảm khoảng 43%; lượng dầu thừa bị gạt xuống khoang gió quét giảm khoảng 58%; khoang gió quét sạch; không phát hiện dấu hiệu mài mòn bất thường. Thành công của việc hoán cải giúp VIPCO thêm kinh nghiệm thực hiện việc nghiên cứu hoán cải hoặc thiết kế mới có tính chất phức tạp hơn đối với hệ thống bôi trơn xi lanh máy chính lắp đặt trên các tàu khác thuộc đội tàu công ty (ví dụ tàu Petrolimex 10).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Đề tài Thạc sỹ, “Nghiên cứu thiết kế hệ thống bôi trơn điện tử sơ mi xi lanh động cơ diesel tàu thủy”, Vũ Đình Hiền, 2014.
- [2] Leif Eriksen (2003), *Developments in Cylinder liner lubrication*, The Information Conference on ‘Recent Developments in Marine Engineering Operations’, 23/5/2003, Denmark.
- [3] P. Modi; D.C. Gosai; Dr. K.N. Mistry (2014), *Friction between Piston Ring and Liner In IC Engine*, IJSRD - International Journal for Scientific Research & Development. Vol. 2, ISSN (online): 2321-0613.
- [4] *Alpha - lub. System operation manual MC engine (2010)*, Man Diesel.

Người phản biện: TS. Trương Văn Đạo; PGS.TS. Phạm Hữu Tân

NHẬN DẠNG LOẠI ĐẤT CHO HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN MÁY ĐÀO IDENTIFYING THE SOIL TYPE FOR EXCAVATOR CONTROL SYSTEM

TS. LÊ ANH TUẤN

Khoa Cơ khí, Trường ĐHHH Việt Nam

Tóm tắt

Ứng với mỗi loại đất khác nhau, năng lượng hao tán khi cắt đất là khác nhau. Dựa trên nhận xét này, bài báo phát triển một thuật toán nhận dạng loại đất cho máy đào trên mô hình thực nghiệm. Năng lượng hao tán được xác định bằng cách tích phân số lực tác động lên đất dọc theo chiều chuyển động của gầu. Phân tích cho thấy quan hệ giữa năng lượng hao tán và chuyển vị biểu diễn bằng một đường cong cố định và không phụ thuộc vào độ lớn lực tác dụng. Từ đây, có thể xây dựng được bảng đồ năng lượng ứng với nhiều loại đất khác nhau.

Abstract

Corresponding to various types of soil, the energies dissipated during excavating process are distinct. Based on this principle, the recent study develops an algorithm for identifying the soil type and applies it for an experimental model. The dissipated energies are determined by numerically integrating the force of bucket along its moving direction. The result shows that the relationship between dissipated energy and displacement is represented by a unique curve, and is independent of magnitude of applied force. The energy maps are also constructed for various soil types.