

THỂ LỆ VỀ CÔNG BỐ CÔNG TRÌNH KHOA HỌC VÀ ĐĂNG BÀI BÁO KHOA HỌC TRÊN TẠP CHÍ CƠ KHÍ VIỆT NAM

1. Khái quát về Tạp chí Cơ khí Việt Nam:

Tạp chí Cơ khí Việt Nam là cơ quan báo chí thực hiện ngôn luận - lý luận của Tổng hội Cơ khí Việt Nam, đồng thời là tiếng nói, kênh thông tin chính thống của ngành Cơ khí Việt Nam. Tạp chí cũng còn là diễn đàn nghiên cứu khoa học của các nhà quản lý-khoa học-chuyên gia-nghiên cứu sinh, học viên cao học, ... trên cả nước, do đó đã được *Bộ Khoa học và Công nghệ cấp ISSN 2615 - 9910 (mã số chuẩn quốc tế đối với xuất bản phẩm nhiều kỳ) và Hội đồng Chức danh Giáo sư Nhà nước công nhận tính điểm công trình khoa học-bài báo khoa học.*

Tạp chí Cơ khí Việt Nam có nhiệm vụ tuyên truyền, phổ biến chủ trương chính sách của Đảng, pháp luật của Nhà nước và định hướng phát triển, hoạt động của ngành Cơ khí Việt Nam; công bố công trình khoa học, kết quả nghiên cứu và chuyển giao công nghệ, chuyên đề khoa học và công nghệ có hàm lượng khoa học và giá trị thực tiễn cao của nhà quản lý-khoa học-chuyên gia, giảng viên, nghiên cứu sinh, học viên cao học, ... trong ngành Cơ khí và liên quan đến lĩnh vực Cơ khí. Ngoài ra, Tạp chí cũng còn là nơi công bố những phát minh, sáng chế, kết quả, thành tích, điển hình tiên tiến trong hoạt động nghiên cứu khoa học, quản lý, đào tạo và sản xuất, kinh doanh lĩnh vực Cơ khí ở trong và ngoài nước tới đồng bào bạn đọc.

2. Việc công bố công trình khoa học/ đăng bài báo khoa học trong ngành Cơ khí và liên quan đến lĩnh vực Cơ khí trên Tạp chí Cơ khí Việt Nam:

Tạp chí Cơ khí Việt Nam nhận công bố công trình khoa học/ đăng bài báo khoa học trong ngành Cơ khí và liên quan đến lĩnh vực Cơ khí của nhà quản lý-khoa học-chuyên gia-nghiên cứu sinh, học viên cao học, ... trên Tạp chí Cơ khí Việt Nam (bản in giấy), gồm: ¹Cơ khí Chế tạo máy, ²Cơ khí Quốc phòng, ³Cơ khí Giao thông, ⁴Cơ khí Nông-lâm nghiệp, ⁵Cơ khí Xây dựng, ⁶Cơ khí Thủy sản, ⁷Cơ khí Địa chất, ⁸Cơ khí Hóa chất, ⁹Cơ khí Bảo quản chế biến nông lâm thủy sản, ¹⁰Cơ khí Động cơ đốt trong, ¹¹Cơ khí Ô tô - Máy kéo, ¹²Cơ khí Máy thủy khí, ¹³Cơ khí Công nghệ nhiệt lạnh, ¹⁴Cơ khí máy năng lượng, ¹⁵Cơ khí Công nghệ dệt, ¹⁶Cơ khí Công nghệ cắt may, ¹⁷Cơ khí Cơ-điện tử, ¹⁸Cơ khí Kỹ thuật hệ thống công nghiệp, ¹⁹Cơ khí đào tạo nguồn nhân lực và nghiên cứu chuyển giao.

3. Thể lệ về công bố công trình khoa học/ đăng bài báo khoa học trong ngành Cơ khí và liên quan đến lĩnh vực Cơ khí trên Tạp chí Cơ khí Việt Nam. Do đó, công trình khoa học/ bài báo khoa học khi được đăng trên Tạp chí Cơ khí Việt Nam phải đảm bảo các yêu cầu, như sau:

3.1. Yêu cầu chung: Công trình khoa học/ bài báo khoa học đăng trên Tạp chí Cơ khí Việt Nam phải là kết quả nghiên cứu gốc; bài báo tổng quan hoặc bài viết thông tin khoa học (*short communications*).

3.2. Bản thảo: Bài báo đăng trên Tạp chí Cơ khí Việt Nam, gồm có các phần:

1. Tên bài báo (bằng tiếng Việt và bằng tiếng Anh).

2. Tên tác giả, đồng tác giả (kèm theo ghi chú về chức danh khoa học, học hàm, học vị, tên cơ quan công tác, email).

3. Tóm tắt bài báo bằng tiếng Việt và tiếng Anh không quá 350 từ (bao gồm có từ khóa tiếng Việt và tiếng Anh, đối với cụm từ khóa có khoảng 5 - 15 từ khóa).

4. Đặt vấn đề.

5. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu.

6. Kết quả và thảo luận (có thể tách thành 2 phần riêng biệt: Kết quả, Thảo luận).

7. Kết luận.

8. Tài liệu tham khảo (trích dẫn theo đúng quy định bài báo quốc tế).

Bản thảo được soạn trên máy vi tính, sử dụng Unicode, kiểu chữ Time New Roman, cỡ chữ 14, trên giấy A4 - một mặt, chế độ dẫn dòng: "1.5 lines spacing", căn lề trái phải mỗi bên: 3 cm, căn lề trên dưới: 2,5 cm, chế độ lề: "justified". Dung lượng mỗi bài báo khoảng 1.600-2.500 từ. Các đồ thị, hình và ảnh cần trình bày rõ ràng.

Các thuật ngữ khoa học nếu chưa được Việt hóa thì ưu tiên dùng nguyên bản tiếng Anh. Các ký hiệu viết tắt cần phải giải thích khi xuất hiện lần đầu.

Thứ tự bảng và hình được đánh số theo trình tự trong bài, không đánh theo thứ tự đề mục. Không được viết tắt các tiêu mục, tên bảng, hình vẽ. Tên bảng được ghi bên trên bảng, tên hình vẽ được ghi bên dưới hình. Chú thích in nghiêng.

Chỉ có những tài liệu được trích dẫn thực sự trong nội dung bài viết mới đưa vào phần tài liệu tham khảo. Tài liệu tham khảo được sắp xếp theo thứ tự trích dẫn (tài liệu tiếng nước ngoài được sắp xếp theo họ của tác giả, tài liệu tiếng Việt sắp xếp theo tên tác giả) và theo trình tự: tên tác giả, năm xuất bản trong ngoặc đơn (...), tên sách, tên nhà xuất bản, nơi xuất bản (đối với sách), hoặc tên bài báo, tên tạp chí, tập, số (đối với bài báo), trang đầu và trang cuối của tài liệu. Đối với những tài liệu không có tác giả thì xếp theo chữ cái của từ đầu tiên của cơ quan ban hành tài liệu. Trong bản thảo, ở những nội dung tác giả đã tham khảo hoặc sử dụng kết quả nghiên cứu từ các tài liệu khoa học khác, cần đánh dấu bằng số (đặt trong dấu [...]) - là số thứ tự của tài liệu xếp trong danh mục các tài liệu tham khảo. Tài liệu tham khảo cần ghi theo ngôn ngữ gốc, không phiên âm, không dịch.

3.3. Gửi hoặc nộp bài: Bản thảo gồm 2 bản in và 1 bản điện tử. Khi đăng ký nộp bài, các tác giả có thể đề xuất 2 phản biện. Việc chọn các phản biện chuyên môn phù hợp thuộc quyền của Hội đồng Biên tập Tạp chí Cơ khí Việt Nam.

3.4. Phản biện: Sau khi nhận bài viết gửi đăng đúng với Thể thức quy định của Tạp chí Cơ khí Việt Nam, Hội đồng Biên tập sẽ gửi bài viết cho các phản biện.

Những bài viết được chấp nhận đăng, các tác giả sẽ nhận được thư phản hồi của Hội đồng Biên tập với thời gian sửa chữa được yêu cầu tùy theo chất lượng của bài viết. Bản sửa chữa lần cuối của tác giả sẽ được coi là bản gốc.

Bản thảo có thể nộp trực tiếp hoặc gửi qua E-mail của Tạp chí.

Quý tác giả muốn biết thêm thông tin, xin vui lòng liên hệ với **TÒA SOẠN TẠP CHÍ CƠ KHÍ VIỆT NAM**

Địa chỉ: Số 4 Phạm Văn Đồng (trong Viện Nghiên cứu Cơ khí), Mai Dịch, Cầu Giấy, Hà Nội

Điện thoại: (024) 37 920 650 - 0904 177 637 / 0982 254 465

Email: Tckvvn.bbkh@gmail.com * **Website:** cokhivietnam.vn / tapchicokhi.com.vn

ISSN 2615 - 9910 (bản in), ISSN 2815 - 5505 (online)

TẠP CHÍ CƠ KHÍ VIỆT NAM, Số 309, tháng 11 năm 2023
cokhivietnam.vn / tapchicokhi.com.vn

TỔNG BIÊN TẬP
DƯƠNG THANH BÌNH

PHÓ TỔNG BIÊN TẬP
HÀ DUY KHÁNH
ĐẶNG VĂN LONG

HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP
TS. **ĐỖ HỮU Hào** (Chủ tịch)
GS,TSKH. **BÀNH TIẾN LONG** (P. Chủ tịch)
KS. **TẠ QUANG MAI** (P. Chủ tịch)
TSKH. **PHAN XUÂN DŨNG**
PGS,TS. **HÀ MINH HÙNG**
PGS,TS. **TRƯỜNG VIỆT ANH**
GS,TS. **ĐINH VĂN CHIẾN**
GS,TSKH. **PHẠM VĂN LANG**
GS,TS. **CHU VĂN ĐẠT**
PGS,TS. **TRẦN VĨNH HƯNG**
PGS,TS. **ĐÀO QUANG KẾ**
PGS,TS. **NGUYỄN VĂN BẦY**
PGS,TS. **ĐÀO DUY TRUNG**
PGS,TS. **LÊ THU QUÝ**
PGS,TS. **BÙI TRUNG THÀNH**
PGS,TS. **LÊ VĂN ĐIỂM**
GS,TS. **LÊ ANH TUẤN**
GS,TS. **NGUYỄN HỮU LỘC**
PGS,TS. **DƯƠNG VĂN TÀI**
TS. **PHAN ĐĂNG PHONG**
TS. **TẠ NGỌC HẢI**
PGS,TS. **TRẦN NGỌC HIỀN**
PGS,TS. **TRƯỜNG HOÀNH SƠN**
TS. **HỒ TRẦN ANH NGỌC**

THIẾT KẾ MỸ THUẬT
NGÂN GIANG

*Tạp chí Cơ khí Việt Nam:
- In tại Công ty Cổ phần In Khoa học Công nghệ Hà Nội
- Khẩu khổ 20,5cm x 28,5cm
- 224 trang
- Xuất bản mỗi tháng một kỳ
- Giá bán 50.000 đồng/quyển Tạp chí

TẠP CHÍ



TRANG NGUYÊN

ISSN 2615 - 9910 (bản in)
ISSN 2815 - 5505 (online)

CƠ KHÍ

VIỆT NAM

VIETNAM MECHANICAL ENGINEERING JOURNAL

CƠ QUAN CỦA TỔNG HỘI CƠ KHÍ VIỆT NAM

<http://cokhivietnam.vn> / tapchicokhi.com.vn



- ❖ Đánh giá chất lượng kéo cho ô tô con sử dụng hệ thống truyền lực cơ khí có cấp
- ❖ Nghiên cứu thiết kế máy khoan cọc nhồi trên máy cơ sở Cummins M11C310
- ❖ Thiết kế và chế tạo robot bầy đàn ứng dụng trong nghiên cứu

Số 309, tháng 11 năm 2023

Tạp chí Cơ khí Việt Nam phát hành ngày 25 tháng 11 năm 2023

TÒA SOẠN TẠP CHÍ CƠ KHÍ VIỆT NAM

Số 4 Phạm Văn Đồng (trong Viện Nghiên cứu Cơ khí), P. Mai Dịch, Cầu Giấy, Hà Nội

Điện thoại: (024) 3792 0650 **Hotline:** 0904 177 637 - 0982 254 465

Email: tckvietnam@gmail.com

Website: cokhivietnam.vn / tapchicokhi.com.vn

* * *

Giấy phép hoạt động Tạp chí in và Tạp chí Điện tử của Bộ Thông tin và Truyền thông
Số 378/GP-BTTTT, ngày 22 tháng 6 năm 2021

* * *

Văn bản chấp thuận tăng trang số 1409/CBC-QLBC ngày 22 tháng 11 năm 2023 của Cục Báo chí,
Bộ Thông tin và Truyền thông

Văn phòng đại diện:

1. Tại TP. Hồ Chí Minh:

- PGS,TS. **Bùi Trung Thành**
Phòng T4.0, Nhà T, Trường Đại học Công nghiệp
TP. Hồ Chí Minh
Số 12 Nguyễn Văn Bào, phường 4, quận Gò Vấp,
TP. Hồ Chí Minh
Điện thoại: 0913 921 407
Email: tck.tp HCM@gmail.com

- GS,TS. **Nguyễn Hữu Lộc**
Phòng 205, Nhà B11, Trường Đại học Bách khoa,
Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh,
số 268 Lý Thường Kiệt, phường 14, Quận 10,
TP. Hồ Chí Minh.
Điện thoại: 0913 603 264
Email: nhloc@hcmut.edu.vn

2. Tại tỉnh Quảng Ninh:

- TS. **Hoàng Minh Thuận**
Trường Cao đẳng Công nghiệp và Xây dựng,
Liên Phường, Phường Đông, Uông Bí, Quảng Ninh
Điện thoại: 0904 116 189
Email: minhthuan.tckvn@gmail.com

3. Tại Thái Nguyên:

- GS,TS. **Vũ Ngọc Pi**
Số 234 Phú Xá, TP. Thái Nguyên, tỉnh Thái Nguyên
Điện thoại: 0974 905 578
Email: vungocpi@tnut.edu.vn

Phòng viên thường trú:

1. Tại Hải Phòng:

- Lê Thế Hiệp
Điện thoại: 0913 063 747
Email: daidientck@gmail.com

NGHIÊN CỨU – TRAO ĐỔI (6 – 220)

1. Nguyễn Hữu Quang, Nguyễn Anh Tuấn: Giải pháp thu nhận và xử lý tín hiệu đo đối với thiết bị đo độ tròn trong tọa độ cực ứng dụng ba đầu đo.....	6
2. Nguyễn Thị Xuân, Nguyễn Thế Lực, Nguyễn Văn Dung: Nghiên cứu ảnh hưởng của một số yếu tố sơ đồ giác tới định mức vải áo sơ mi trong sản xuất may công nghiệp.....	16
3. Phạm Trung Kiên, Tô Viết Thành, Nguyễn Văn Thuần: Thiết kế, chế tạo thử nghiệm chi tiết thân bơm BHK-12TK bằng phương pháp đúc.....	23
4. Phan Anh Tuấn, Đỗ Thanh Tùng, Cao Khắc Thiện, Nguyễn Thị Ngọc Linh: Nghiên cứu thiết kế, xây dựng hệ thống đo kiểm thông số nguồn laser công suất cao.....	27
5. TS. Vũ Văn Khoa , ThS. Phạm Xuân Trường , KS. Nguyễn Văn Minh , KS. Trần Văn Tùng , KS. Nguyễn Xuân Thế: Nghiên cứu giải pháp xếp bao tự động lên xe tải trong vận chuyển xi măng bao.....	33
6. TS. Bùi Ngọc Hùng , ThS. Nguyễn Trường Giang , ThS. Kim Thị Cẩm Ánh , ThS. Cung Quang Khang: Nghiên cứu phân tích sóng hài điện áp trong lưới điện khi hòa lưới hệ thống pin năng lượng mặt trời.....	40
7. Nguyễn Văn Quang, Nguyễn Văn Thịnh, Nguyễn Thanh Tùng, Nguyễn Thị Tuyết Mai: Nghiên cứu ảnh hưởng của lưu lượng gió đến phát tán bụi trong gương lò đào tại mỏ than Dương Huy sử dụng CFD.....	45
8. ThS. Đỗ Tiến Cần , TS. Nguyễn Phú Thắng , TS. Nguyễn Hanh Hoàn: Nghiên cứu xác định độ trôi con quay 3 bậc tự do trên thiết bị bay.....	51
9. Nguyễn Khắc Chinh, Trương Nguyên Hiến, Ngô Văn Giang: Khảo sát ảnh hưởng của vận tốc chạy dao vòng đến độ nhám bề mặt khi mài trên máy mài tròn UG20.....	58
10. Ngô Xuân Cường, Lê Thu Quý, Trần Văn Dũng, Hoàng Đức Long, Lê Văn Duyên: Thiết kế cơ khí máy hàn con lăn tự động.....	64
11. Ngô Xuân Cường, Lê Văn Duyên, Hoàng Đức Long, Nguyễn Anh Dũng: Thiết kế bộ điều khiển cho thiết bị hàn con lăn tự động.....	69
12. Nguyễn Công Nguyên, Nguyễn Thị Kiều Hạnh, Lê Thanh Sơn, Phan Hoàng Long, Đoàn Xuân Chanh, Nguyễn Tấn Tiến: Nghiên cứu thực trạng lục bình kết khối tại huyện Vĩnh Hưng, tỉnh Long An.....	76
13. Đinh Minh Hải, Trần Anh Tuấn, Nguyễn Trần Trọng: Sử dụng tua bin trực giao phát điện cho khu vực ven biển, hải đảo.....	84
14. TS. Lưu Đức Lịch , ThS. Lê Văn Lương , Ngô Sỹ Đồng: Đánh giá chất lượng kéo cho ô tô con sử dụng hệ thống truyền lực cơ khí có cấp.....	91
15. Nguyễn Công Nguyên, Nguyễn Thị Kiều Hạnh, Lê Thanh Sơn, Phan Hoàng Long, Đoàn Xuân Chanh, Nguyễn Tấn Tiến: Nghiên cứu đề xuất giải pháp trực vớt lục bình kết khối.....	97
16. Nguyễn Văn Hưởng , TS. Nguyễn Trọng Doanh: Nghiên cứu thuật toán tìm đường đi tối ưu cho robot có khả năng tránh vật cản trong môi trường biết trước.....	106
17. ThS. Nguyễn Văn Cương , ThS. Nguyễn Quang Huy: Thiết kế thiết bị gạt cánh đuôi động cơ trong quá trình bảo dưỡng, sửa chữa đạn phản lực 9M-22Y.....	113

18. Nguyễn Thái Sơn, Trần Ngọc Hiền: Nghiên cứu thực nghiệm về ảnh hưởng các thông số công nghệ in 3D kim loại đến chất lượng sản phẩm in.....	116
19. Hồ Triết Hưng, Vũ Đình Hải: Nghiên cứu giải pháp tiết kiệm năng lượng hệ thống điều khiển thủy lực dùng van servo.....	122
20. Huỳnh Công Lớn, Lương Văn Tới: Nghiên cứu thiết kế máy khoan cọc nhồi trên máy cơ sở Cummins M11C310.....	128
21. Trịnh Đức Cường, Nguyễn Trường Thịnh: Thiết kế và phát triển bàn tay robot đánh đàn piano.....	139
22. Đặng Trí Dũng, Nguyễn Minh Triều, Nguyễn Trường Thịnh: Thiết kế và chế tạo robot bày đàn ứng dụng trong nghiên cứu.....	146
23. Nguyễn Minh Triều, Nguyễn Trường Thịnh: Nghiên cứu thiết kế robot đầu dựa trên nhân trắc học của người Việt Nam.....	154
24. Nguyễn Hữu Nhân, Phan Hoàng Long, Dương Văn Tú, Nguyễn Huy Hùng, Nguyễn Tấn Tiến: Nghiên cứu tự động hóa kiểm định đầu phun chữa cháy Part 1 – Nghiên cứu tiêu chí kiểm định theo TCVN 6350-1:2007.....	162
25. PGS,TS. Vũ Huy Lâm, ThS. Vũ Thanh Quỳnh: Nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số chế độ hàn đến sự hình thành mối hàn góc tư thế hàn ngang khi hàn tự động dưới lớp thuốc hàn thiêu kết hệ bazơ trung bình F7A(P)4-BK.....	171
26. Dương Ngọc Khánh, Phan Thành Nhân: Nghiên cứu sấy trà hoa Lavender trên hệ thống sấy bơm nhiệt tầng sôi.....	180
27. Nguyễn Hữu Nhân, Phan Hoàng Long, Dương Văn Tú, Nguyễn Huy Hùng, Nguyễn Tấn Tiến: Nghiên cứu tự động hóa kiểm định đầu phun chữa cháy Part 2 – Đề xuất giải pháp kiểm định đầu phun tự động.....	187
28. Trần Thanh Dân, Trịnh Vương Quang Huy, Dương Văn Tú, Nguyễn Tấn Tiến: Nghiên cứu giải pháp lau tấm pin năng lượng mặt trời hộ gia đình kết hợp drone và robot hút bụi.....	193
29. Huỳnh Minh Nhật, Nguyễn Tiến Minh Khôi, Lâm Hoàng Anh, Trương Công Toại, Nguyễn Danh An, Dương Văn Tú, Nguyễn Huy Hùng, Nguyễn Tấn Tiến: Thiết kế hệ thống pin lưu trữ Lithium-Ion cho thiết bị không người lái dưới nước.....	200
30. TS. Vũ Ngọc Tuấn, ThS. Nguyễn Thành Huy, ThS. Nguyễn Hữu Thành, ThS. Nguyễn Ngọc Cường: Xây dựng mô hình nghiên cứu tuổi thọ của một số loại ắc quy sử dụng trên ô tô điện.....	206
31. Ngô Xuân Cường, Lê Thu Quý, Trần Văn Dũng, Đinh Khắc Mác, Đỗ Quang Chiến: Thiết kế bộ làm kín hai nửa cho tua bin thủy điện.....	213
32. Nguyễn Chung, Nguyễn Khắc Chinh: Tiêu chí mất ổn định cục bộ của việc tạo hình kim loại tấm và ứng dụng trong biểu đồ giới hạn tạo hình (FLD).....	218

DANH SÁCH
NHÀ KHOA HỌC THAM GIA PHẦN BIỆN KHOA HỌC CÁC BÀI BÁO
KHOA HỌC ĐĂNG TẢI TRÊN CHUYÊN MỤC NGHIÊN CỨU – TRAO ĐỔI
TẠP CHÍ CƠ KHÍ VIỆT NAM, SỐ 309, THÁNG 11 NĂM 2023

TT	HỌC HÀM, HỌC VỊ; HỌ VÀ TÊN	ĐƠN VỊ CÔNG TÁC
1	TS. Vũ Trung Tuyền	Viện Nghiên cứu Cơ khí, Bộ Công Thương
2	TS. Đỗ Đình Lương	
3	PGS,TS. Hà Minh Hùng	Viện Phát triển Kỹ thuật Công nghệ Tiên tiến
4	TS. Bùi Văn Hưng	Trường Đại học Giao thông Vận tải
5	TS. Đậu Chí Dũng	Trường Cao đẳng Kỹ thuật Công nghiệp Việt Nam - Hàn Quốc
6	TS. Hồ Việt Bun	Trường Đại học Mỏ - Địa chất
7	TS. Phạm Thị Thủy	
8	TS. Phạm Khắc Lâm	Viện Tên lửa, Viện Khoa học và Công nghệ Quân sự
9	TS. Cao Thị Kiên Chung	Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên
10	TS. Nguyễn Quang Dũng	Học viện Kỹ thuật Quân sự
11	TS. Nguyễn Hoàng Hải	
12	TS. Nguyễn Trường Sinh	
13	TS. Nguyễn Thanh Hùng	
14	PGS,TS. Trần Anh Sơn	Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh
15	PGS,TS. Lưu Thanh Tùng	
16	TS. Trần Quang Phước	
17	TS. Phạm Vũ Dũng	Trường Đại học Kinh tế Kỹ thuật Công nghiệp
18	TS. Nguyễn Văn Mùi	
19	PGS,TS. Lê Thu Quý	Phòng Thí nghiệm Trọng điểm Công nghệ Hàn và Xử lý bề mặt, Viện Nghiên cứu Cơ khí
20	PGS,TS. Võ Tường Quân	Trung tâm Nghiên cứu Thiết bị và Công nghệ Cơ khí Bách khoa, Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh
21	PGS,TS. Nguyễn Hùng	Trường Đại học Công nghệ TP. Hồ Chí Minh
22	TS. Nguyễn Đức Cường	Trường Đại học Đồng Tháp
23	TS. Phan Công Trình	Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. Hồ Chí Minh
24	PGS,TS. Phạm Huy Hoàng	Trường Đại học Công Thương TP. Hồ Chí Minh
25	PGS,TS. Bùi Văn Hạnh	Trường Cơ khí, Đại học Bách khoa Hà Nội
26	TS. Bùi Đình Bá	
27	TS. Lê Khắc Bình	Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vinh
28	PGS,TS. Nguyễn Minh Phú	Trường Đại học Công nghiệp TP. Hồ Chí Minh

GIẢI PHÁP THU NHẬN VÀ XỬ LÝ TÍN HIỆU ĐO ĐỐI VỚI THIẾT BỊ ĐO ĐỘ TRÒN TRONG TỌA ĐỘ CỰC ỨNG DỤNG BA ĐẦU ĐO

A SOLUTION FOR DATA ACQUISITION AND PROCESSING ON ROUNDNESS MEASUREMENT MACHINE USING A COMBINATION OF THREE PROBES

Nguyễn Hữu Quang, Nguyễn Anh Tuấn

Khoa Cơ khí, Trường Đại học Kinh tế Kỹ thuật Công nghiệp

TÓM TẮT

Bài báo trình bày giải pháp thu nhận xử lý tín hiệu đo đối với thiết bị đo độ tròn trong tọa độ cực ứng dụng phương pháp kết hợp ba đầu đo nhằm nâng cao độ chính xác của phép đo. Trong mô hình này sử dụng 03 đầu đo dịch chuyển thẳng là các đồng hồ so 0,001 của hãng Mitutoyo. Khi đó, để đảm bảo độ chính xác của phép đo, một trong các yêu cầu đặt ra ở đây là cần lấy được tín hiệu của 03 đồng hồ so tại cùng một thời điểm ở các vị trí góc quay khác nhau trong quá trình đo. Vì vậy, trong nghiên cứu này đã phân tích và lựa chọn loại vi điều khiển thích hợp và xây dựng giải pháp để lấy được tín hiệu đồng bộ của 03 đồng hồ so, từ đó xây dựng được giải pháp thu nhận và xử lý tín hiệu đo đảm bảo độ chính xác đo đối với thiết bị đo độ tròn trong tọa độ cực ứng dụng ba đầu đo.

Từ khóa: Thu nhận xử lý tín hiệu đo; Máy đo độ tròn; Ba đầu đo kết hợp.

ABSTRACT

This article presents a solution for data acquisition and processing on roundness measurement machine using a combination of three probes to improve the accuracy of the measurements. The roundness measurement machine uses three linear probe. These probes are Mitutoyo 0.001 digit indicator. Their signals is taken at the same time in each position of rotary angle. On the request of the problem of synchronization signal transmission to select the appropriate microcontroller and software development interface to handle data stored results.

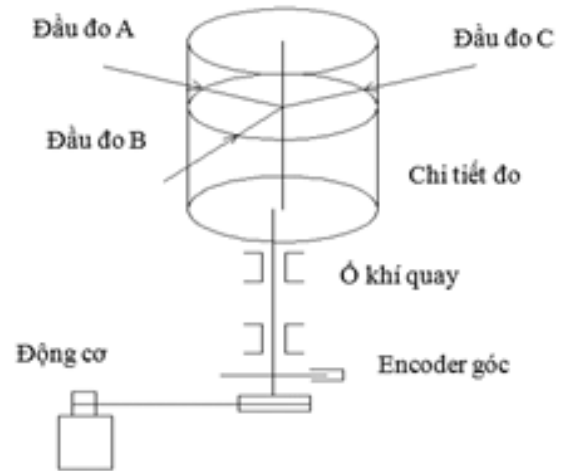
Keywords: Acquisition and processing of measurement signals; Roundness measuring machine; A combination of three probes.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

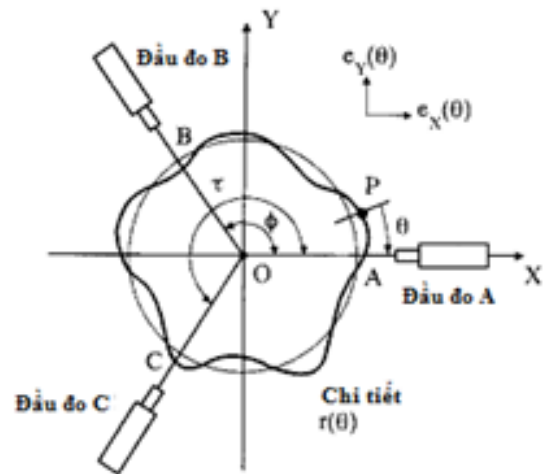
Độ tròn là một trong các chỉ tiêu kỹ thuật quan trọng để đánh giá sai số hình dáng hình học của các chi tiết cơ khí, ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng làm việc và độ chính xác của các thiết bị cơ khí. Có một số các phương pháp đo độ tròn khác nhau nhưng phương pháp đo sai lệch độ tròn bằng tọa độ cực là phương pháp đo trực tiếp và đạt độ chính xác cao nhất. Đối với thiết bị đo độ tròn này sẽ bao gồm cảm biến dịch chuyển thẳng để đo biến thiên bán kính ΔR_i và cảm biến góc quay để xác định góc quay θ_i tương ứng tại từng vị trí bán kính R_i . Cơ sở để đảm bảo độ chính xác của phép đo này là phải đảm bảo được độ định tâm của trục quay, duy trì điểm gốc cực cố định trong suốt quá trình đo, khi đó bộ dữ liệu điểm đo $M_i(\Delta R_i, \theta_i)$ thu được sẽ phản ánh đúng giá trị sai lệch của profile chi tiết cần đo. Tuy nhiên, trong nhiều trường hợp khi cần nâng cao hơn nữa độ chính xác cho phép đo (khi yêu cầu độ chính xác của phép đo cao hơn độ chính xác định tâm ổ quay) hoặc công nghệ gia công ổ quay gặp khó khăn, độ chính xác định tâm quay không đáp ứng được như mong muốn, khi đó cùng với việc sử dụng ổ khí quay kết hợp với phương pháp sử dụng ba đầu đo sẽ loại bỏ độ lệch tâm và độ dao động tâm tức thời. Khi đó, để đảm bảo độ chính xác của phép đo, một trong các yêu cầu đặt ra ở đây là cần lấy được tín hiệu của 03 đồng hồ so tại cùng một thời điểm ở các vị trí góc quay khác nhau trong quá trình đo. Vì vậy, bài báo này sẽ phân tích và lựa chọn loại vi điều khiển thích hợp và xây dựng giải pháp để lấy được tín hiệu đồng bộ của 03 đồng hồ so, từ đó xây dựng được giải pháp thu nhận và xử lý tín hiệu đo đảm bảo độ chính xác đo đối với thiết bị đo độ tròn trong tọa độ cực ứng dụng ba đầu đo.

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Cơ sở lý thuyết của phương pháp kết hợp ba đầu đo



a. Sơ đồ nguyên lý đo độ tròn trong tọa độ cực sử dụng ba đầu đo



b. Bố trí ba đầu đo đặt lệch góc ϕ và τ

Hình 1. Sơ đồ bố trí đầu đo, sơ đồ nguyên lý của mô hình thực nghiệm đo [1-3]

Hình 1.a thể hiện sơ đồ nguyên lý đo độ tròn trong tọa độ cực sử dụng ba đầu đo kết hợp. Trong khi, hình 1.b thể hiện vị trí đặt ba đầu đo cố định quanh chi tiết đo với các góc gá đặt đầu đo lần lượt là ϕ , τ . Giả sử O là giao

điểm của đường tâm ba đầu đo. Gọi P là một điểm đo trên biên dạng chi tiết và sai lệch về độ tròn được ký hiệu bởi hàm $r(\theta)$ với θ là góc giữa điểm P và trục X. Khi đó, nhận thấy tín hiệu của các đầu đo dịch chuyển (đồng hồ so) được xác định bằng các hàm $m_A(\theta)$, $m_B(\theta)$, $m_C(\theta)$ tương ứng như sau [3]:

$$m_A(\theta) = r(\theta) + e_x(\theta) \quad (1)$$

$$m_B(\theta) = r(\theta - \phi) + e_y(\theta) \cdot \sin \phi + e_x(\theta) \cdot \cos \phi \quad (2)$$

$$m_C(\theta) = r(\theta - \tau) + e_y(\theta) \cdot \sin \tau + e_x(\theta) \cdot \cos \tau \quad (3)$$

Trong đó, $e_x(\theta)$, $e_y(\theta)$ là sai số do độ lệch tâm và độ dao động tâm tương ứng theo phương x và y.

Nhân hai vế của phương trình (2) với $-\sin \tau / \sin(\tau - \phi)$ và hai vế của phương trình (3) với $\sin \phi / \sin(\tau - \phi)$, ta có:

$$-m_B \frac{\sin \tau}{\sin(\tau - \phi)} = -r(\theta - \phi) \frac{\sin \tau}{\sin(\tau - \phi)} - e_y(\theta) \frac{\sin \phi \sin \tau}{\sin(\tau - \phi)} - e_x \frac{\cos \phi \sin \tau}{\sin(\tau - \phi)} \quad (4)$$

$$m_C \frac{\sin \phi}{\sin(\tau - \phi)} = r(\theta - \tau) \frac{\sin \phi}{\sin(\tau - \phi)} + e_y(\theta) \frac{\sin \phi \sin \tau}{\sin(\tau - \phi)} + e_x \frac{\cos \tau \sin \phi}{\sin(\tau - \phi)} \quad (5)$$

Cộng hai vế của các phương trình (1), (4) và (5), ta được tín hiệu kết hợp của ba đầu đo $m_t(\theta)$ như sau:

$$m_t(\theta) = m_A(\theta) + T_1 \cdot m_B(\theta) + T_2 \cdot m_C(\theta) \quad (6)$$

$$= r(\theta) + T_1 \cdot r(\theta - \phi) + T_2 \cdot r(\theta - \tau) \quad (7)$$

$$\text{Trong đó: } T_1 = -\sin \tau / \sin(\tau - \phi) \quad (8)$$

$$T_2 = \sin \phi / \sin(\tau - \phi) \quad (9)$$

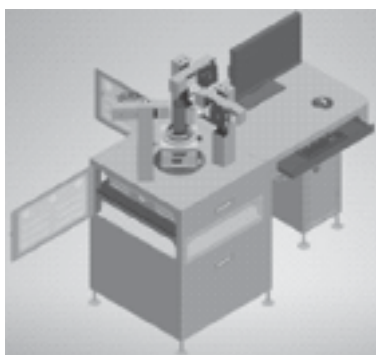
Bằng thuật toán hoàn toàn xác định được hàm số thể hiện biên dạng chi tiết đo [1-2]:

$$r(\theta) = R + \sum_{i=1}^k (a_i \cos i\theta + b_i \sin i\theta) \quad (10)$$

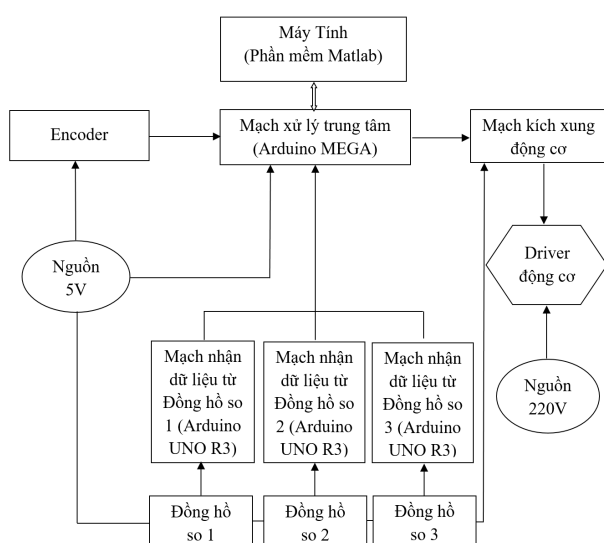
Sai lệch độ tròn được tính theo công thức:

$$\Delta_o = r(\theta)_{\max} - r(\theta)_{\min} \quad (11)$$

Như vậy, từ biểu thức (6) và (7) nhận thấy tín hiệu kết hợp ba đầu đo $m_t(\theta)$ ở đây không còn lẫn giá trị sai số do độ lệch tâm và dao động tâm $e_x(\theta)$ và $e_y(\theta)$ gây ra. Điều này chứng tỏ, khi ổ quay của bàn đo có độ biến động tâm quay do khả năng hạn chế của công nghệ chế tạo thì phương pháp này vẫn đảm bảo được độ chính xác của kết quả đo. Do đó, với giải pháp đo này hoàn toàn có thể loại bỏ được độ dao động tâm quay do khả năng hạn chế của công nghệ chế tạo ổ quay, từ đó đảm bảo được độ chính xác của kết quả đo. Từ phân tích cơ sở lý thuyết ở trên, trong nghiên cứu này, nhóm tác giả đã xây dựng một mô hình thực nghiệm đo như thể hiện trên hình 2 và một giải pháp xây dựng hệ thống thu nhận và xử lý tín hiệu đo của mô hình đo độ tròn trong tọa độ cực ứng dụng kết hợp ba đầu đo với sơ đồ nguyên lý như thể hiện trên hình 3. Trong đó, các đầu đo dịch chuyển bằng đồng hồ so điện tử Mitutoyo 543-790 được sử dụng để xác định độ biến thiên bán kính ΔR_i . Đồng thời, Encoder góc LPD3806-600BM-G5-24C được sử dụng để xác định góc quay θ_i của bàn đo. Tín hiệu của 03 đồng hồ so sẽ được 03 mạch Arduino UNO R3 thu nhận và sẽ được truyền về mạch xử lý trung tâm Arduino Mega 2560. Vì điều khiển Arduino Mega 2560 có chức năng điều khiển quá trình đo, truyền nhận và xử lý tín hiệu của 03 đồng hồ so và 01 encoder góc. Phần mềm Matlab được ứng dụng làm công cụ kết nối, tính toán và lưu trữ do việc tạo giao diện và viết chương trình xử lý trên Matlab tương đối đơn giản. Trên cơ sở những thiết bị có sẵn các thông số kỹ thuật do nhà sản xuất đưa ra, nhóm nghiên cứu sẽ xây dựng một giải pháp để thu nhận xử lý tín hiệu đo và khai thác các tính năng của thiết bị một cách tối ưu phục vụ cho mô hình đo.



Hình 2. Mô hình thực nghiệm đo độ tròn trong tọa độ cực ứng dụng ba đầu đo



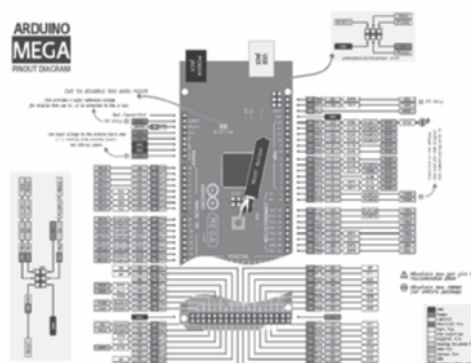
Hình 3. Sơ đồ nguyên lý của hệ thống thu nhận và xử lý tín hiệu đo của mô hình đo độ tròn trong tọa độ cực ứng dụng kết hợp ba đầu đo

2.2. Các bộ phận phần cứng

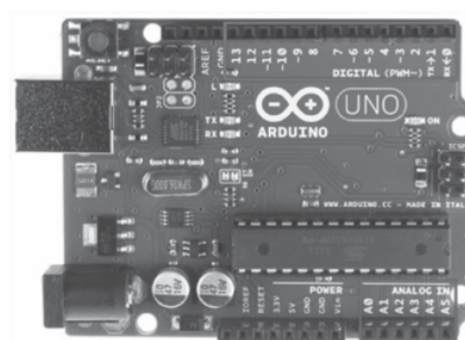
a. Lựa chọn vi xử lý

Trên cơ sở yêu cầu của bài toán thu nhận xử lý tín hiệu đo ở đây, một vi điều khiển Arduino Mega 2560 đã được sử dụng để điều khiển quá trình đo, truyền nhận và xử lý tín hiệu của 3 đồng hồ số và 1 encoder góc. Ngoài ra, 03 mạch Arduino UNO R3 đã được sử dụng để thu nhận tín hiệu của 03 đồng hồ số và truyền về mạch xử lý trung tâm Arduino Mega 2560.

Arduino Mega 2560 là một vi điều khiển sử dụng ATmega2560. Arduino Mega 2560 có 5 chân GND, 3 chân 5V, 1 chân 3.3V, 1 nút reset, 16 chân analog, 4 chân UART, 54 chân digital, trong đó có 15 chân chúng ta có thể sử dụng như PWM, 6 chân lập trình ISP (như thể hiện trên hình 4). Trong khi, Arduino UNO sử dụng 03 vi điều khiển họ 8 bit AVR là ATmega8, ATmega168, ATmega328. Arduino UNO có 14 chân digital dùng để đọc hoặc xuất tín hiệu (như thể hiện trên hình 5). Đặc biệt, Arduino UNO có 2 chân A4 (SDA) và A5 (SCL) hỗ trợ giao tiếp I2C/TWI với các thiết bị khác. Như vậy, về cơ bản, Arduino Mega 2560 giống Arduino Uno R3 nhưng khác số lượng chân và có nhiều tính năng mạnh hơn. Do đó, Arduino Mega 2560 được sử dụng làm mạch xử lý trung tâm để điều khiển quá trình đo, Arduino Uno R3 được sử dụng làm mạch xử lý tín hiệu nhận được từ đồng hồ số điện tử.



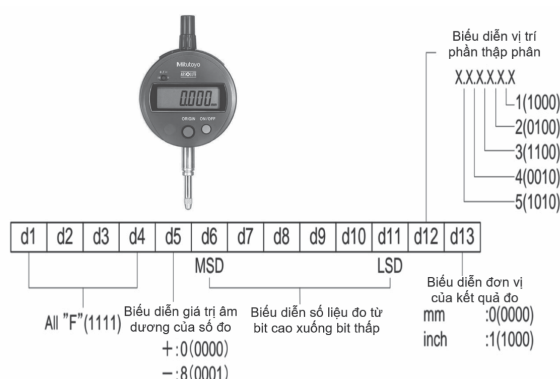
Hình 4. Vi xử lý Arduino Mega 2560



Hình 5. Vi xử lý Arduino UNO R3

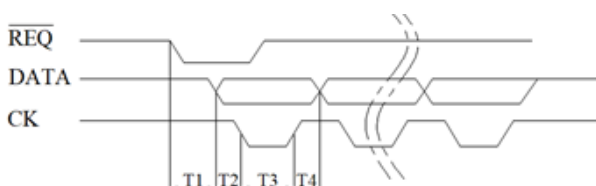
b. Đồng hồ so

Trong nghiên cứu này, đồng hồ so Mitutoyo 543-790 với dải đo 0-12,7 mm và độ phân giải 0,001 được sử dụng làm đầu đo để xác định độ biến thiên bán kính ΔR_i của chi tiết tại tiết diện mặt cắt ngang cần đo độ tròn. Thiết bị này có thể kết nối và truy xuất dữ liệu dễ dàng và có khung truyền dữ liệu như sau [3]:



Hình 6. Đồng hồ so và khung dữ liệu của đồng hồ so Mitutoyo 543-790 [5]

Độ biến thiên bán kính ΔR_i của chi tiết tại tiết diện mặt cắt ngang cần đo độ tròn chính là trị số dịch chuyển của đầu đo được hiển thị trên bảng chỉ thị LCD của mặt đồng hồ so và trị số này có thể nhận được từ các chân cắm của đồng hồ ra thiết bị ngoại vi theo một khung đường truyền định sẵn. Biểu đồ trên hình 3 là biểu đồ thời gian của khung truyền tín hiệu, thể hiện quan hệ thời gian giữa xung nhịp (clock), xung dữ liệu (Data) và xung yêu cầu truyền (REQ).



Hình 7. Biểu đồ thời gian của khung truyền dữ liệu [5]

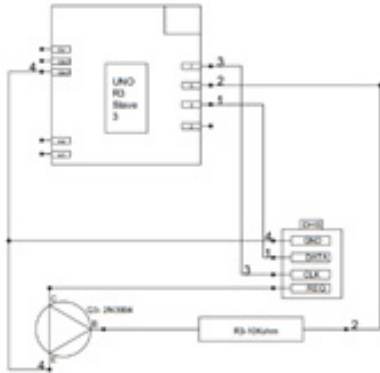
Nguyên tắc đọc xung truyền dữ liệu:

Khi chân REQ của đồng hồ so nhận tín hiệu từ vi điều khiển ở mức cao (High) sang mức thấp (Low) thì đồng hồ so bắt đầu trích mẫu cho đến khi xung Clock đổ. Dữ liệu được truyền theo dạng nối tiếp đồng bộ, trong đó xung Clock là xung giữ nhịp, xung Data là xung mang thông tin của số đo. Phối hợp nhịp nhàng việc đọc hai xung này để đọc dữ liệu một cách chính xác. Cứ khi nào xung Clock chuyển trạng thái về Low thì đọc trạng thái của xung Data, sau 52 lần đọc sẽ hoàn thành một khung dữ liệu. Sau đó, tiến hành phân tích và chuyển đổi số liệu, ta sẽ nhận được một số đo. Do chân tín hiệu REQ ở đây là chân luôn treo ở mức tín hiệu cao nên cần có giải pháp chuyển đổi mức điện áp này cho phù hợp. Ở đây, nhóm nghiên cứu lựa chọn sử dụng transistor 2N3904 và điện trở 10k ohm để kéo mức điện áp chân yêu cầu truyền REQ về mức điện áp phù hợp.

Phương án thiết kế mạch:

Để loại bỏ độ lệch tâm và độ dao động tâm tức thời nhằm nâng cao độ chính xác của phép đo độ tròn, ở đây cần sử dụng ba đầu đo là 03 đồng hồ so điện tử Mitutoyo 543-790. Dựa vào nguyên lý đọc xung truyền dữ liệu từ đồng hồ so ở trên, nhóm nghiên cứu đã lựa chọn sử dụng mạch vi điều khiển Arduino Uno R3 để lấy dữ liệu đo từ đồng hồ so, và vi điều khiển Arduino Mega 2560 để điều khiển quá trình đo, truyền nhận và xử lý tín hiệu của 03 đồng hồ so. Tín hiệu của 03 đồng hồ so sẽ được 03 mạch Arduino UNO R3 thu nhận và sẽ được truyền về mạch xử lý trung tâm Arduino Mega 2560. Vì vậy, ở đây sẽ có 03 mạch nhận tín hiệu từ đồng hồ so riêng biệt, sau đó để kết nối đồng bộ kết quả nhận được từ mạch riêng lẻ này, nhóm nghiên cứu sử dụng chuẩn giao tiếp I2C để thu nhận tín hiệu đồng bộ từ 03 đồng hồ so gửi lên bo mạch chủ ARDUINO MEGA 2560. Dựa trên data sheet của Arduino Uno R3,

Transistor 2N3904, điện trở 10 kohm và đồng hồ so, một sơ đồ đi dây của phần mạch thu nhận dữ liệu từ đồng hồ so điện tử lên vi điều khiển đã được xây dựng như thể hiện trên hình 8.



Hình 8. Sơ đồ đi dây của mạch thu nhận dữ liệu từ đồng hồ so

c. Encoder góc

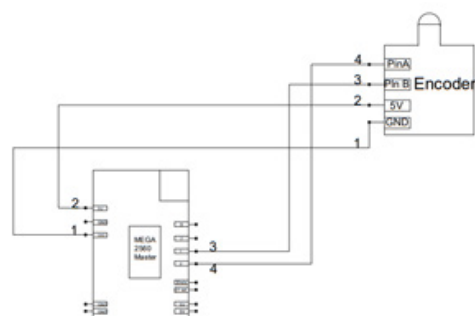
Encoder, hay còn gọi là bộ mã hóa, là một thiết bị cơ điện có khả năng làm biến đổi chuyển động cơ học thành tín hiệu số hoặc xung. Trong nghiên cứu này, tác giả lựa chọn sử dụng encoder tương đối LPD3806-G5-24C như thể hiện trên hình 9 để xác định vị trí góc quay của vật đo trong quá trình đo độ tròn. Encoder sẽ được lắp dưới trục ổ khí như thể hiện trên hình 1.



Hình 9. Encoder LPD3806-G5-24C

Để lấy được tín hiệu xung của encoder LPD 3806 để từ số xung xác định được góc quay của trục ổ khí cũng là góc quay của vật

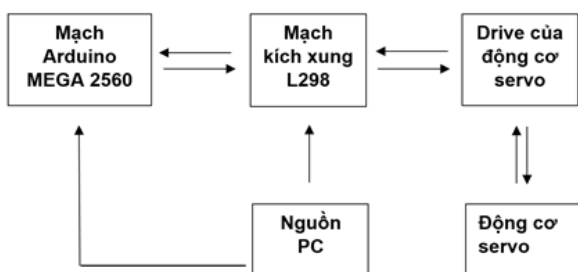
đo, nhóm nghiên cứu đã sử dụng vi điều khiển là bo mạch trung tâm Arduino Mega 2560 để thực hiện việc lấy tín hiệu từ encoder. Dựa trên data sheet của Arduino Mega 2560 và Encoder LPD 3806, một sơ đồ đi dây của phần mạch thu nhận dữ liệu từ encoder lên vi điều khiển đã được xây dựng như thể hiện trên hình 10. Trong sơ đồ mạch này, 04 dây tín hiệu của encoder bao gồm dây màu trắng (pinA), dây màu xanh (pin B), dây màu đỏ (5v), dây màu đen (GND) sẽ được đấu nối lần lượt với các chân tín hiệu trên bo mạch chủ Arduino mega 2560 là chân 2, 3, 5v, GND. Hai chân tín hiệu PINA, PINB của encoder sẽ được khai báo thiết lập tương tự hai chân đầu vào INPUT_PULLUP trên bo mạch Arduino mega 2560 để thực hiện việc phân tích và đọc tín hiệu xung từ encoder gửi về, cứ mỗi tín hiệu xung Arduino Mega 2560 đọc được sẽ được đưa vào công thức tính toán để đưa ra được vị trí góc quay. Ứng với mỗi một giá trị góc quay mà Arduino Mega 2560 đọc được là một lần trích mẫu dữ liệu thu được từ 03 đồng hồ so. Khi kết thúc quá trình trích mẫu, các bộ giá trị tín hiệu đo từ 03 đồng hồ và tín hiệu góc quay từ encoder sau 01 vòng quay sẽ được gửi lên máy tính thông qua một chương trình trên phần mềm Matlab để xác định giá trị sai lệch độ tròn của vật đo. Sau một vòng quay tức là góc quay bằng 360°, quá trình đọc xung và tính vị trí góc quay sẽ dừng lại, cho tới khi có tín hiệu bắt đầu một chu kỳ mới.



Hình 10. Sơ đồ đi dây của mạch thu nhận dữ liệu từ encoder

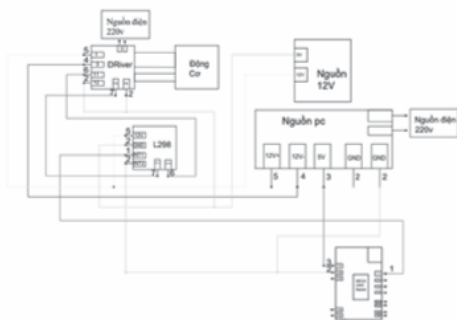
d. Động cơ

Để đảm bảo độ chính xác và độ tin cậy của máy đo độ tròn với chi phí hợp lý, ở đây động cơ servo Allen-Bradley KINETIX3 của Hàn Quốc đã được lựa chọn để thực hiện chuyển động quay của trục ổ khí. Dựa trên data sheet của động cơ servo Allen-Bradley KINETIX3 sẽ xây dựng được sơ đồ khối điều khiển động cơ này như thể hiện trên hình 11. Trong đó, để thực hiện băm xung để điều khiển tốc độ động cơ, ở đây lựa chọn sử dụng Module L298.



Hình 11. Sơ đồ khối điều khiển động cơ servo Allen-Bradley KINETIX3

Từ đó, xác định được sơ đồ mạch điều khiển động cơ servo như sau:



Hình 12. Sơ đồ mạch điều khiển động cơ servo

2.3. Phần mềm

a. Phần mềm điều khiển cho vi xử lý

Phần mềm lập trình cho vi điều khiển

ở đây sử dụng là phần mềm Arduino IDE với trình tự các bước như sau:

- Khởi động phần mềm Arduino;
- Khai báo thư viện;
- Khai báo các biến, các chân digital;
- Lập trình điều khiển động cơ, điều

khiển việc thu nhận xử lý tín hiệu đo đồng bộ, sau đó tổng hợp thu nhận và xử lý dữ liệu đo độ tròn, tiếp nhận và giao tiếp với phần mềm Matlab trên máy tính;

- Sau khi đã thiết lập được code, tiến hành nhúng code vào bo mạch chủ Arduino Mega 2560 và Arduino Uno R3.

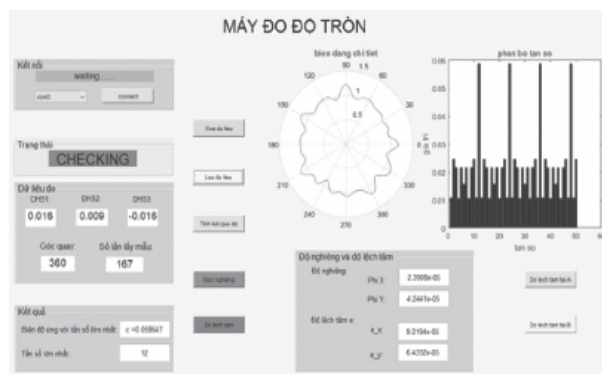
b. Phần mềm giao diện

Để tạo giao diện cho mô hình đo, ở đây sử dụng phần mềm Matlab để tạo giao diện, tính toán, hiển thị và lưu trữ kết quả.

Mục đích của phần mềm:

- Thiết lập chế độ kết nối;
- Khai báo các thông số gá đặt;
- Thực hiện lệnh đo;
- Tính toán, hiển thị và lưu trữ kết quả

đo được.



Hình 13. Màn hình giao diện hiển thị kết quả đo

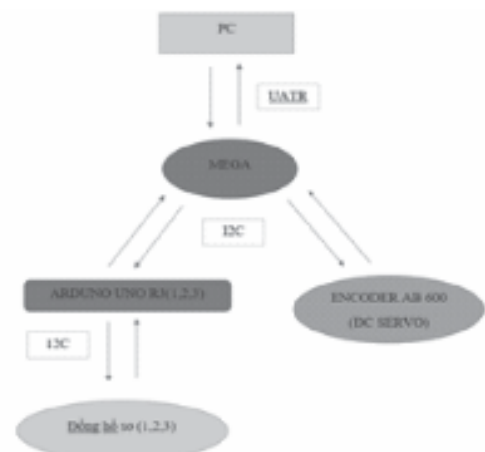
Quá trình lấy dữ liệu diễn ra như thể hiện trên hình 14.

Để đảm bảo được độ chính xác của phép đo, một trong các yêu cầu đặt ra là phải lấy được tín hiệu đồng bộ của 03 đồng hồ so và encoder cùng một lúc. Để làm được yêu cầu này, ở đây nhóm đã sử dụng ngắt để điều khiển quá trình thu nhận tín hiệu đo, sử dụng chân số 7 của mạch chủ Arduino Mega và chân số 2 của ba mạch Arduino Uno để thực hiện quá trình điều khiển bằng ngắt.

Nguyên lý hoạt động của ngắt như sau: Khi thực hiện ấn nút “Connect” trên giao diện màn hình đo, các mạch Arduino Uno sẽ bắt đầu lấy dữ liệu từ các đồng hồ so cùng một thời điểm. Đồng thời, động cơ sẽ quay ứng với khi đó thì encoder cũng quay. Khi mạch Arduino Mega nhận thấy sự thay đổi góc quay từ Encoder sẽ nhảy sang chân pinngat. Và bắt đầu nhận dữ liệu từ ba mạch Arduino Uno gửi lên. Sau khi nhận, đọc và xử lý dữ liệu xong, mạch Arduino Mega sẽ tự thoát ra chân pinngat, lúc này mạch Arduino Uno lại bắt đầu lấy dữ liệu từ đồng hồ so và lặp lại chu trình trên cho đến khi encoder quay được 360° . Khi đó, mạch sẽ ngừng nhận dữ liệu đồng thời ngừng cấp xung ngắt động cơ.

Ngoài ra, truyền thông I2C đã được sử dụng để kết nối giữa các bo mạch với nhau được ổn định cũng như không bị gián đoạn thông tin khi truyền nhận dữ liệu và chống bị nhiễu khi thu nhận kết quả đo, đảm bảo được độ chính xác cao của quá trình đo. Ở đây, bo mạch chủ điều khiển toàn mạch Arduino Mega, mỗi một mạch Arduino Uno sẽ là một mạch phần tử và mỗi mạch phần tử sẽ có một đường link địa chỉ cụ thể để giao tiếp. Khi bo mạch chủ cần truyền hoặc nhận dữ liệu từ một mạch phần tử nào đó, bo mạch chủ sẽ đến đúng địa chỉ đó để lấy thông tin. Khi nào bo mạch chủ cho phép truyền dữ liệu thì mạch phần tử mới được truyền dữ liệu để tránh bị thiếu hụt thông tin khi gửi và nhận dữ liệu.

Chương trình xử lý trong mạch chủ Arduino Mega sau khi nhận được các giá trị biến thiên bán kính ΔR_i ở 03 đồng hồ so cùng với giá trị góc quay θ_i của Encoder sẽ truyền bộ dữ liệu này lên máy tính qua qua cổng COM (truyền thông bằng RS232). Dựa trên bộ dữ liệu này, phần mềm giao diện được xây dựng trên phần Matlab và khai triển Fourier sẽ tính toán, hiển thị và lưu trữ kết quả đo sai lệch độ tròn của chi tiết.



Hình 14. Sơ đồ khối hệ thống lấy dữ liệu

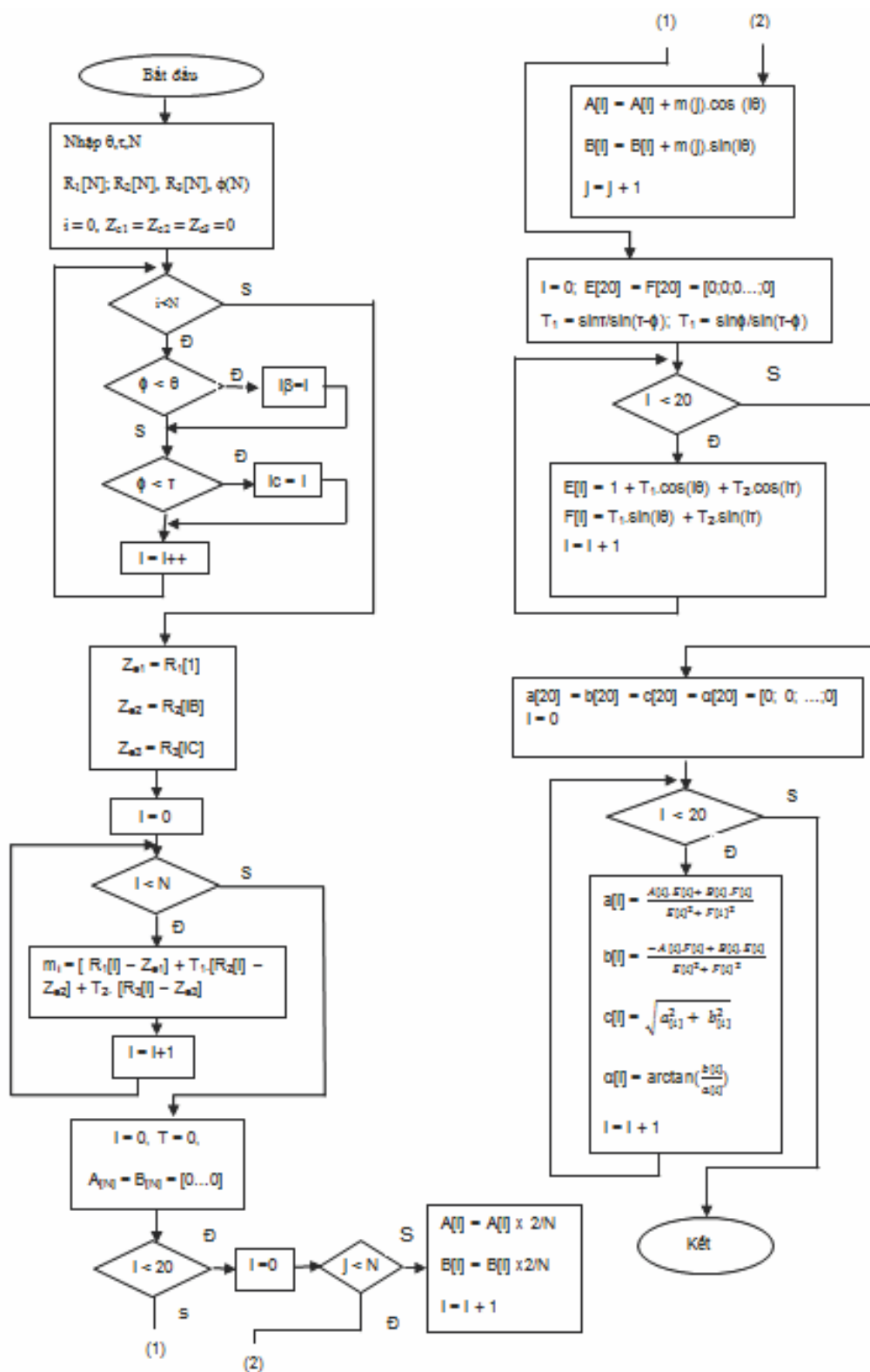
2.4. Thuật toán xử lý dữ liệu

Xây dựng thuật toán thu nhận và xử lý dữ liệu với sơ đồ đo hình 1a. Tín hiệu vào được cung cấp qua ba đồng hồ so đặt cách nhau góc θ , τ , với N là số lần lấy mẫu trong một lần đo.

- Đầu vào: Tín hiệu của ba đồng hồ so được lưu trong ba mảng dữ liệu $R1[N]$, $R2[N]$, $R3[N]$, tín hiệu encoder góc lưu trữ trong mảng $\phi[N]$.

- Đầu ra: Giá trị các tần số méo C được lưu trong mảng $C[4]$ và góc α tương ứng được lưu trong mảng $\alpha [4]$.

Thuật toán của chương trình được thể hiện ở hình 15.



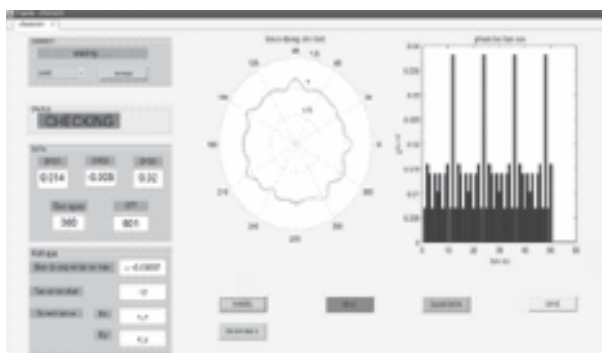
Hình 15. Lưu đồ thuật toán chương trình xử lý dữ liệu [4]

2.5. Thực nghiệm và kết quả

Quá trình thực nghiệm trên mô hình thiết bị đo như hình 16.a, ổ trục được sử dụng là ổ khí quay với áp suất đầu vào 4 bar có hai tầng đệm khí mặt trụ tạo sự ổn định tâm. Tiến hành thực nghiệm đo với 20 lần đo chỉ tiết vòng bạc ngoài của ổ bi 6310 có đường kính ngoài 110, số lần trích mẫu 600 lần/vòng quay. Kết quả được xuất ra 01 file excel và 02 file ảnh, giá trị sai lệch được tính toán với tần số méo lớn nhất $I = 12$ và biên độ méo lớn nhất bằng 38,1 μm như thể hiện trên hình 16.b.



a) Mô hình đo độ tròn



b) Màn hình giao diện kết quả đo
Hình 16. Mô hình đo độ tròn và kết quả

3. KẾT LUẬN

Giải pháp điều khiển quá trình đo, thu nhận và xử lý số liệu đo theo phương pháp kết hợp nhiều đầu đo với một số yêu cầu về đồng bộ tín hiệu đo dịch chuyển thẳng theo góc quay đã đạt được các kết quả khả quan, hệ đo hoạt động ổn định với số lần lấy mẫu 600 lần/vòng quay. Hệ đo đã được kiểm nghiệm nhiều lần và không phát hiện sai sót trong dữ liệu được xử lý trên máy tính. Các kết quả này có thể ứng dụng nhằm tăng độ chính xác của phép đo độ tròn khi không kiểm soát được độ dao động tâm quay của bàn đo. ❖

Ngày nhận bài: 26/10/2023

Ngày phản biện: 12/11/2023

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Vũ Toàn Thắng (2006); “*Xây dựng phương pháp đo sai lệch độ tròn của các chi tiết cơ khí trong hệ tọa độ cực*”, Luận án Tiến sĩ kỹ thuật.
- [2]. Tạ Thị Thúy Hương (2015); “*Cơ sở đảm bảo và nâng cao độ chính xác của phép đo độ tròn*”. Luận án Tiến sĩ kỹ thuật.
- [3]. Wei Gao, Satoshi Kiyono and Takamitsu Sugawara, “*A new multiprobe method of roundness measurements*”, Precision Engineering 19:37-45, 1996, Elsevier Science Inc, 655 Avenue of the Americas, New York, NY 10010.
- [4]. Nguyễn Phùng Quang; “*Matlab và Simulink cho kỹ sư điều khiển tự động*”, NXB. Khoa học Kỹ thuật 2006.
- [5]. Mitutoyo_Digimatic_handbuch.

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA MỘT SỐ YẾU TỐ SƠ ĐỒ GIÁC TỚI ĐỊNH MỨC VẢI ÁO SƠ MI TRONG SẢN XUẤT MAY CÔNG NGHIỆP

RESEARCH ON THE INFLUENCE OF SOME MARKER MAKING'S FACTORS
ON FABRIC CONSUMPTION OF MEN'S SHIRT IN INDUSTRIAL GARMENT
PRODUCTION

Nguyễn Thị Xuân, Nguyễn Thế Lực, Nguyễn Văn Dung
Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên

TÓM TẮT

Vải có vai trò quan trọng trong việc cấu thành sản phẩm. Định mức vải chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố như sản phẩm, vải và sơ đồ giác. Bài báo này hướng đến mục đích khảo sát sự ảnh hưởng của một số yếu tố sơ đồ giác tới định mức vải kẻ áo sơ mi nam trong sản xuất may công nghiệp. Các yếu tố sơ đồ giác và sản phẩm áo sơ mi nam được nghiên cứu tại Tổng công ty May 10 – Công ty cổ phần. Kết quả đã chứng minh rằng, khi giác sơ đồ mẫu thì yếu tố giác lồng tỷ lệ các cỡ và chu kỳ kẻ ảnh hưởng tới định mức vải, trong đó yếu tố giác lồng tỷ lệ các cỡ ảnh hưởng rất lớn tới định mức vải.

Từ khóa: Định mức vải; Sơ đồ giác; Chu kỳ kẻ; Khổ rộng vải; Giác lồng.

ABSTRACT

Fabric consumption plays a crucial role in industrial garment production. Fabric quantity is influenced by various factors such as product type, fabric characteristics and patterns. This paper aims to investigate the influence of some pattern's factors on the fabric quantity for men's shirt in industrial garment production. The pattern's factors and men's shirt products were studied at Garment 10 Joint Stock Company. The results have demonstrated that when applying pattern making for sample, the pattern's factors in difference size ratio and pattern lining cycles significantly influences fabric consumption, with the pattern's factors in difference ratio having a considerable impact on fabric consumption.

Keywords: Fabric quantity; Pattern; Pattern lining cycles; Fabric width; Pattern making.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Định mức vải là lượng vải cần thiết để tạo ra một sản phẩm may [1]. Định mức vải chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố như kiểu dáng sản phẩm may, kết cấu sản phẩm, bề mặt vải (vải trơn, vải kẻ, vải họa tiết), số lượng sản phẩm và tỷ lệ các cỡ trên sơ đồ giác mẫu, khổ rộng vải, hiệu suất giác sơ đồ, phương pháp giác, khoảng cách các chi tiết, độ lệch canh sợi,...

Trên thực tế, giá vải chiếm tới hơn 65% tổng giá thành sản phẩm, chính vì vậy việc tiết kiệm vải trong ngành công nghiệp may có một vai trò hết sức quan trọng. Trong sản xuất công nghiệp may hiện nay, để tiết kiệm được vải, giảm thời gian trong một số khâu trải vải, cắt chi tiết thì các doanh nghiệp tiến hành giác sơ đồ mẫu.

Giác sơ đồ mẫu được định nghĩa là biểu đồ sắp xếp một cách chính xác các chi tiết mẫu của một kiểu dáng sản phẩm hoặc kích cỡ trên một lá vải [2]. Giác sơ đồ mẫu được đánh giá bởi hiệu suất của sơ đồ. Hiệu suất sơ đồ cao đồng nghĩa với việc lượng vải hao phí sẽ giảm đi. Đồng thời hiệu suất sơ đồ cao làm giảm vải tiêu thụ và gia tăng lợi nhuận trong sản xuất [3].

Đã có nhiều công trình nghiên cứu về vải và các yếu tố ảnh hưởng tới định mức vải trong sản xuất may công nghiệp. MS Haque [4] đã tìm ra rằng khoảng cách lặp họa tiết, loang màu có ảnh hưởng lớn tới hiệu suất sơ đồ giác và lượng tiêu thụ vải. Nghiên cứu cũng đồng thời chỉ ra mối quan hệ tương phản giữa hiệu suất giác và lượng tiêu thụ vải. Trong ngành may công nghiệp, việc lập tác nghiệp giác và thực hiện giác sơ đồ mẫu được tiến hành thủ công hoặc giác tự động trên máy tính hỗ trợ bằng phần mềm (CAD). Ziynet O. và Cetin E. [5] so sánh với hai hình thức giác sơ đồ mẫu,

nghiên cứu đã kết luận hệ thống CAD có nhiều lợi thế đối với việc giác sơ đồ mẫu như thời gian nhanh, chính xác hơn và hiệu quả hơn giác thủ công. Với nghiên cứu ảnh hưởng của thông số sơ đồ giác tới định mức vải, tác giả Nguyễn Thị Lệ [1] đã tìm ra được mối quan hệ biện chứng của 6 yếu tố ảnh hưởng tới sơ đồ giác vải may áo T-Shirt là số chi tiết trên sản phẩm, số sản phẩm trên sơ đồ giác, chiều dài sơ đồ, hiệu suất sơ đồ, khổ rộng sơ đồ, phối cỡ trong sơ đồ, từ đó kết luận rằng để giảm định mức vải thì nên tăng số sản phẩm trên sơ đồ giác và lựa chọn khổ rộng vải và sơ đồ phù hợp. Oktay Pamuk và cộng sự nghiên cứu thực nghiệm và cho thấy hiệu suất giác cao nhất của cả hai loại sản phẩm áo chui đầu tay ngắn và tay dài dành cho trẻ em thu được với khổ rộng vải 160 cm. Khổ rộng vải tăng từ 140cm lên đến 160cm, hiệu suất giác cũng tăng và sau đó giảm. Với cả hai sản phẩm, giá trị hiệu suất giác cao hơn khi trải vải hai mặt phải úp vào nhau với khổ rộng vải 150 cm, 160 cm và 170cm. Các nghiên cứu chủ yếu đề cập đến các loại vải trơn, vải họa tiết mà chưa đề cập đến vải kẻ. Trên thực tế, áo sơ mi nam được sản xuất với các loại vải khác nhau, đặc biệt vải kẻ dọc cũng được sản xuất rất nhiều.

Nghiên cứu này nhằm xác định ảnh hưởng một số yếu tố sơ đồ giác tới định mức vải kẻ dọc áo sơ mi nam trong sản xuất may công nghiệp, tìm ra mối quan hệ biện chứng của các yếu tố sơ đồ giác và định mức vải.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Sản phẩm: Trong nghiên cứu này, mẫu áo sơ mi nam được chọn là kiểu áo cơ bản mã hàng 1W010896, với kiểu áo sơ mi cơ bản này được sản xuất phổ biến tại Tổng công ty May 

10 – Công ty cổ phần có đặc điểm như sau: Là kiểu áo cổ đứng chân rời, đầu chân cổ nguyệt tròn, gấu đuôi tôm. Thân trước bên trái may nẹp khuyết kiểu nẹp beo thường, được may túi kiểu túi đáy tròn. Thân trước bên phải may nẹp cúc. Thân sau có cầu vai rời, được xếp ly hai bên. Tay áo dài có thép tay, hai đầu bác tay nguyệt tròn, cửa tay có xếp 2 ly bên. Gấu áo đuôi tôm.



Mặt trước



Mặt sau

Hình 1. Hình ảnh áo Sơ mi nam mã hàng 1W010896

Yêu cầu về giác sơ đồ vải kẻ dọc đối với sản phẩm áo sơ mi cơ bản mã hàng 1W010896: Hai thân trước đối kẻ dọc, túi áo trùng kẻ với thân. Hai đầu bản cổ lần lót, chân cổ đối dọc. Thân sau cân đối hai bên, bác tay lần lót đối dọc. Hai tay áo đối dọc, thép tay to trùng kẻ dọc với tay áo, các chi tiết khác thẳng kẻ.

2.2. Nội dung và phương pháp nghiên cứu

Nội dung nghiên cứu: Nghiên cứu ảnh hưởng một số yếu tố sơ đồ giác tới định mức vải may áo sơ mi nam. Vải được chọn để thực nghiệm là vải kẻ dọc với một số chu kỳ khác nhau và yêu cầu của sản phẩm với vải kẻ dọc được khảo sát thực tế các mã hàng sản xuất tại Tổng công ty May 10 – Công ty cổ phần.

Xác định yếu tố của sơ đồ giác: Rộng khổ vải (KV); Số sản phẩm trên sơ đồ (SSP); Tỷ lệ các cỡ trên sơ đồ giác (TL); Hiệu suất (HS); Chu kỳ kẻ dọc (CKKD) với 3 chu kỳ: kẻ dọc 0,2'', kẻ dọc 0,6'' và kẻ dọc 0,732''. Được khảo sát trên 60 lần giác với phương pháp giác sơ đồ phù hợp trên ứng dụng phần mềm Lectra. Định mức vải (DM) trung bình của một sản phẩm được tính theo công thức [1].

$DM = \text{Diện tích sơ đồ giác} / \text{số sản phẩm trên sơ đồ giác (m}^2/\text{sản phẩm)}$

Phương pháp nghiên cứu:

Sử dụng phần mềm SPSS để phân tích và đọc kết quả SPSS trong hồi quy đa biến ở 3 bảng: Model Summary, Anova và Coefficients. Cụ thể với nghiên cứu này sử dụng phần mềm SPSS hồi quy đa biến nhằm xác định mối tương quan giữa các yếu tố sơ đồ giác và phân tích sự ảnh hưởng các yếu tố sơ đồ giác tới định mức vải. Trong đó cần xác định các biến:

– Biến độc lập là các yếu tố sơ đồ giác đã được lựa chọn để nghiên cứu: Rộng khổ vải (KV); Số sản phẩm trên sơ đồ (SSP); Tỷ lệ các cỡ trên sơ đồ giác (TL); Hiệu suất (HS); Chu kỳ kẻ dọc (CKKD).

– Biến phụ thuộc là: Định mức vải (DM).

3. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

Kết quả nghiên cứu về mối tương quan giữa các yếu tố đầu vào (KV, SSP, TL, HS, CKKD) và ảnh hưởng các yếu tố đó tới định mức tiêu thụ vải (DM) được thể hiện dưới các bảng sau:

3.1. Tương quan các dữ liệu đầu vào

Các dữ liệu đầu vào là các yếu tố sơ đồ giác hay chính là các biến độc lập, với nghiên cứu này các yếu tố sơ đồ giác được nghiên cứu là KV, SSP, TL, HS, CKKD. Kết quả phân tích dựa vào bảng ANOVA, từ bảng này giúp ta đánh giá được các biến độc lập trên có tác động đến biến phụ thuộc. Chỉ số đáng quan tâm ở bảng dưới là hệ số Sig. Nếu hệ số này nhỏ hơn 0,05 (Sig < 0,05) tức là khẳng định các biến độc lập có tác động đến biến phụ thuộc. Kết quả kiểm định như sau:

Bảng 1. Kiểm định hàm hồi quy ANOVA^a

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Regression	0,114	5	0,023	2,763	0,030 ^b
Residual	0,346	42	0,008		
Total	0,459	47			

a. Dependent Variable: DM.

b. Predictors: (Constant), HS, TL, KV, SSP, CKKD.

Quan sát vào bảng ANOVA trên, kiểm định giả thuyết về độ phù hợp với tổng thể của mô hình, Sig. = 0,030 < 0,05. Vậy mô hình hồi quy tuyến tính xây dựng được là phù hợp với tổng thể, chứng tỏ là các biến độc lập có tác động đến biến phụ thuộc. Tức là các yếu tố thông số sơ đồ giác có tác động đến định mức vải, vì vậy có thể sử dụng 5 đại lượng trên làm đầu vào cho hàm hồi quy đa biến.

3.2. Mối quan hệ giữa các yếu tố sơ đồ giác và định mức vải

Để có thể so sánh xác định mối quan hệ này hay chính là mức độ ảnh hưởng của các yếu tố: Yếu tố có hệ số B càng lớn thì có thể nhận xét rằng yếu tố đó có mức độ ảnh hưởng cao hơn các yếu tố khác trong mô hình nghiên cứu. Lưu ý, giả sử có biến nào có Sig. tương ứng lớn hơn 5% thì biến đó không có tác động đến biến phụ thuộc. Kết quả nhận được như sau:

Bảng 2. Hệ số tác động của các biến tới định mức vải

Model	Coefficients ^a			t	Sig.
	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	1,363	2,025		,673	,505
KV	,190	,223	,116	,850	,400
CKKD	7,726	6,313	,475	1,224	,228
TL	-,070	,037	-,357	-1,912	,063
SSP	,002	,015	,026	,138	,891
HS	,931	2,400	,152	,388	,700

a. Dependent Variable: DM

Theo bảng hệ số tác động, chỉ có tỷ lệ giác sơ đồ tác động trực tiếp tới định mức vải (mức ý nghĩa 10%) vì Sig. = 0,063 < 0,1. Điều đó có nghĩa khi giác sơ đồ mẫu, nếu tăng tỷ lệ các cỡ của một sơ đồ giác thì sẽ làm giảm định mức vải và ngược lại.

Ta cần xét thêm mối tương quan giữa các biến đầu vào (KV; CKKD; TL; SSP; HS). Cụ thể kết quả đó được thể hiện dưới bảng sau:

Bảng 3. Tương quan giữa các biến độc lập

		Coefficient Correlations ^a				
Model		HS	TL	KV	SSP	CKKD
1	HS	1,000	,151	-,213	-,192	,939
	TL	,151	1,000	-,032	-,698	,141
	KV	-,213	-,032	1,000	,041	-,200
	SSP	-,192	-,698	,041	1,000	-,180
	CKKD	,939	,141	-,200	-,180	1,000
	HS	5,759	,013	-,114	-,007	14,222
	TL	,013	,001	,000	,000	,033
	KV	-,114	,000	,050	,000	-,281
	SSP	-,007	,000	,000	,000	-,016
	CKKD	14,222	,033	-,281	-,016	39,849

a. Dependent Variable: DM



Quan sát bảng 3 cho thấy: Rộng khổ vải (KV), Số sản phẩm trên sơ đồ (SSP) có tác động đến hiệu suất sơ đồ giác nhưng không đáng kể. Có thể chứng minh điều này qua kết quả sau:

Bảng 4. Tương quan khối rộng khổ vải (KV) và hiệu suất sơ đồ giác (HS)

ANOVA ^a					
Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1 Regression	,000	1	,000	,258	,614 ^b
Residual	,012	46	,000		
Total	,012	47			

a. Dependent Variable: HS
b. Predictors: (Constant), KV

Coefficients ^a					
Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	,799	,054		14,834	,000
KV	,020	,039	,075	,508	,614

a. Dependent Variable: HS

Từ phân tích ANOVA, bảng 4 cho hệ số ước lượng Sig. = 0,614 > 0,05, vì vậy kết luận rằng KV không tác động HS.

Bảng 5. Tương quan số sản phẩm (SSP) và hiệu suất sơ đồ giác (HS)

ANOVA ^a					
Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1 Regression	,000	1	,000	,084	,773 ^b
Residual	,012	46	,000		
Total	,012	47			

a. Dependent Variable: HS
b. Predictors: (Constant), SSP

Bảng hệ số ước lượng:

Coefficients ^a					
Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	,825	,006		132,330	,000
SSP	,001	,002	,043	,290	,773

a. Dependent Variable: HS

Từ phân tích ANOVA, bảng 5 cho hệ số ước lượng Sig. = 0,773 > 0,05, vì vậy kết luận rằng SSP không tác động HS.

Tuy nhiên, quan sát bảng 3 cho thấy kết quả mối tương quan chu kỳ kẻ dọc (CKKD) và hiệu suất sơ đồ giác (HS) có COV (CKKD, HS) = 0,939. Kết quả này có thể thấy CKKD tác

động gián tiếp đến định mức vải (DM) thông qua hiệu suất (CKKD => HS => DM).

3.3. Mối quan hệ của chu kỳ kẻ dọc (CKKD) tới hiệu suất sơ đồ giác (HS)

Mối quan hệ giữa CKKD và HS được thể hiện dưới bảng Model Summary như sau:

Bảng 6. Tổng hợp các chỉ tiêu của mô hình

Model Summary ^b									
Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics				
					R Square Change	F Change	df1	df2	Sig. F Change
1	,934 ^a	,872	,870	,00581	,872	314,328	1	46	,000

a. Predictors: (Constant), CKKD

Quan sát bảng 4 nhận được kết quả như sau:

$$HS = \beta_0 + \beta_1 CKKD + u$$

$$R^2 = 0,87$$

Kết quả trên cho thấy với $R^2 = 0,87$, có nghĩa là chu kỳ kẻ dọc làm biến đổi 87% hiệu suất sơ đồ giác. Vì vậy, ta cần xét thêm dựa vào bảng tổng hợp các chỉ tiêu như sau:

Bảng 7. Tổng hợp các chỉ tiêu của mô hình

ANOVA ^a					
Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1 Regression	,011	1	,011	314,328	,000 ^b
Residual	,002	46	,000		
Total	,012	47			

a. Dependent Variable: HS
b. Predictors: (Constant), CKKD

Kết quả bảng 7 cho thấy Sig. = 0,000 < 0,05, vì vậy mô hình phù hợp. Điều đó chứng minh rằng chu kỳ kẻ dọc tác động đến hiệu suất sơ đồ giác.

3.4. Mối quan hệ giữa tỷ lệ các cỡ trên sơ đồ giác (TL) và hiệu suất (HS) tới định mức vải

Mối quan hệ giữa TL và HS được thể hiện dưới bảng ANOVA như sau:

Bảng 8. Kiểm định giả thuyết về độ phù hợp với tổng thể của mô hình

ANOVA ^a					
Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1 Regression	,090	2	,045	5,485	,007 ^b
Residual	,369	45	,008		
Total	,459	47			

a. Dependent Variable: DM

b. Predictors: (Constant), TL, HS

Quan sát vào bảng ANOVA cho thấy Sig. = 0,007 < 0,05. Vậy mô hình hồi quy tuyến tính xây dựng được là phù hợp, chứng tỏ là tỷ lệ các cỡ trên sơ đồ giác (TL) và hiệu suất (HS) có ảnh hưởng tới định mức vải. Ảnh hưởng đó được thể hiện ở kết quả sau:

Bảng 9. Hệ số tác động của TL và HS tới định mức vải

Coefficients ^a						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	3,932	,683		5,759	,000
	HS	-1,737	,822	-,283	-2,114	,040
	TL	-,067	,026	-,343	-2,567	,014

a. Dependent Variable: DM

$$DM = \beta_1 + \beta_2 HS + \beta_3 TL + u$$

$$DM = 3,932 - 1,737HS - 0,067TL + e$$

Kết quả bảng 9 cho thấy: Sig (HS) = 0,04 < 0,05, Sig (TL) = 0,014 < 0,05, vì vậy có thể kết luận rằng tỷ lệ các cỡ trên sơ đồ giác (TL) và hiệu suất (HS) ảnh hưởng tới định mức vải. Cụ thể, hiệu suất tăng 1% thì định mức vải giảm 1,737m², và ngược lại. Còn sơ đồ giác, nếu giác thêm một cỡ thì định mức vải giảm 0,067m²/1 sản phẩm.

4. KẾT LUẬN

Giá vải chiếm phần lớn tổng giá trị của sản phẩm nên việc tiết kiệm vải trong quá trình sản xuất, đặc biệt trong quá trình giác sơ đồ có một vai trò hết sức quan trọng trong ngành công nghiệp may. Giác sơ đồ là một trong công đoạn chính ảnh hưởng đến định mức vải và việc tiết kiệm vải. Nghiên cứu này đã chứng minh rằng các yếu tố rộng khổ vải (KV); số sản phẩm trên sơ đồ (SSP); tỷ lệ các cỡ trên sơ đồ giác (TL); hiệu suất (HS); chu kỳ kẻ dọc (CKKD) có mối quan hệ tuyến tính tới định mức vải. Kết quả đã chứng minh rằng nếu thay đổi khổ vải và tăng số sản phẩm thì ảnh hưởng không đáng kể tới định mức vải. Nhưng nếu tăng tỷ lệ các cỡ của sơ đồ giác và thay đổi chu kỳ kẻ dọc thì sẽ ảnh hưởng tới định mức vải.

Với kết quả nghiên cứu trên cho thấy, cần xem xét lựa chọn tỷ lệ giác sơ đồ phù hợp, chu kỳ kẻ dọc để tăng hiệu suất sử dụng và giảm định mức vải trong sản xuất may công nghiệp.

Lời cảm ơn:

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên, mã số đề tài UTEHY.L.2023.53. ❖

Ngày nhận bài: 28/10/2023

Ngày phản biện: 14/11/2023

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Nguyễn Thị Lê (2019); *Ảnh hưởng của thông số sơ đồ giác tới định mức vải áo T-shirt trong may công nghiệp*. Tạp chí Khoa học và Công nghệ số 50.
- [2]. Dumishllari, E. & Guxho, G. (2015). *Impact of Marker on Cut Plan in Garment*. International Journal of Innovative Research in Science, 7377-7381.

- [3]. Ahmad, S., Khalil, A.A.B & Rashed, C.A.A (2012). *Impact of efficiency in apparel supply chain*. Asian Journal of Natural Applied Sciences, 1(4), 36-45.
- [4]. Md Nazmul Haque. *Impact of different sorts of marker efficiency in fabric consumption*. International Journal of Textile Science 2016, 5(5): 96-109. DOI: 10.5923/j.tex01e.20160505.02.
- [5]. Ziyne O. and Cetin E. *The Comparison of the manual and CAD systems for pattern making, grading and marker making processes*. FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe January / March 2006, Vol. 14, No. 1 (55).
- [6]. Oktay Pamuk, Esra Zeynep Yildiz, 2016. *A study about parameters affecting the marker plan efficiency*. TEKSTİL ve KONFEKSİYON, 26(4), 430-435.
- [7]. Alsaid Ahmed Almetwally, M M Mourad. *Effects of spandex drawing ratio and weave structure on the physical properties of cotton/spandex woven fabrics*. The Journal of the Textile Institute, 105(3), 235-245, 2014.
- [8]. Y M E Hassan, A El-Salmawy and Alsaid Ahmed Almetwally. *Performance of woven fabrics containing spandex*. Indian Textile Journal, 120, 22-27, 2010.
- [9]. Hands, C., Hergeth, H.H.A, Hudson, P. (1997), *Marker Making in Small Clothing Companies - Part 1*. International Journal of Clothing Science and Technology, Vol. 9, I. 2, 154-165.

THIẾT KẾ, CHẾ TẠO THỬ NGHIỆM CHI TIẾT THÂN BƠM BHK-12TK BẰNG PHƯƠNG PHÁP ĐÚC

DESIGN AND EXPERIMENT MANUFACTURE OF BHK-12TK PUMP BY CASTING METHOD

Phạm Trung Kiên¹, Tô Viết Thành¹, Nguyễn Văn Thuận^{2*}

¹Viện Cơ khí Động lực, Học viện Kỹ thuật Quân sự

²Khoa Cơ khí, Học viện Kỹ thuật Quân sự

TÓM TẮT

Trong bài báo này đã nghiên cứu cấu tạo và tiến hành thiết kế đúc chi tiết thân bơm BHK-12TK sử dụng trong xe tăng T54. Chi tiết được đúc trong khuôn cát nhựa từ hợp kim AK9U cho thấy khả năng điền đầy tốt, không xuất hiện các dạng khuyết tật bề mặt. Ruyệt 4 mảnh được thiết kế đảm bảo vững chắc, tạo hình các phần rỗng phức tạp bên trong vật đúc rất tốt. Phương án thiết kế đúc có thể được sử dụng trong các nghiên cứu tiếp theo trước khi ứng dụng vào trong thực tế sản xuất.

Từ khóa: Thiết kế đúc; Bơm BHK-12TK; Hợp kim AK9U; Khuôn cát nhựa.

ABSTRACT

In this paper, the structure has been studied and the casting design of the BHK-12TK body pump for the T54 tank has been made. Castings cast from AK9U alloy in resin sand mold show good fillability, surface defects disappeared. The 4-piece core is designed to be sturdy, forming the complex hollows inside the casting very well. The casting design option can be used in further studies and applied in production practice.

Keywords: Casting design; BHK-12TK pump; AK9U alloy; Resin sand mold.

1. MỞ ĐẦU

Bơm BHK-12TK được thiết kế để cung cấp nhiên liệu từ bình đến bơm nhiên liệu và loại bỏ không khí khỏi hệ thống nếu mức nhiên liệu trong bình nằm dưới bộ lọc nhiên liệu, sau đó bơm nhiên liệu vào hệ thống cung cấp điện trước khi khởi động động cơ. Nó được sử dụng trong động cơ diesel D6, D12, B2-450, Y1D6, A-01, A-41, D-442 và các phụ tùng thay thế của chúng [1-3]. Đặc biệt, bơm BHK-12TK còn được ứng dụng như một phần quan trọng của

động cơ xe tăng T-54 [4] và các đầu máy cỡ lớn. Tại Việt Nam, chi tiết này đã được sử dụng trong một khoảng thời gian khá dài và thường được thay thế bằng con đường nhập khẩu. Tuy nhiên, trong khoảng thời gian vừa qua việc này gặp nhiều khó khăn, do đó việc làm chủ công nghệ chế tạo là rất cần thiết.

Trong cụm bơm BHK-12TK, thân bơm là bộ phận quan trọng nhất và thường được chế tạo từ hợp kim nhôm bằng phương pháp đúc. Nhưng quy trình công nghệ đúc chi tiết này còn

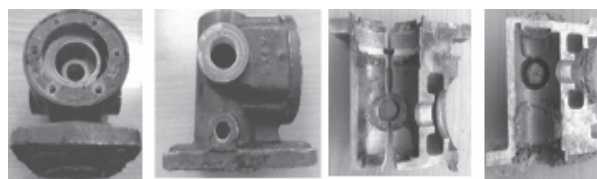
đang là một dấu hỏi lớn và gần như chưa được công bố trên bất kỳ tài liệu nào.

Chính vì vậy, bài báo này tiến hành thiết kế đúc và chế tạo thử nghiệm chi tiết thân bơm BHK-12TK từ mẫu nguyên bản bằng phương pháp đúc trong khuôn cát nhựa. Đây là cơ sở cho quá trình làm chủ công nghệ, tiến tới sản xuất hàng loạt chi tiết đáp ứng nhu cầu ngày càng cao hiện nay.

2. ĐỐI TƯỢNG NGHIÊN CỨU

2.1. Chi tiết đúc

Thân bơm BHK-12TK có hình dạng và cấu tạo như trong hình 1a. Có thể thấy chi tiết này có hình dạng khá phức tạp với nhiều biên dạng và tiết diện thay đổi khác nhau. Bên trong chi tiết gồm nhiều phần rỗng dạng trụ bậc, vành khuyên, chữ thập – hình 1b. Chi tiết được chế tạo từ hợp kim AK9Ч (GOST 1583 – 93) bằng phương pháp đúc.



Hình 1. a) Chi tiết đúc; b) Chi tiết sau khi cắt.

2.2. Hợp kim đúc

Thành phần hóa học hợp kim AK9Ч (GOST 1583 – 93) như trong Bảng 1. Hợp kim được nấu trong lò điện trở. Trong quá trình nấu kim loại lỏng được che phủ bằng hỗn hợp muối có thành phần: 15 % Na_3AlF_6 , 40 % NaF , 45 % NaCl , lượng dùng khoảng $0,1 \div 0,2\%$ khối lượng hợp kim lỏng [5], và được nung khô ở 100°C từ 15 phút trở lên. Khi hợp kim chảy lỏng hoàn toàn, duy trì 10 phút tại các nhiệt độ rót để đảm bảo đồng đều nhiệt độ. Nhiệt độ rót: 700°C . Hợp kim lỏng được rót vào trong khuôn cát nhựa Ecolotec.

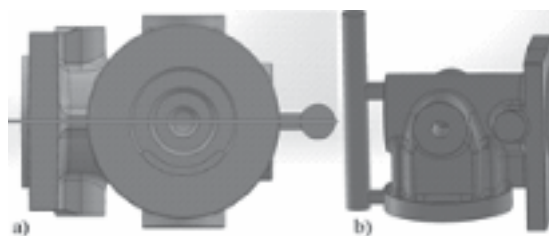
Bảng 1. Thành phần hóa học hợp kim AK9Ч (GOST 1583 – 93) [6]

Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ni	Pb	Al
8 – 10,5	$\leq 1,0$	$\leq 0,3$	$\leq 0,15$	0,17 – 0,30	$\leq 0,3$	$\leq 0,1$	$\leq 0,05$	Còn lại

3. THIẾT KẾ ĐÚC CHI TIẾT THÂN BƠM BHK-12TK

3.1. Chọn mặt phân khuôn và phương pháp rót

Mặt phân khuôn được chọn đi qua đường tâm của bích nổi như trong hình 2a. Do đây là chi tiết thành mỏng, kích thước không quá lớn và tiết diện thay đổi liên tục để đảm bảo dòng chảy êm, phương pháp rót bên hông được lựa chọn – hình 2b.

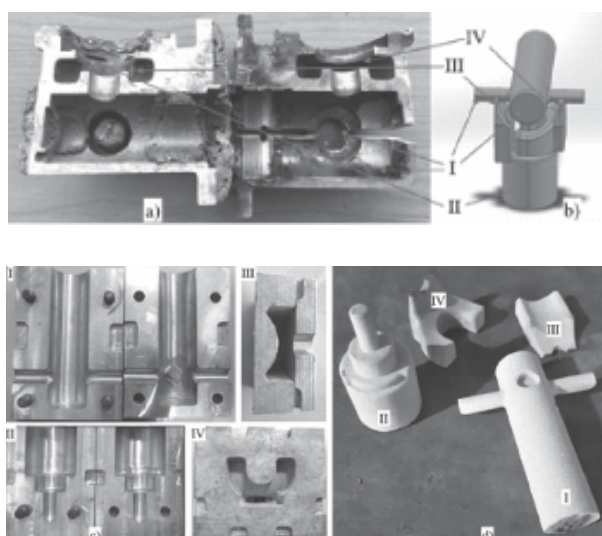


Hình 2. a) Mặt phân khuôn; b) Phương án rót.

3.2. Thiết kế ruột và hộp ruột

Hình 3a biểu diễn cấu tạo bên trong của chi tiết thân bơm BHK-12TK. Phần rỗng

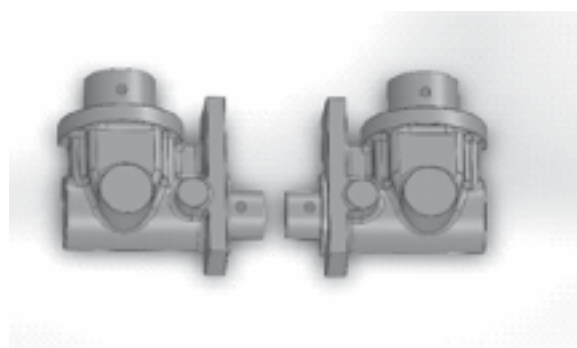
bên trong vật đúc được tạo nên bằng ruột. Tuy nhiên, do cấu tạo phức tạp nên không thể tiến hành làm ruột nguyên khối mà chia ra thành các ruột nhỏ. Phần ruột dạng chữ thập I được tạo thành từ hộp ruột I trong hình 3c và có đầu gác cho ruột dạng trụ bậc đặt vào – hình 3d. Trong khi, hộp ruột II dùng để chế tạo ruột dạng trụ bậc II. Tương tự, ruột dạng khuyên III và dạng móng ngựa IV được chế tạo từ các hộp ruột III và IV trong hình 3c. Các ruột đều được chế tạo bằng hỗn hợp cát nhựa furan. Sau khi chế tạo, các ruột được gắn với nhau bằng keo dán Corfix 9.



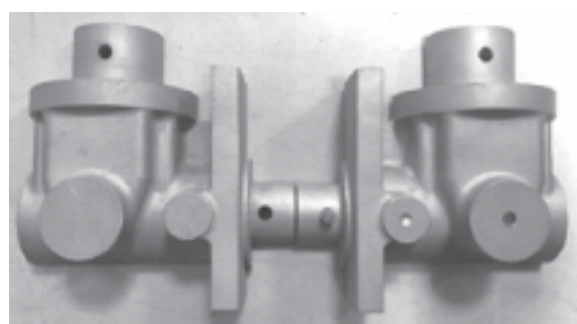
Hình 3. Thiết kế ruột và hộp ruột
a) Cấu tạo phần rỗng bên trong vật đúc;
b) Phương án làm ruột; c) Hộp ruột;
d) Ruột cát nhựa thực tế

3.3. Thiết kế mẫu

Sau khi tính toán cơ ngót và kích thước của các ổ gác ruột để tiến hành làm khuôn cần chế tạo mẫu. Phương án thiết kế mẫu được thực hiện trên phần mềm Solidwork để tối ưu hóa độ chính xác – hình 4a. Sau đó mẫu đúc được đặt chế tạo bằng hợp kim nhôm 6061 như hình 4b.



a)



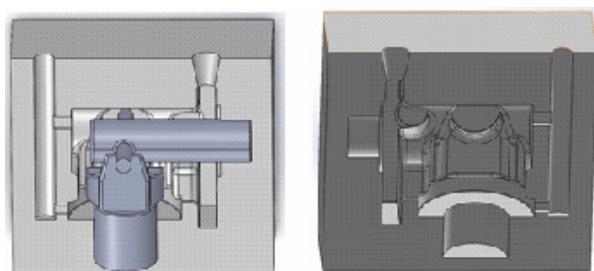
b)

Hình 4. Thiết kế mẫu

a) Phương án thiết kế; b) Mẫu thực tế bằng hợp kim nhôm 6061

3.4. Thiết kế khuôn đúc

Hai nửa mẫu vật đúc và mẫu hệ thống rót được sử dụng để chế tạo hai nửa khuôn từ hỗn hợp cát nhựa furan. Khuôn sau khi đóng rắn, tiến hành đặt ruột vào trong khuôn – hình 5. Trước khi tiến hành rót thử nghiệm 15 phút, ráp khuôn và đặt ra vị trí chờ rót. Kim loại lỏng được rót vào bên hông của vật đúc.

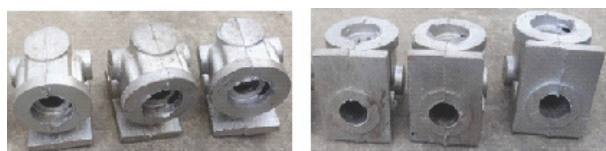


Hình 5. Thiết kế khuôn đúc



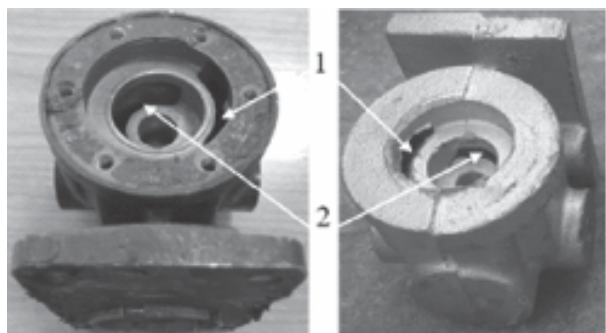
4. ĐÚC THỬ NGHIỆM CHI TIẾT

Hình 6 biểu diễn hình ảnh chi tiết thân bơm BHK-12TK sau khi rót đúc và làm sạch sơ bộ. Có thể thấy chi tiết điền đầy tốt. Không thấy xuất hiện hiện tượng bị khuyết tại vị trí mặt phân khuôn. Bề mặt không bị rỗ cát, ngậm cát. Các ruột tạo hình tốt phần rỗng bên trong vật đúc. Một số bavia xuất hiện tại vị trí giao giữa ruột và khuôn đúc tuy nhiên có thể được loại bỏ hoàn toàn trong bước làm sạch tiếp theo.



Hình 6. Vật đúc sau khi phá khuôn.

So sánh chi tiết đúc với mẫu nguyên bản – hình 7 có thể thấy hình dạng bên ngoài của chi tiết đáp ứng tốt, các hốc khuôn có hình dạng phức tạp được tạo hình chính xác (vị trí 1 và 2). Từ đây, có thể đánh giá sơ bộ rằng phương án thiết kế đúc này là khá phù hợp để chế tạo chi tiết thân bơm BHK-12TK.



Hình 7. So sánh mẫu nguyên bản và vật đúc

5. KẾT LUẬN

Phương án thiết kế đúc chi tiết thân bơm BHK-12TK trong nghiên cứu này tỏ ra khá phù hợp. Chi tiết được điền đầy tốt và không có các dạng khuyết tật bề mặt. Mặc dù để khẳng

định chắc chắn, chi tiết cần được kiểm tra các khuyết tật tế vi bên trong và thử áp suất. Tuy nhiên, những kết quả đạt được là tiền đề cho các nghiên cứu hoàn thiện sau này.

Phương pháp đúc khuôn cát nhựa có thể được sử dụng để chế tạo chi tiết thân bơm BHK-12TK, điều này giúp tận dụng nguồn vật liệu sẵn có tại các xưởng và tiết kiệm chi phí đầu tư khuôn kim loại.

Lời cảm ơn (Acknowledgement):

Nhóm tác giả cảm ơn sự tài trợ về kinh phí của đề tài cấp TCKT, mã số: ĐTN CN.5/22/TCKT-HVKTQS. ❖

Ngày nhận bài: 15/10/2023

Ngày phản biện: 12/11/2023

Tài liệu tham khảo:

- [1]. M.B. Смирнов, А.С. Солонский, *Сверхтяжёлые автомобили-самосвалы МАЗ-525 и МАЗ-530*, p. 32, Москва, 1960.
- [2]. Ю.С. Бибииков, В. И. Лемтюгов, А. М. Русак, И. Д. Тагунов, *Тепловоз ТГМ1* (издание второе), p. 19, Москва “Транспорт”, 1974.
- [3]. А. А. Гмызин, *Узкоколейные тепловозы ТУ6 и ТУ7*, pp. 46-47, Москва “Транспорт”, 1976.
- [4]. Г. В. Макеев, А. А. Луценко, *Руководство по материальной части и эксплуатации танка Т-54*, военное издательство министерства обороны ссср, pp. 81-82, Москва, 1969.
- [5]. Nguyễn Hữu Dũng, *Kỹ thuật nấu luyện hợp kim đúc*, NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, tr. 238, 2012.
- [6]. Phùng Tuấn Anh, *Sổ tay tra cứu nhôm và hợp kim nhôm thông dụng trên thế giới*, NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, tr. 332, 2015.

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ, XÂY DỰNG HỆ THỐNG ĐO KIỂM THÔNG SỐ NGUỒN LASER CÔNG SUẤT CAO

RESEARCH DESIGN AND CONSTRUCTION OF A SYSTEM FOR HIGH-POWER LASER SOURCE PARAMETER MEASUREMENT

Phan Anh Tuấn¹, Đỗ Thanh Tùng², Cao Khắc Thiện³, Nguyễn Thị Ngọc Linh⁴

¹Phòng Hàn, Kim loại và Vật liệu mới, Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng

²Phòng Thí nghiệm Trọng điểm Công nghệ Hàn và Xử lý bề mặt, Viện Nghiên cứu Cơ khí

³Phòng Thí nghiệm Fiber Laser, Viện Ứng dụng Công nghệ

⁴Công ty TNHH Green Laser

TÓM TẮT

Công nghệ gia công sử dụng laser quang sợi công suất cao hiện đang được áp dụng rộng rãi, phổ biến trong nhiều ngành gia công cơ khí như cắt, hàn, phun phủ, khắc, làm sạch,... Tuy nhiên, sau một thời gian sử dụng, các thiết bị tích hợp nguồn laser công suất cao bị giảm hiệu suất, chất lượng. Một trong những nguyên nhân dẫn đến hiện trạng này là thông số nguồn đã bị suy giảm dẫn đến việc hiệu suất, chất lượng làm việc của thiết bị không đạt như ban đầu. Vì thế, việc kiểm tra đánh giá lại thông số của nguồn laser sau một thời gian sử dụng để hiệu chỉnh lại các thông số máy là một nhu cầu thiết yếu trong quá trình sử dụng. Bài báo trình bày một hệ thống đo kiểm các thông số chính của nguồn laser được nhóm tác giả nghiên cứu, xây dựng. Đối tượng được sử dụng để đo kiểm là nguồn laser của hãng IPG với công suất 1000 W. Các kết quả đo kiểm, so sánh, đánh giá được trình bày cụ thể trong nghiên cứu này.

Từ khóa: Laser công suất cao; Đo kiểm laser; Thiết bị đo kiểm thông số laser.

ABSTRACT

Processing technology using high-power fiber lasers is currently widely applied and popular in many mechanical processing industries such as cutting, welding, coating, engraving, cleaning, etc. However, over some time, using devices with integrated high-power laser sources has reduced performance and quality. One of the reasons for this situation is that the source parameters have been reduced, leading to reduced performance and quality, the device's performance is not as good as it was before. Therefore, re-checking and re-evaluating the parameters of the laser source after a period of use to recalibrate the machine parameters is an essential need during use. This article presents a system for measuring and testing the main parameters of laser sources, researched and developed by the authors. In this research, the object used for measurement is a laser source from IPG with a capacity of 1000 W. The results of testing, comparison, and evaluation are presented specifically in this research.

Keywords: High power laser; Laser measure; Laser measure equipment.



1. MỞ ĐẦU

Laser có nhiều ứng dụng quan trọng trên nhiều lĩnh vực khoa học và công nghệ như trong hóa học, vật lý, kỹ thuật, khoa học vật liệu, y học, thông tin lượng tử, quang điện tử, sinh học và khoa học môi trường [1-3]. Với các đặc tính ưu việt như chất lượng chùm tia tốt, độ ổn định cao, giá thành thấp, nhỏ gọn..., laser sợi quang đã được ứng dụng nhiều trong công nghệ gia công vật liệu như cắt, hàn, khắc, làm sạch... [4-8]. Nguồn laser sợi quang công suất cao > 1 kW với các chế độ hoạt động liên tục (CW) hoặc chế độ điều biến xung (Modulated) được ứng dụng rộng rãi ứng dụng cho ngành công nghiệp gia công vật liệu kim loại. Với các tính năng vượt trội so với các loại laser khác như Laser CO₂, Laser YAG thì hiện nay laser quang sợi đang dẫn đầu về thị phần nguồn laser công suất cao trên thế giới theo các nghiên cứu của Future Market Insight (FMI) [9]. Hiện nay ở Việt Nam, công nghệ gia công vật liệu cắt, hàn, khắc, làm sạch bằng laser đang được ứng dụng rộng rãi trong hầu hết các ngành công nghiệp chế tạo. Tuy nhiên, sau một thời gian sử dụng, các nguồn laser công đều có xu hướng bị giảm năng lượng nhưng vẫn chưa có phương pháp đo kiểm, đánh giá chính xác mức độ tổn thất của nguồn laser để qua đó người sử dụng có thể bù lại bằng những cơ cấu khác của máy như phần cơ khí, phần điện, phần điều khiển. Vì vậy, nghiên cứu này là một phương pháp mới để qua đó có thể xác định chính xác tổn hao của nguồn laser theo thời gian, làm tiền đề cho việc căn chỉnh, thay đổi các thông số máy phù hợp để nâng cao hiệu suất, chất lượng của thiết bị trong quá trình sử dụng.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

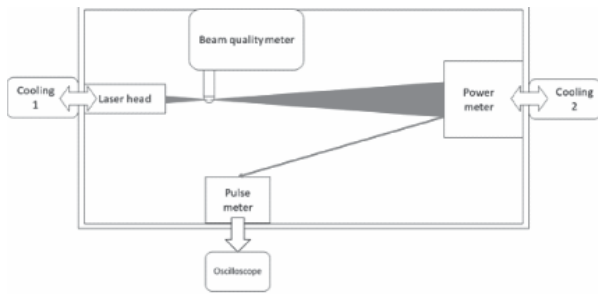
Trong nghiên cứu này, đối tượng sử dụng để đánh giá là nguồn laser của hãng IPG

với công suất đầu ra 1000 W. Bảng 1 mô tả các thông số của nguồn laser IPG-YLS 1000CUT.

Bảng 1. Thông số nguồn Laser IPG – YLS 1000CUT

Tên thông số	Đơn vị đo	Mô tả chính
Bước sóng	nm	1070 ± 5
Chế độ hoạt động		CW/ Modulated
Tần số	Hz	200 – 5000
Công suất đầu ra tối đa	W	1000
Dải điều chỉnh công suất	%	10 – 100
Độ ổn định công suất	%	± 2
Đường kính lõi	μm	50
Chất lượng chùm tia	mm x mrad	< 4
Nguồn điện cấp	VAC	400 V/3 Pha ± 10%, 50/60 Hz
Phương thức làm mát		Nước
Nhiệt độ làm việc	°C	20 – 50
Độ ẩm không khí	%	40 – 90
Kích thước (D x R x C)	mm	1004 x 804 x 556

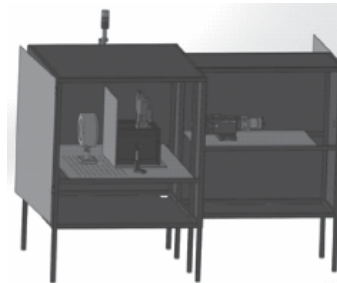
Các thông số chính của nguồn laser sẽ được đo kiểm bao gồm công suất nguồn, tần số hoạt động, độ rộng xung, chất lượng chùm tia. Hệ thống đo kiểm được tính toán, thiết kế, xây dựng là sự tích hợp của các thiết bị chuyên dụng như thiết bị đo công suất, thiết bị đo tần số, thiết bị đo xung nhằm đo kiểm chính xác các thông số đặc trưng của các nguồn laser được sử dụng để nghiên cứu. Hình 2 mô tả sơ đồ cấu hình thiết bị của hệ thống đo kiểm nguồn laser.



Hình 1. Sơ đồ khối hệ thống đo kiểm các thông số của nguồn laser.

Để đo kiểm thông số của nguồn laser, nhóm nghiên cứu đã sử dụng thiết bị đo chất lượng chùm tia của hãng Primes có mã hiệu FM+ với công suất đo kiểm cho phép lên tới 25000 W và phù hợp với nhiều bước sóng trong đó có bước sóng của fiber từ 850 nm đến 1080 nm. Tiếp theo, để kiểm tra công suất nguồn laser phát ra, nhóm nghiên cứu sử dụng hệ thống thiết bị đo của Ophir với mã hiệu PD 11kW và NoVa II với dải đo công suất lên tới 11000 W và dải bước sóng có thể dùng cho nhiều loại laser trong đó có fiber với bước sóng ~ 1100 nm. Ngoài ra, để kiểm tra chính xác tần số hoạt động và các chế độ hoạt động của nguồn laser, nhóm nghiên cứu sử dụng hệ thống High Speed PD kết hợp với thiết bị hiện sóng (Oscilloscope) để thu và phân tích tín hiệu

xung phát ra của nguồn laser. Hình 2 mô tả thiết kế 3D và thiết bị chế tạo thực tế của hệ thống đo kiểm.



(a)



(b)

Hình 2. Hệ thống đo kiểm: (a) Thiết kế 3D, (b) Hệ thống đo sau khi chế tạo

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đo kiểm công suất laser và độ ổn định công suất

Nguồn laser với lõi ra HLC-8 sau khi đi ra khỏi nguồn laser với chùm tia phân kỳ được dẫn hướng vào hệ thấu kính chuẩn trực tạo ra chùm tia song song, tiếp đó sẽ được dẫn hướng vào thấu kính hội tụ để cho ra chùm tia hội tụ và đi vào thiết bị đo công suất bên trong hệ thống.

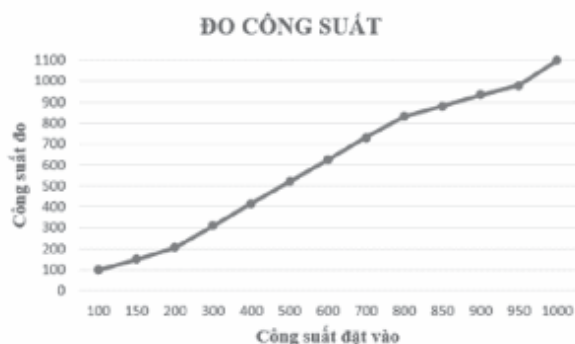
Bảng 2. Công suất nguồn laser IPG đo khi đo bằng hệ thống

Công suất đặt vào (W)	100	150	200	300	400	500	600
Công suất đo (W)	98	149	205	310	415	520	625
Công suất đặt vào (W)	700	800	850	900	950	1000	
Công suất đo (W)	730	830	880	935	980	1100	

Công suất đầu ra của nguồn laser được đo lại với hệ thống đo của nhóm nghiên cứu. Bảng 2 thể hiện các giá trị đo thực tế, Hình 3 mô tả đồ thị so sánh công suất đầu vào và công suất đầu ra khi đo bằng hệ thống thực tế.

Với kết quả đo được từ hệ thống cho thấy, công suất đặt vào và công suất đo thực tế gần như tương đương và giống với kết quả mà nhà sản xuất đã công bố với sai số trung bình là 3,36%, sai số lớn nhất là 10%.



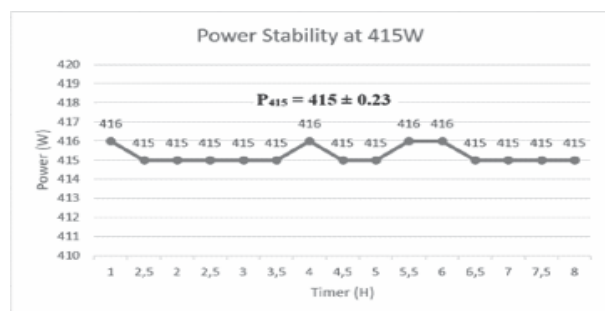


Hình 3. Đồ thị so sánh công suất đặt vào và công suất đo thực tế (W)

Để xác định được độ ổn định của nguồn laser trong lúc hoạt động, nhóm nghiên cứu đã sử dụng bộ thiết bị đo và hiển thị công suất nguồn laser và đo liên tục trong vòng 8 giờ với tần số lấy mẫu là 0,5 giờ. Bảng 3 thể hiện giá trị công suất laser thực tế trong 8 giờ hoạt động liên tục, hình 4 là đồ thị thể hiện độ ổn định công suất nguồn laser trong vòng 8 giờ hoạt động liên tục (Công suất $P = 415$ W, tần số $f = 5000$ Hz, Duty = 100%).

Bảng 3. Giá trị công suất laser hoạt động liên tục trong vòng 8 giờ

Timer, h	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5
Power, W	416	415	415	415	415	415	416	415
Timer, h	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	
Power, W	415	416	416	415	415	415	415	



Hình 4. Đồ thị độ ổn định công suất laser IPG trong 8 giờ liên tục

Từ kết quả thu được cho thấy độ ổn định công suất của hệ thống thu được bằng hệ thống đo khi hoạt động liên tục trong vòng 8 giờ nằm trong phạm vi cho phép theo thông số đưa ra của nhà sản xuất.

3.2. Đo xung và tần số hoạt động của nguồn laser

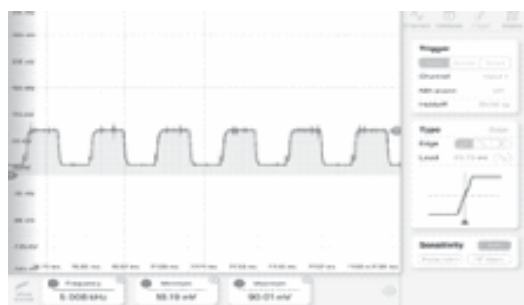
Với đặc tính hoạt động ở chế độ CW/Modulated và dải tần số hoạt động từ 200 – 5000 Hz. Để đo kiểm chính xác thông số này

của nguồn laser IPG, nhóm đã sử dụng bộ thiết bị đo chuyên dụng bao gồm: Cảm biến tốc độ cao của hãng Hamamatsu (High Speed PD), thiết bị hiển sóng (Oscilloscope).

Với bộ thiết bị chuyên dụng trên cho phép nhóm nghiên cứu thu được tín hiệu xung phát ra của nguồn laser trong quá trình hoạt động. Hình 5a là kết quả đo tần số nguồn laser khi cài đặt ở 200 Hz và Hình 5b là kết quả đo tần số nguồn laser khi cài đặt ở 5000 Hz với thông số nguồn laser được cài đặt (Công suất $P = 500$ W, Duty = 100%).



(a)



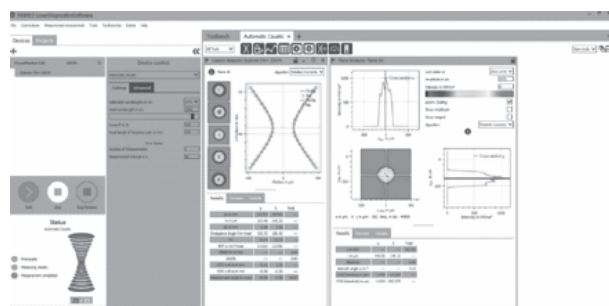
(b)

Hình 5. Kết quả đo tần số của nguồn laser IPG:
(a) 200 Hz, (b) 5000 Hz

Với kết quả thu được như hình 5 cho thấy hệ đo đã xác định đúng tần số đầu ra của nguồn laser khi cài đặt với các mức tần số khác nhau ở đầu vào.

3.3. Đo thông số chất lượng chùm tia của nguồn laser

Thông số M^2 của nguồn laser là một trong những thông số quan trọng để làm cơ sở đánh giá chất lượng nguồn laser. Để xác định được thông số M^2 của nguồn laser được chế tạo, nhóm nghiên cứu đã sử dụng thiết bị đo với model FM+ của hãng Primes. Với bộ thông số nguồn laser đã được cài đặt (Công suất $P = 500$ W, Duty = 100%), Hình 6 mô tả kết quả đo thông số M^2 của nguồn laser.



Hình 6. Kết quả đo thông số M^2 của nguồn laser IPG

Kết quả thu được từ Primes FM+ cho thấy kết quả chất lượng chùm tia của nguồn laser được xác định với $M^2 \sim 2,5$ mm x mrad

thỏa mãn thông số của nhà sản xuất đưa ra là $M^2 < 4$ mm x mrad.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày các kết quả nghiên cứu thiết kế xây dựng hệ thống đo kiểm các thông số chính của nguồn laser IPG – YLS 1000CUT. Các kết quả thu được cho thấy, các thông số đo thực tế có các giá trị gần như tương đương với các thông số của nhà sản xuất công bố: Công suất laser có sai số trung bình là 3,36%, sai số lớn nhất là 10%; độ ổn định công suất laser tại 500 W được duy trì ổn định trong suốt 8 giờ thử nghiệm; tín hiệu xung của nguồn laser đảm bảo ở các tần số 200 và 5000 Hz; chất lượng chùm tia của nguồn laser được xác định thông qua chỉ số M^2 đảm bảo < 4 mm x mrad. Kết quả của nghiên cứu cho thấy tiềm năng ứng dụng của hệ thống đo kiểm này trong việc phát triển công nghệ laser công suất cao tại Việt Nam.

Lời cảm ơn:

Nhóm tác giả xin cảm ơn Phòng Thí nghiệm trọng điểm Công nghệ Hàn và Xử lý bề mặt, Phòng Thí nghiệm Fiber Laser, Viện Ứng dụng Công nghệ đã hỗ trợ thời gian, phương tiện và cơ sở vật chất cho nghiên cứu này. ❖

Ngày nhận bài: 16/10/2023

Ngày phản biện: 18/11/2023

Tài liệu tham khảo:

- [1]. X. Yu, et al. (2014), “Laser-induced breakdown spectroscopy application in environmental monitoring of water quality: A review”, Environ. Monit. Assess., 186(12), pp.8969-80.
- [2]. L. Fiorani, et al. (2010), “Environmental monitoring by laser radar”, Romanian Journal of Physics, 56(3), pp.448-459.



- [3]. L.F. Viana, et al. (2019), “Use of fish scales in environmental monitoring by the application of Laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS)”, *Chemosphere*, 228, pp.258-263.
- [4]. <https://www.sme.org/technologies/articles/2016/february/fiber-lasers-continue-to-gain-market-share-in-material-processing-applications/>.
- [5]. <https://www.laserfocusworld.com/industrial-laser-solutions/article/14215551/highpower-fiber-lasers-gain-market-share>.
- [6]. N.Z. Michalis, et al. (2014), “High power fiber lasers: A review”, *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics*, 20(5), pp.219-241.
- [7]. C.P. Katherine, et al. (2015), “Ultrafast laser processing of materials: A review”, *Advances in Optics and Photonics*, 7(4), pp.684-712.
- [8]. S. Popov (2009), “Chapter 7: Fiber laser overview and medical applications”, *Tunable Laser Applications*, CRC Press.
- [9]. Future Market Insights, “Fiber Laser Market: Elevating Frequency of Conventional Laser Replacements in Material Processing Applications to Support Growth: Global Industry Analysis 2013 - 2018 and Opportunity Assessment, 2019 – 2027”.

NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP XẾP BAO TỰ ĐỘNG LÊN XE TẢI TRONG VẬN CHUYỂN XI MĂNG BAO

STUDYING SOLUTIONS FOR AUTOMATIC BAG LOADING ON TRUCKS IN TRANSPORTATION OF BAGGED CEMENT

TS. Vũ Văn Khoa, ThS. Phạm Xuân Trường, KS. Nguyễn Văn Minh,
KS. Trần Văn Tùng, KS. Nguyễn Xuân Thế
Viện Nghiên cứu Cơ khí, Bộ Công Thương

TÓM TẮT

Bài báo giới thiệu kết quả nghiên cứu giải pháp mới trong quá trình bốc xếp vận chuyển số lượng lớn bao xi măng (50kg) từ các nhà máy sản xuất hoặc trạm xuất xi măng lên xe tải vận chuyển có thùng hở. Phương pháp truyền thống thường là vận chuyển đơn lẻ từng bao và xếp bao thủ công lên thùng xe, tốn rất nhiều thời gian, nhân công với môi trường làm việc độc hại (rất nhiều bụi xi măng). Với giải pháp mới, bao xi măng được xếp tự động, chắc chắn, tiết kiệm thời gian xếp dỡ, tiết kiệm không gian sắp xếp bao trên phương tiện vận chuyển.

Từ khoá: Xếp bao tự động; Vận chuyển xi măng bao.

ABSTRACT

This article introduces the results of research on new solutions in the process of loading and unloading large quantities of cement bags (50kg) from production plants or cement distribution terminal onto open-tank transport trucks. The old method is usually to transport each bag individually and loading it manually on the truck, which takes a lot of time, labor with toxic working environment (lots of cement dust). With the new solution, cement bags are loading automatically, securely, saving loading and unloading time and space for arranging bags on the transport vehicle.

Keywords: Automatic bag loading; Bag cement transport.



1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, tại các trạm xuất xi măng tại Việt Nam hoặc khu vực nhà đóng bao trong nhà máy sản xuất xi măng, hầu hết đều sử dụng phương pháp vận chuyển bao xi măng 50 kg xuống các đơn vị vận chuyển lớn như ô tô tải, xà lan, tàu thủy bằng hệ thống vận chuyển bằng tải đơn thuần, kết hợp với các thiết bị xuất đều sử dụng nhân công bốc xếp lên phương tiện bằng thủ công, có năng suất không cao, chỉ đạt được tối đa khoảng 80 tấn/h và môi trường làm việc rất nhiều bụi xi măng ảnh hưởng tới sức khỏe người lao động.

Một trở ngại nữa trong phương pháp truyền thống là số lượng bao, khi sắp xếp không được đều, hay bị xô lệch, từ đó, dẫn tới việc không tiết kiệm được không gian sắp xếp tối ưu của đơn vị vận chuyển.

Thời gian gần đây, giải pháp sử dụng một máy xếp bao tự động kết hợp với hệ thống vận chuyển bao bằng băng tải đang được áp dụng tại một số nhà máy sản xuất và trạm xuất xi măng cho thấy hiệu quả rõ rệt về khả năng tiết kiệm nhân lực, thời gian cũng như hiệu quả trong công tác vận chuyển xi măng lên thiết bị vận chuyển là xe tải hoặc từ xe tải xuống kho tập kết vật liệu xây dựng. Năng suất vận chuyển, xếp dỡ được nâng cao hơn so với phương pháp truyền thống.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nhóm tác giả khảo sát các hệ thống xếp bao tự động đã được lắp đặt, vận hành tại các nhà máy sản xuất xi măng trong nước. Tham quan khảo sát nhà máy chế tạo thiết bị của các hãng lớn trong lĩnh vực cung cấp thiết bị đóng gói, xếp dỡ. Tìm kiếm tài liệu thiết kế, lắp đặt và vận hành hệ thống của một số hãng hàng đầu

thế giới trong lĩnh vực đóng gói, xếp dỡ sản phẩm, qua đó nghiên cứu nguyên lý, cấu tạo cách thức hoạt động của hệ thống, từ đó đề ra giải pháp áp dụng, định hướng nghiên cứu chế tạo thiết bị xếp bao tự động trong tương lai.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Giải pháp và cấu hình hệ thống máy xếp bao tự động

3.1.1. Cấu tạo chung hệ thống máy xếp bao tự động

Hệ thống xếp bao tự động được thiết kế và lắp đặt cho trạm xuất xi măng bao truyền thống hoặc khu vực nhà đóng bao của nhà máy sản xuất xi măng nhằm nâng cao năng suất xếp hàng và tính an toàn, chắc chắn khi vận chuyển. Các bao được xếp chồng chắc chắn, đảm bảo tối ưu không gian chứa hàng.

Hệ thống xếp bao tự động cho phép xếp bao xi măng vào xe tải cũng như xếp bao lên pallet trên xe tải. Các bao đến từ máy đóng bao được xếp trực tiếp lên khoang chứa hàng của xe tải mui trần. Xe phải đáp ứng các điều kiện sau: mui mở, tường sau có bản lề, không gian chở hàng đều. Bên trong kích thước giữa các thành bên của xe phải lớn hơn chiều rộng của đầu chất hàng. Không gian tải trọng không cần có các bộ phận nhô ra.

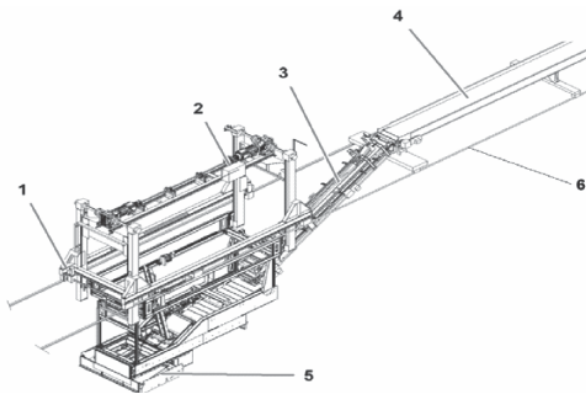
Người lái xe phải đặt xe tải vào đường dẫn dưới khung gầm của Hệ thống xếp bao tự động và hạ thành sau của thùng xe xuống. Để bù đắp cho những sai sót nhỏ về vị trí của xe tải, đầu chất tải có thể được di chuyển theo hướng ngang trong một phạm vi nhất định. Hệ thống xếp bao tự động được di chuyển vào vị trí ban đầu từ màn hình điều khiển (HMI). Sau đó, số hàng và lớp cũng như tổng số túi được nhập

vào hệ thống điều khiển. Quá trình chất bao xi măng lên xe tải sẽ tự động hoàn toàn đến khi kết thúc.

Nguyên lý hoạt động và cấu tạo của máy xếp bao tự động lên xe tải được mô tả như hình 1 và hình 2 dưới đây.



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý hoạt động của máy xếp bao tự động lên xe tải



Hình 2. Nguyên lý cấu tạo của máy xếp bao xuống xe tải thùng hở [1]:

1 - Khung gầm di động; 2 - Trục nâng hạ; 3 - Hệ băng tải lưu trữ; 4 - Băng tải tịnh tiến tiếp nhận bao; 5 - Đầu xuất bao; 6 - Ray di chuyển

a. Yêu cầu chung

Do tốc độ xử lý cao, các bao và xe tải được chất hàng phải đáp ứng một số yêu cầu nhất định cần phải được tuân thủ. Để đảm bảo công suất và tính sẵn sàng của toàn bộ Hệ thống xếp bao tự động, tất cả các bộ phận của hệ thống phải được điều chỉnh một cách tối ưu.

Các yêu cầu sau đây phải được tuân thủ để đảm bảo chất tải tối ưu:

- Kích thước bao phù hợp với máy xếp bao tự động;

- Chuẩn bị bao trên dây chuyền;
- Xe tải có không gian chở hàng phù hợp;
- Cách sắp xếp và trạng thái của pallet.

b. Yêu cầu đối với bao xi măng

Các bao xi măng được vận chuyển phải có chất lượng không đổi, tức là mức độ đầy, trọng lượng, kích thước chiều dài x chiều rộng x chiều cao của chúng phải được giữ trong dung sai cho phép, đặc biệt là lượng khí còn tồn tại trong bao xi măng trong quá trình đóng bao. Những thay đổi liên quan đến hệ số ma sát bên trong và bên ngoài, do nhiệt độ, lượng khí còn tồn tại trong bao, sự thay đổi vật liệu hoặc vật liệu kết dính, ảnh hưởng đến sự tích tụ, xoay và xếp túi. Do đó, toàn bộ cấu hình ngăn xếp trên xe tải bị ảnh hưởng. Các bộ phận chuẩn bị bao xi măng được lắp đặt trong dây chuyền cấp liệu phải được điều chỉnh một cách tối ưu. Việc xếp chồng ổn định đạt được nhờ các túi được làm sạch tốt, làm phẳng và thông gió.

Trong nhiều trường hợp, túi bị rách, vỡ hoặc thậm chí đầy một nửa không dẫn đến trục trặc của Hệ thống xếp bao tự động. Tuy nhiên, để đạt được xếp chồng ổn định và giảm sự hao mòn của máy, cần đảm bảo rằng càng ít bao lỗi từ máy đóng bao càng tốt. Để tránh trục trặc của Hệ thống xếp bao tự động, các túi không đúng kích cỡ sẽ được thải ra trên dây chuyền cấp liệu.

Khi thời gian dừng hệ thống kéo dài ảnh hưởng đến chất lượng bao tồn đọng trên hệ thống, bao xi măng có thể bị biến dạng do tác động của nhiệt hoặc bị hút ẩm nên không còn phù hợp với máy tự động. Do đó, toàn bộ hệ thống từ máy đóng bao đến Hệ thống xếp bao tự động phải được làm sạch trước khi vận hành máy.



c. Yêu cầu đối với xe tải

Khả năng xếp hàng cao của Hệ thống xếp bao tự động chỉ đạt được nếu thời gian cần thiết để điều chỉnh xe tải càng ngắn càng tốt. Vì lý do này, không gian chất hàng phải được chuẩn bị kỹ trước khi xe tải vào vị trí chất hàng.

d. Xuất bao xi măng lên pallet

Cho phép chênh lệch chiều cao của các pallet là 2 cm theo hướng vận chuyển. Khi di chuyển ngang, khoảng cách giữa các pallet phụ thuộc rất nhiều vào chiều rộng của chúng. Khoảng hở giữa pallet và thành xe tải phải bằng nhau ở cả hai bên. Các pallet phải ở giữa không gian chất hàng. Cho phép có sự khác biệt về chiều cao của các pallet theo hướng ngang nhưng ảnh hưởng đến hình dạng của chồng. Nếu có thể, các pallet phải có cùng chiều cao theo hướng ngang.

Hàng pallet đầu tiên phải cách thành trước của xe tải 50 mm để bảo vệ tấm vách ngăn. Các bộ phận nhô từ thành trước của xe tải vào khoang chứa hàng phải được xem xét để không chạm vào hàng bao đầu tiên. Khoảng cách giữa các hàng pallet phụ thuộc vào chiều dài của bao xi măng. Các pallet có thể nằm cạnh nhau theo hướng di chuyển nếu chiều dài gấp đôi của bao ngắn hơn chiều dài của pallet 3 cm.

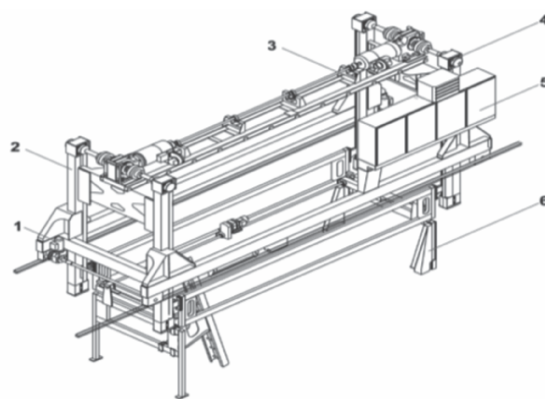
Người lái xe phải căn chỉnh các pallet có chiều rộng 800 mm theo chiều ngang sao cho có khoảng cách 200 mm giữa chúng. Một mẫu (một tấm ván 100 mm có tay cầm ở giữa) có thể hữu ích cho việc này. Độ nghiêng quá mức của các pallet có kích thước 800 x 1000 là khá bất lợi vì hình chiếu của các túi lên tới 25% chiều rộng của chúng. Để việc dỡ hàng được dễ dàng hơn, nên bố trí khoảng cách 3-5 cm giữa các pallet với kích thước 1.000 x 1.200 mm. Bằng cách này, các chồng bao sẽ được ngăn không cho nhô ra sang một pallet khác ngay cả khi đầu tải được đặt sai vị trí.

Nếu các pallet đã được đặt trong không gian chất hàng thì sẽ dễ dàng hơn để đánh giá xem chiều rộng của xe tải có đủ hay không hoặc khoảng cách cần thiết giữa pallet và tường có được giữ từ 100 đến 200 mm hay không. Không gian chất hàng của xe tải không có pallet chỉ có thể được kiểm tra bằng cách đo. Để làm điều này, phải sử dụng một mẫu đã chuẩn bị sẵn (một tấm ván có chiều dài tương ứng với chiều rộng của đầu tải cộng với 200 mm).

3.2. Các thành phần chính của hệ thống xếp bao tự động

3.2.1. Hệ khung gầm di chuyển và tời nâng hạ

Hệ thống được dẫn động ở vị trí tải bằng khung di chuyển. Khung di chuyển được trang bị bốn bộ bánh dẫn động. Bộ phận dịch chuyển chéo được gắn chặt vào các bộ phận dẫn hướng phía trước và phía sau, được tời nâng di chuyển theo hướng thẳng đứng. Đầu xuất bao được treo vào bộ phận dịch chuyển chéo. Đầu tải được căn chỉnh chính giữa với không gian tải bằng bộ phận dịch chuyển chéo. Tủ điều khiển với thiết bị đầu cuối điều khiển được gắn chặt vào một bên của dầm bằng bộ bánh xe (hình 3).



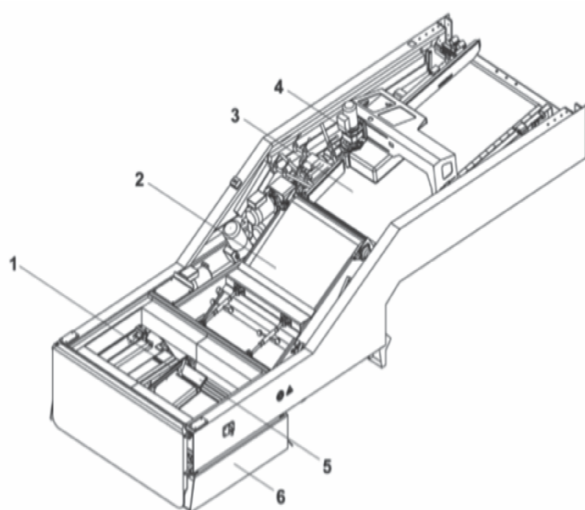
Hình 3. Nguyên lý cấu tạo hệ khung gầm di động và tời nâng hạ [1]:

- 1 - Khung gầm di động; 2 - Dẫn hướng phía trước; 3 - Tời nâng; 4 - Dẫn hướng bên cạnh; 5 - Tủ điều khiển; 6 - Thanh chống di chuyển chéo

3.2.2. Đầu xuất bao xi măng

Đầu xuất bao tạo thành khuôn xếp bao và xếp các lớp bao lên xe tải. Để hình thành các khuôn lớp đóng gói, các bao xi được xếp chồng lên nhau theo hướng dọc và ngang. Thông thường, các bao được vận chuyển theo hướng dọc và chuyển tải vào đầu nạp. Những bao này được gọi là bao dọc. Tùy thuộc vào kiểu đóng gói, một số bao được quay 90 độ trên băng tải định vị. Những chiếc bao này được gọi là bao quay.

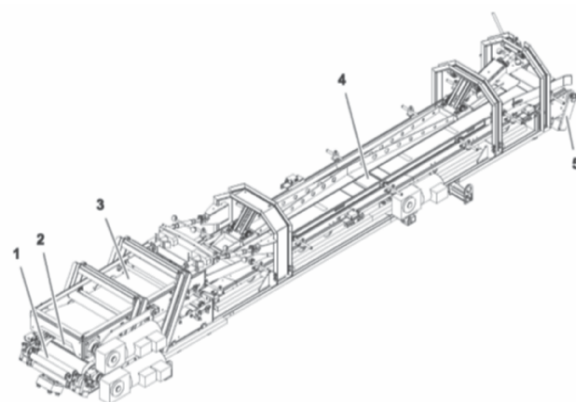
Từ băng tải định vị, các bao được vận chuyển giữa các băng tải cấp bao. Băng tải cấp bao vận chuyển hết hàng bao này đến hàng bao khác lên bàn trượt. Cơ cấu đẩy bao di chuyển lớp túi trên bàn trượt sang trái và sang phải. Ngay sau khi lớp túi hoàn chỉnh nằm trên bàn trượt, bàn trượt sẽ được mở. Những chiếc túi được đặt trên xe tải. Trong quá trình xếp chồng, thiết bị ép lớp sẽ dẫn hướng cho lớp túi. Nguyên lý cấu tạo đầu xuất bao xi măng được mô tả như hình 4.



Hình 4. Nguyên lý cấu tạo đầu xuất xi măng bao [1]:
1 - Cơ cấu đẩy bao; 2 - Băng tải cấp bao;
3 - Băng tải định vị; 4 - Thiết bị xoay bao dạng thanh; 5 - Thiết bị ép lớp; 6 - Bàn trượt

3.2.3. Thiết bị lưu trữ bao

Các bao xi măng được tích lũy trên dây chuyền lưu trữ trong khi Hệ thống xếp bao tự động di chuyển. Cả hai băng tải định thời đều vận chuyển các bao riêng lẻ vào đầu nạp. Khi thiết bị lưu trữ bị đầy bao, cả đường lưu trữ và đường cấp liệu đều bị ngắt kết nối. Trên dây chuyền lưu trữ, các bao được dẫn hướng bằng một tấm ép từ trên cao để đảm bảo vận chuyển an toàn (hình 5).

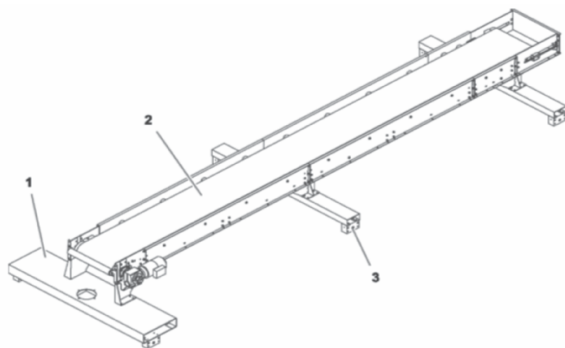


Hình 5. Nguyên lý cấu tạo thiết bị lưu trữ bao [1]:
1 - Thiết bị giữ bao phía dưới; 2 - Băng tải lưu giữ bao phía dưới; 3 - Băng tải lưu giữ bao phía trên; 4 - Thiết bị lưu trữ bao phía trên; 5 - Thiết bị giữ bao phía trên

3.2.4. Băng tải di động

Băng tải di động nhận bao xi măng từ hệ thống cấp bao xi măng sau máy đóng bao. Thiết bị băng tải di động có cửa nhận bao cố định từ băng tải cấp bao của hệ thống, khung băng tải di động được gắn chặt vào thiết bị lưu trữ và được di chuyển cùng Hệ thống xếp bao tự động. Thiết kế và chiều dài của băng tải kéo phụ thuộc vào khoảng cách di chuyển và cách bố trí đường cấp liệu. Các bao được chuyển từ dây chuyền cấp liệu tới băng tải kéo thông qua một máng trượt (hình 6).



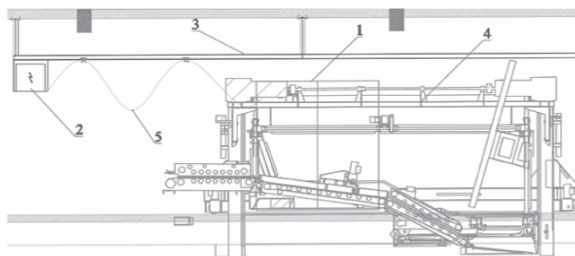


Hình 6. Nguyên lý cấu tạo băng tải di động [1]:
1 - Bộ bánh xe có giá đỡ; 2 - Băng tải cao su;
3 - Bộ bánh xe

3.2.5. Hệ thống điện điều khiển cho thiết bị xếp bao tự động

3.2.5.1. Hệ thống điện động lực

Điện động lực cung cấp cho hệ thống xếp bao tự động được lấy từ nguồn điện sẵn có của nhà máy hoặc trạm phân phối. Nguồn điện cấp là nguồn tiêu chuẩn 380 VAC – 50 Hz, đảm bảo sự ổn định điện áp. Nguồn điện cũng có thể được cấp một lộ dự phòng từ hệ thống máy phát hoặc bộ lưu điện để đảm bảo tính liên tục trong trường hợp nguồn lưới chính bị sự cố. Tủ điện cấp nguồn của hệ thống được lắp đặt trên hệ khung gầm di chuyển và di chuyển cùng máy. Hệ thống điện bao gồm: Cấp dẹt mềm, hệ dầm ray trượt, hộp nối điện cố định, tủ điện động lực, được thể hiện như hình 7.

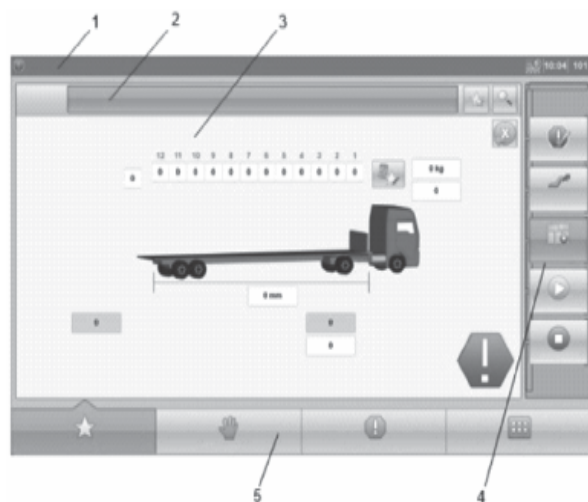


Hình 7. Hệ thống cấp điện động lực:
1 - Tủ điện động lực; 2 - Hộp nối điện cố định;
3 - Ray treo cáp điện; 4 - Khung gầm di động;
5 - Cáp động lực dẹt

3.2.5.2. Hệ thống điều khiển

Hệ thống điện điều khiển được sử dụng trong hệ thống là điện 230 VAC cho các thiết bị điều khiển công suất lớn như xy-lanh, các thiết bị điện tử... Đối với các tín hiệu cảm biến, đèn, các thiết bị điện tử như màn hình chạm (HMI), PLC điện áp được sử dụng là điện một chiều 24 VDC. Hệ thống sử dụng cảm biến quang và cảm biến tiệm cận để bảo vệ, cảnh báo, đếm bao.

Một màn hình vận hành tại chỗ (HMI) được đặt tại tủ điều khiển của hệ thống xếp bao tự động. Trước mỗi lần xuất bao xuống xe tải, người vận hành cần thao tác trên màn hình điều khiển (HMI) để đưa thiết bị vào vị trí khởi động, căn chỉnh vị trí của đầu xuất chính giữa thùng xe, nhập các số liệu cần thiết cho lô hàng phù hợp với thông số xe tải như số lớp xếp chồng cho một pallet; số pallet... sau đó khởi động máy để máy chạy xếp bao tự động. Các thông số của máy và thông số sản xuất có thể được truyền về phòng điều khiển để theo dõi từ xa, lưu số liệu và xuất báo cáo định kỳ (hình 8).



Hình 8. Giao diện điều khiển hệ thống xuất bao tự động lên xe tải [1]:

1 - Thanh trạng thái; 2 - Tiêu đề; 3 - Vùng hiển thị; 4 - Thanh điều hướng; 5 - Nút vận hành chính

3.2.5.3. Cấu hình điều khiển, giám sát

Cấu hình điều khiển của hệ thống được xây dựng trên nền điều khiển và giám sát của Nhà máy xung quanh bộ điều khiển khả trình PLC cấp cao và hệ thống điều khiển giám sát thích hợp. Bộ điều khiển khả trình PLC điều khiển các hoạt động của máy xếp bao một cách tự động và kết nối với bộ điều khiển PLC của nhà máy qua giao diện Ethernet truyền thông công nghiệp.

Hệ thống đóng bao và xếp bao tự động cũng được kết nối với hệ thống điều khiển trung tâm của Nhà máy hoặc Trạm phân phối bằng đường cáp quang với toàn bộ các thông tin cần thiết nhằm quản lý và giám sát cũng như đảm bảo việc vận hành ổn định và đảm bảo năng suất yêu cầu.

4. KẾT LUẬN

1) Qua việc nghiên cứu giải pháp xếp bao tự động lên xe tải trong vận chuyển xi măng bao đánh giá các ưu điểm của hệ thống xếp bao tự động: đảm bảo sự an toàn cho khâu

vận chuyển, nâng cao năng suất giao hàng, tiết kiệm chi phí nhân công xếp dỡ, chi phí thuê bến bãi và thời gian giao nhận.

2) Viện Nghiên cứu Cơ khí đã áp dụng giải pháp xếp bao tự động để triển khai thiết kế, chế tạo và cung cấp lắp đặt thiết bị cho silo lưu trữ xi măng 15.000 tấn bao gồm: hệ thống đường ống nhập xi măng, hệ thống xuất xi măng rời và hệ thống máy đóng bao, máy xếp bao tự động lên xe tải với công suất xếp bao lên tới 120 tấn/h, gấp 1,5 lần so với năng suất vận chuyển truyền thống cho Trạm phân phối xi măng Ninh Thủy – Công ty Xi măng Nghi Sơn (Ninh Thủy, thị xã Ninh Hòa, tỉnh Khánh Hòa), dự kiến sẽ bàn giao vào đầu năm 2024. ❖

Ngày nhận bài: **28/10/2023**

Ngày phản biện: **12/11/2023**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. BEUMER autopac® 3000, BEUMER autopac® 3000 - Operation instruction, OI-623-080026-V01.
- [2]. BEUMER autopac®, A modern, fully automated loading system for single bags.

NGHIÊN CỨU PHÂN TÍCH SÓNG HÀI ĐIỆN ÁP TRONG LƯỚI ĐIỆN KHI HÒA LƯỚI HỆ THỐNG PIN NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI

RESEARCH AND ANALYSIS OF VOLTAGE AND CURRENT HARMONICS IN THE
POWER GRID WHEN CONNECTED TO THE SOLAR BATTERY SYSTEM

TS. Bùi Ngọc Hùng, ThS. Nguyễn Trường Giang,
ThS. Kim Thị Cẩm Ánh, ThS. Cung Quang Khang
Trường Đại học Mở – Địa chất

TÓM TẮT

Ngày nay, các hệ thống pin năng lượng mặt trời là một trong những giải pháp tốt nhất thay thế và bổ sung nguồn năng lượng điện cho hệ thống lưới điện quốc gia và đáp ứng nhu cầu của xã hội. Tuy nhiên, bên cạnh những ưu điểm, khi hòa lưới hệ thống pin năng lượng mặt trời cũng có những ảnh hưởng trực tiếp tới chất lượng điện năng của hệ thống. Để làm rõ nhược điểm này của hệ thống pin năng lượng mặt trời, trong nghiên cứu tập trung phân tích và đánh giá sóng hài điện áp thông qua chỉ số tổng độ biến dạng sóng hài điện áp và dòng điện (THDv, THDi) trong lưới điện khi có kết nối hệ thống pin năng lượng mặt trời trên phần mềm Matlab/Simulink. Từ các kết quả phân tích để đưa ra đề xuất giải pháp làm cho hệ thống pin năng lượng mặt trời trở nên đáng tin cậy và hiệu quả hơn.

Từ khóa: Pin năng lượng mặt trời; Năng lượng tái tạo; Chất lượng điện năng; Sóng hài điện áp; Kỹ thuật điện – điện tử.

ABSTRACT

Today, solar battery systems are one of the best solutions to replace and supplement electrical energy sources for the national grid system and meet the needs of society. However, besides the advantages, when connecting to the grid, the solar battery system also has direct effects on the system's power quality. To clarify this drawback of solar battery systems, the study focuses on analyzing and evaluating voltage harmonics through the index of total voltage and current harmonic distortion (THDv, THDi) in the power grid when connected to the solar battery system on Matlab/Simulink software. From the analysis results, propose solutions to make the solar battery system more reliable and efficient.

Keywords: Solar battery; Recycled energy; Power quality; Voltage harmonics; Electrical and electronic engineering.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Với tiềm năng kỹ thuật khoảng 1677 GW, Việt Nam là một quốc gia có tiềm năng năng lượng mặt trời rất lớn. Trong thời gian vừa qua, Việt Nam mặc dù đã phải huy động tối đa các nguồn điện nhưng đang phải đối mặt với nguy cơ thiếu điện. Theo tính toán, năm 2024-2025 nguồn điện cần bổ sung là từ 4.000 đến 5.000MW [1], chính vì vậy cần thiết phải phát triển các dự án nguồn điện, trong đó có điện mặt trời (PV) nhằm đáp ứng nhu cầu điện cho phát triển kinh tế, đảm bảo an ninh năng lượng Quốc gia.

Tuy nhiên, ứng dụng hệ thống PV trong việc cung cấp điện gặp những khó khăn và rào cản nhất định về mặt kỹ thuật. Một trong những vấn đề phát sinh đó là sóng hài. Khi hệ thống PV kết nối lưới điện sẽ có hai nguồn gây ra sóng hài: Thứ nhất là do thiết bị phi tuyến của mạch kết nối (Diode, IGBT, Thyristor,...); thứ hai là do việc biến đổi từ dòng một chiều thành dòng xoay chiều thông qua các bộ DC/DC, DC/AC. Trong nội dung bài báo này, tác giả nghiên cứu đánh giá chỉ số méo dạng sóng hài THDv và THDi của lưới điện khi kết nối hệ thống PV có lọc và không có lọc. Mô hình hoá hệ thống được xây dựng trên phần mềm Matlab/Simulink và kết quả mô phỏng với lưới điện đơn giản. Cuối cùng là kết luận và các định hướng nghiên cứu tiếp theo.

2. NỘI DUNG VÀ KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

2.1. Công nghệ sử dụng năng lượng mặt trời

Năng lượng mặt trời là năng lượng được tạo ra từ các phản ứng nhiệt hạch hạt nhân trên mặt trời. Hiện nay có hai công nghệ chính sử dụng năng lượng mặt trời. Đó là công

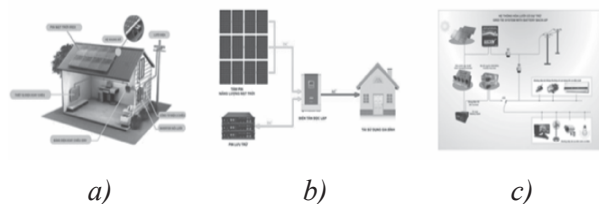
nghệ điện mặt trời dựa trên hiệu ứng quang điện; công nghệ nhiệt mặt trời dựa trên hiệu ứng nhà kính và công nghệ nhiệt mặt trời hội tụ.

Các hệ thống pin quang điện hoạt động dựa trên cơ chế các tấm pin quang điện dưới tác động của ánh sáng mặt trời phát sinh ra dòng điện một chiều. Các tấm pin quang điện được kết nối lại với nhau nhằm gia tăng công suất của hệ thống. Dòng điện một chiều được đưa qua hệ thống biến đổi điện tử công suất nghịch lưu thành dòng xoay chiều và đưa lên lưới điện.

2.2. Sơ đồ khối hệ thống điện năng lượng mặt trời, PV

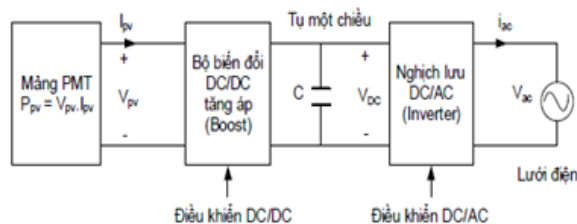
Hệ thống điện năng lượng mặt trời là một trong những công nghệ năng lượng tái tạo tốt nhất không chỉ giúp tiết kiệm chi phí hiệu quả mà còn thân thiện với môi trường. Tại khu vực có nguồn ánh sáng với cường độ lớn, chúng ta có thể cần cấu hình hệ thống kết nối trực tiếp cung cấp điện năng vào lưới điện (hình 1a) [2]. Tương tự, chúng ta cũng có thể lựa chọn cấu hình hệ thống điện mặt trời không cần kết nối với lưới điện (hình 1b) [3]. Tất cả các loại hệ thống điện mặt trời đều hoạt động dựa trên các nguyên tắc cơ bản giống nhau. Các tấm pin đầu tiên chuyển đổi năng lượng mặt trời thành điện một chiều bằng cách sử dụng hiệu ứng quang điện. Sau đó, nguồn điện một chiều có thể được lưu trữ trong pin (hình 1c) [3] hoặc được biến đổi bằng bộ biến tần năng lượng mặt trời thành điện xoay chiều có thể sử dụng để chạy các thiết bị gia dụng. Tùy thuộc vào từng loại hệ thống, lượng điện mặt trời dư thừa có thể được đưa vào lưới điện để bán điện, hoặc được lưu trữ trong hệ thống pin lưu trữ.



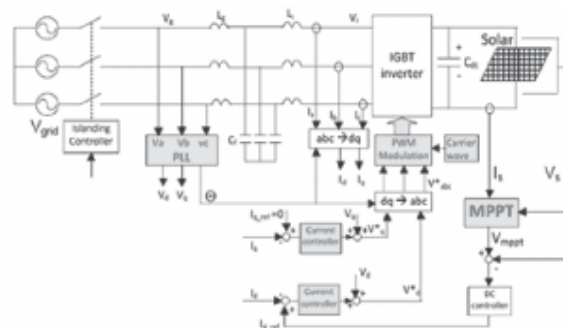


Hình 1. Cấu hình hệ thống điện năng mặt trời
a – Nối lưới trực tiếp; b – Độc lập; Nối lưới có lưu trữ năng lượng

Với quy mô của phòng thí nghiệm kỹ thuật điện – điện tử tại Trường Đại học Mở – Địa chất Hà Nội, sơ đồ khối hệ thống điện mặt trời không sử dụng ắc-quy dự phòng kết hợp với Inverter nối lưới được nhóm tác giả lựa chọn như hình 2. Trong sơ đồ khối, các bộ DC/DC có nhiệm vụ thực thi thuật toán bám công suất cực đại thông qua thuật toán MPPT (Maximum power point tracking), bên cạnh đó cũng tạo ra một số nguồn 30VDC, 12VDC, 5VDC theo yêu cầu của mục đích thí nghiệm. Thông qua bộ biến đổi DC/AC tạo ra được điện áp ra dạng hình sin và đảm bảo khả năng nối lưới của hệ thống (đồng bộ và giám sát lưới), đồng thời bộ biến đổi cũng đảm nhiệm các chức năng trao đổi công suất tác dụng, công suất phản kháng giữa hệ thống pin mặt trời và lưới. Để thực hiện theo sơ đồ khối, nhóm tác giả thành lập sơ đồ nguyên lý mạch điều khiển như hình 3.



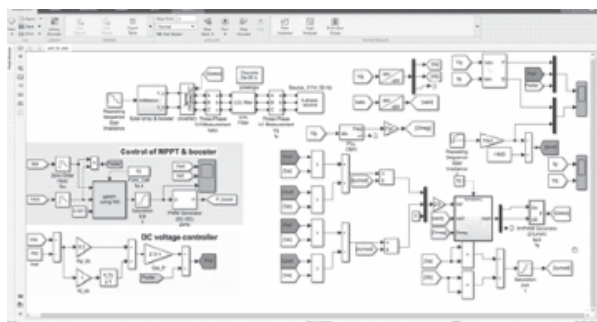
Hình 2. Sơ đồ khối hệ thống điện mặt trời nối lưới không có ắc-quy dự phòng



Hình 3. Sơ đồ nguyên lý điều khiển mạch nghịch lưu Inverter nối lưới

2.3. Mô phỏng hệ thống quang điện hòa lưới sử dụng pin quang điện bằng Matlab/Simulink

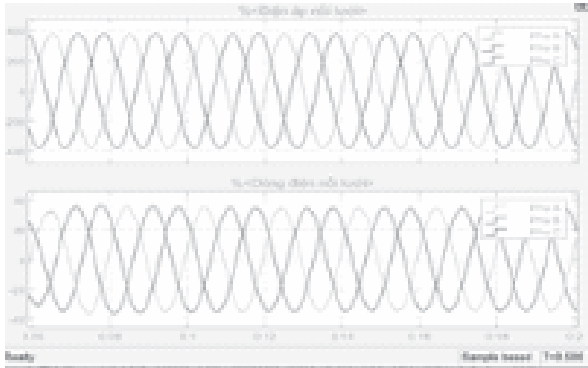
Mô hình hệ thống PV kết nối lưới trong phần mềm Matlab/Simulink được giới thiệu trong hình 4. Mô hình được thiết kế với công suất hệ thống PV nối lưới 3 pha là 20kW, điện áp đầu ra của bộ DC/DC là 680V, của bộ DC-AC là 380V.



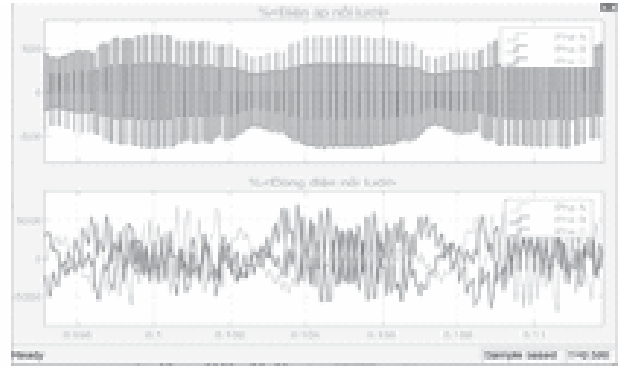
Hình 4. Sơ đồ mô phỏng hệ thống điện pin mặt trời nối lưới.

2.4. Kết quả thực hiện

Các kết quả phân tích trên mô hình mô phỏng cho ta thấy được, khi thay đổi bức xạ trong khoảng 1000-750-500-250 (W/m²) thì công suất bơm vào lưới cũng giảm dần. Điện áp đầu ra của bộ biến đổi DC/DC giữ khá ổn định. Điện áp, dòng điện tại điểm nối thể hiện hình 5.

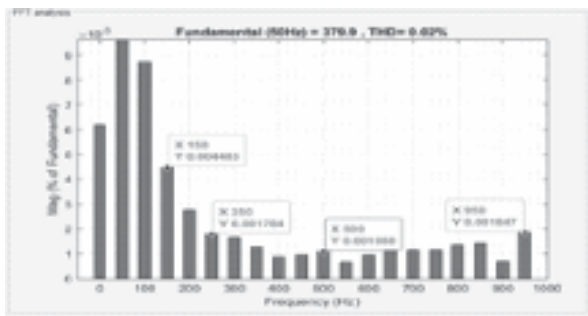


a)

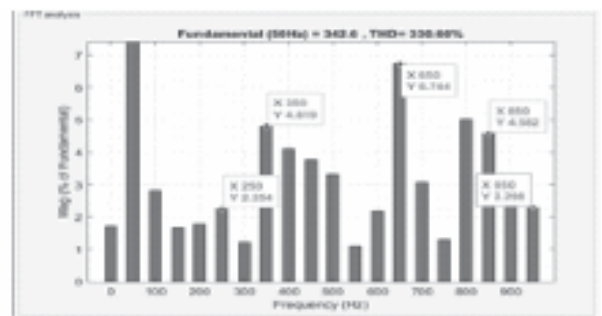


b)

Hình 5. Dạng sóng điện áp và dòng điện tại điểm nối lưới
a – Có sử dụng lọc LCL; b – Không sử dụng lọc LCL

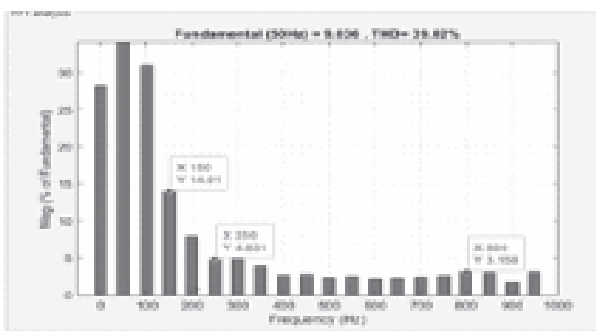


a)

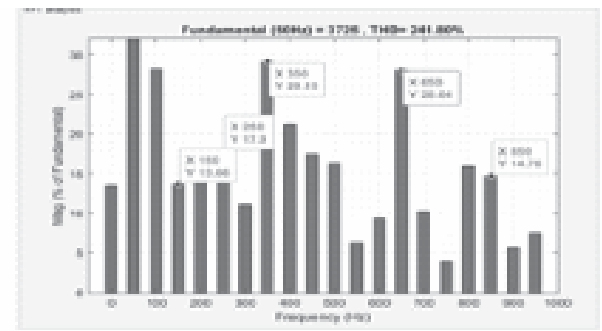


b)

Hình 6. Giá trị sóng hài điện áp: a – Khi có lọc; b – Khi không lọc



a)



b)

Hình 7. Giá trị sóng hài dòng điện: a – Khi có lọc; b – Khi không lọc



Để đánh giá ảnh hưởng sóng hài của hệ thống PV nối lưới, nhóm tác giả xem xét hai trường hợp. Trường hợp hệ thống PV nối lưới có sử dụng lọc thụ động và trường hợp hệ thống PV nối lưới không sử dụng lọc sóng hài. Với mỗi trường hợp, tác giả tiến hành mô phỏng và so sánh chỉ số THD_v, THD_i. Kết quả thu được tín hiệu sóng hài dòng và áp tại điểm nối lưới trong hai trường hợp được thể hiện trên hình 6 và hình 7. Khi không sử dụng lọc LCL các chỉ số THD_v = 330%, THD_i = 241% gấp rất nhiều lần khi có bộ lọc LCL, tín hiệu dòng và áp không đủ điều kiện nối lưới.

3. KẾT LUẬN

Một mô hình hệ thống PV kết nối lưới điện đã được xây dựng trên phần mềm Matlab/Simulink và thực hiện nghiên cứu sóng hài khi nối lưới được bài báo mô tả. Các phần tử của hệ thống PV được nghiên cứu và trình bày dưới mô hình toán học cụ thể.

Bài báo đã mô tả tác động gây nên sóng hài của hệ thống PV thông qua các chỉ số THD_v và THD_i của lưới điện khi kết nối các nguồn PV. Kết quả mô phỏng đã cho thấy sóng hài làm méo sóng dòng điện của lưới điện khi nối lưới hệ thống PV. Ngoài ra, bài báo cũng đã đề xuất sử dụng bộ lọc LCL và minh chứng được tác dụng và khả năng của nó. Phân tích, đánh giá ảnh hưởng sóng hài của lưới điện do hệ thống kết nối nhiều cấp điện áp khác nhau,

nhiều điểm kết nối hơn và kết hợp các nguồn năng lượng tái tạo khác nhau sẽ tiếp tục được đầu tư nghiên cứu và phát triển các bộ lọc để nâng cao chất lượng điện năng.

Lời cảm ơn:

Để hoàn thành những nghiên cứu của mình, nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn tới Trường Đại học Mở – Địa chất đã tạo điều kiện cho nhóm tác giả thực hiện đề tài cơ sở T23-07. ❖

Ngày nhận bài: **18/10/2023**

Ngày phản biện: **08/11/2023**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Hoàng Công Tuấn, “*Đánh giá thực trạng và đề xuất giải pháp phát triển bền vững điện mặt trời tại Việt Nam*”, Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi số 59-2020.
- [2]. Jaka Windarta, “*Implementation and Testing of Rooftop Solar Power Plant with On-Grid System 1215 Wp Household Scale*”, 2020 7th International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE).
- [3]. Chaudhry Bilal Muzaffar, M.Tariq Iqbal (2020), “*Design and Analysis of Off Grid Solar System for DC Load of a House in Pakistan*”, 2020 11th IEEE Annual Information Technology, Electronics and Mobile Communication Conference.

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA LƯU LƯỢNG GIÓ ĐẾN PHÁT TÁN BỤI TRONG GƯƠNG LÒ ĐÀO TẠI MỎ THAN DƯƠNG HUY SỬ DỤNG CFD

STUDY ON THE INFLUENCE OF MASS FLOW ON DUST DISPERSION IN THE
HEADING FACE AT THE DUONG HUY COAL MINE USING CFD

Nguyễn Văn Quang*, Nguyễn Văn Thịnh, Nguyễn Thanh Tùng, Nguyễn Thị Tuyết Mai
Trường Đại học Mỏ – Địa chất

TÓM TẮT

Nghiên cứu này tập trung vào vấn đề quan trọng về ô nhiễm bụi trong môi trường làm việc trong mỏ than, đặc biệt là về bụi hô hấp gây hại cho sức khỏe của người lao động. Bụi mỏ thường phát sinh trong quá trình thi công, chống giữ và vận tải trong gương lò đào, đặc biệt là trong quá trình nổ mìn, không chỉ ảnh hưởng đến tiến độ công việc mà còn đe dọa sức khỏe của người lao động. Nhằm giảm thiểu tác động của bụi đối với sức khỏe và môi trường làm việc, nghiên cứu này sử dụng mô hình số CFD (Computational Fluid Dynamics) kết hợp với dữ liệu khảo sát thực địa để nghiên cứu quá trình phát tán bụi trong không gian và thời gian tại gương lò đào mỏ than Dương Huy. Kết quả nghiên cứu cho thấy mối quan hệ giữa lưu lượng gió và nồng độ bụi trong không gian gương lò theo thời gian tỉ lệ nghịch với nhau. Điều này có ý nghĩa quan trọng trong việc hiểu và quản lý tốt hơn về phát tán bụi trong môi trường làm việc của mỏ than, nhằm bảo vệ sức khỏe của người lao động và tối ưu hóa quy trình khai thác. Khi tăng lưu lượng gió từ 150 đến 500 m³ thì lượng bụi giảm đáng kể, còn từ 500 đến 700 m³ thì lượng bụi giảm ổn định.

Từ khóa: Bụi; Mô phỏng CFD; Lưu lượng gió; Lò đào.

ABSTRACT

This study focuses on the significant issue of dust pollution in the working environment of coal mines, particularly concerning respirable dust that poses health hazards to the labor force. Dust in mines often arises during construction, support, and transportation processes within the heading face, especially during blasting. This not only impacts the progress of work but also poses a threat to the health of workers. In order to minimize the impact of dust on health and the working environment, this study employs Computational Fluid Dynamics (CFD) models in conjunction with on-site survey data to investigate the dispersion of dust in space and time at the heading face of the Dương Huy coal mine. The research results indicate a reciprocal relationship between air flow rates and dust concentrations in the heading face over time. This has significant implications for better understanding and managing dust dispersion in the coal mine working environment, aiming to protect the health of workers and optimize the extraction process. When increasing the air flow rate from 150 to 500 m³, a considerable reduction in dust is observed, and a stable decrease in dust is maintained between 500 and 700 m³.

Keywords: Dust; CFD simulation; Airflow rate; Heading face.



1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Theo Quy hoạch điều chỉnh phát triển ngành than Việt Nam đến năm 2020, có xét triển vọng đến năm 2030 được Thủ tướng Chính phủ phê duyệt tại Quyết định số 403/QĐ-TTg, ngày 14 tháng 03 năm 2016, sản lượng than sản xuất toàn ngành sẽ đạt 51-54 triệu tấn vào năm 2025 và 55-57 triệu tấn vào năm 2030 [4]. Điều này đồng nghĩa với việc các mỏ than sẽ phải tăng sản lượng khai thác, xây dựng thêm nhiều đường lò đào mới để phục vụ quá trình khai thác than. Mỏ than Dương Huy đã lên kế hoạch tiến hành xây dựng 10 đường lò đào mới với các tiết diện và quy mô khác nhau. Tuy nhiên, việc đào các đường lò mới sẽ tạo ra một lượng bụi đáng kể, ảnh hưởng đến tiến độ thi công và đặc biệt là sức khỏe của người lao động. Vì vậy, đã có nhiều nghiên cứu trong nước đã đề xuất giải pháp giảm nồng độ bụi trong môi trường làm việc trong mỏ than hầm lò, như sử dụng giải pháp phun sương kết hợp với thông gió [2, 3]. Một số nghiên cứu trên thế giới như: Kỹ thuật khử bụi trong gương lò đào chủ yếu bao gồm phun sương [8], phương pháp thông gió [6, 10], phun ép nước vào vỉa than [5]. Tóm lại, các nghiên cứu trước đây đã đưa ra những phương pháp khác nhau để giảm nồng độ bụi trong môi trường đào lò, nhưng phần lớn trong những nghiên cứu này đã tập trung vào việc thi công đường lò bằng cơ giới hóa. Vì vậy cần phải tiến hành nghiên cứu dựa trên đặc điểm kỹ thuật của từng mỏ than và tính chất than từng khu vực, bởi vì chúng có thể khác nhau. Trong nghiên cứu này, chúng tôi đã phát triển một mô hình 3D dựa trên đặc điểm đường lò dọc vỉa vận tải mức -90 V14 và tiến hành phân tích nồng độ bụi tại các vị trí 1m, 2m, 4m, 6m cách gương lò đào sau khi nổ mìn. Nghiên cứu này sử dụng mô hình CFD để mô phỏng và phân tích sự tương tác giữa lưu lượng gió và phát tán bụi, với mục tiêu cải thiện quá trình khai thác than

và bảo vệ sức khỏe của người lao động. Nghiên cứu đã tiến hành với sự thay đổi của lưu lượng gió khác nhau với $Q = 150, 300, 400, 500, 600, 700, 800 \text{ m}^3/\text{phút}$ để đánh giá mối quan hệ giữa lưu lượng gió và nồng độ bụi trong không gian đường lò theo thời gian.

2. XÂY DỰNG MÔ HÌNH VẬT LÝ



Hình 1. Mô hình đường lò dọc vỉa vận tải mức -90 V14

Để xây dựng mô hình vật lý với tỉ lệ 1:1 so với thực tế, chúng tôi chọn kích thước phù hợp với hình 1, bao gồm chiều dài 60 m, chiều rộng 4 m và chiều cao 3,5 m. Nồng độ bụi được xác định là $0,0018 \text{ kg/s}$ và thời gian mô phỏng là 900 giây. Chúng tôi xem xét các mô hình với các lưu lượng khí (Q) khác nhau: 150, 300, 400, 500, 600, 700, 800 $\text{m}^3/\text{phút}$. Trong mô hình, chúng tôi sẽ tập trung vào sự lan truyền của bụi trong không khí dựa trên lưu lượng khí và các thông số vật lý của mô hình. Qua đó, chúng tôi sẽ phân tích ảnh hưởng của các mức lưu lượng khí khác nhau đối với sự lan truyền của bụi trong không gian đã được xây dựng. Qua quá trình mô phỏng, chúng tôi kỳ vọng có cái nhìn rõ hơn về cách mà lưu lượng gió ảnh hưởng đến sự phân tán và tích lũy của bụi trong mô hình vật lý đã xây dựng. Điều này có thể cung cấp thông tin quan trọng để đề xuất các biện pháp kiểm soát ô nhiễm không khí hiệu quả và cải thiện chất lượng không khí trong môi trường thực tế.

3. MÔ HÌNH TOÁN HỌC CỦA DÒNG KHÍ VÀ DÒNG BỤI

Phương trình liên tục có thể được biểu thị dưới dạng [7, 9]:

(1) Pha khí phương trình liên tục trong dòng chảy hai pha rắn-khí là:

$$\frac{\partial p}{\partial t} p_g + \frac{\partial}{\partial x_i} (p_g u_i) = 0 \quad (1)$$

Trong đó: t đại diện cho thời gian; ρ_g là khối lượng riêng của khí; u biểu thị vận tốc trung bình theo thời gian; i, j đại diện cho hướng trong hệ tọa độ tự do.

(2) Phương trình bảo toàn động lượng là:

$$\frac{\partial p}{\partial t} (p_g u_i) + \frac{\partial}{\partial x_i} (p_g u_i u_j) = \frac{\partial}{\partial x_j} (\alpha_f T_{ij}) - \frac{\partial p}{\partial x_j} + F_{fs} + p_g g \quad (2)$$

(3) Phương trình K:

$$\frac{\partial (\rho k)}{\partial t} + \frac{\partial (\rho k u_i)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right] + G_k - \rho \varepsilon \quad (3)$$

(4) Phương trình ε :

$$\frac{\partial (\rho \varepsilon)}{\partial t} + \frac{\partial (\rho \varepsilon u_i)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right] + c_{1\varepsilon} \frac{\varepsilon}{k} G_k - C_{2\varepsilon} \rho \frac{\varepsilon^2}{k} \quad (4)$$

Trong đó:

$$G_k = \mu_t \left[\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right] \frac{\partial u_i}{\partial x_j}, \mu_t = \rho C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon}$$

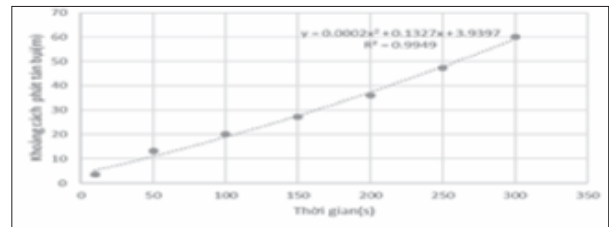
Ở đây: x_i và x_j là tọa độ theo các hướng X, Y và Z; u_i và u_j là vận tốc theo phương X, Y và Z (m/s); ρ là mật độ khí đường bộ (kg/m³); p là áp suất rối hiệu quả (pa); μ là hệ số nhớt động rối; G_k là tốc độ tạo năng lượng rối gây ra bởi gradient vận tốc trung bình theo thời gian (%); μ_t là hệ số nhớt động chảy rối; k là năng lượng rối (J); ε là tốc độ tiêu tán rối (%); $C_{1\varepsilon}$, $C_{2\varepsilon}$, C_μ , σ_k và σ_ε là các hằng số thực nghiệm.

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

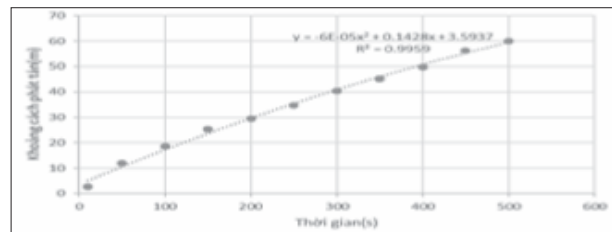
4.1. Ảnh hưởng của lưu lượng gió đến khuếch tán bụi trên toàn bộ không gian đường lò và vị trí cách nền đường lò 1,5m

Sau khi tiến hành nổ mìn tại đường lò, một lượng lớn bụi với kích thước các hạt khác nhau từ bề mặt gương lò phát ra vào khu vực đường lò. Lượng bụi phát tán bị ảnh hưởng từ quá trình nổ mìn và sau đó di chuyển trong không gian đường lò theo hướng gió di chuyển trong đường lò. Trên hình 2, 3, 4, 5, 6, 7 thể hiện kết quả phát tán bụi trong không gian đường lò và vị trí cách nền lò 1,5m (vị trí hít thở của công nhân). Kết quả cho thấy rằng quá trình phát tán bụi theo không gian và thời gian là một hàm bậc 2. Với 7 mô hình lưu lượng cho thấy quá trình phát tán bụi trong toàn bộ không gian và vị trí hít thở của công nhân cụ thể như sau.

Với lưu lượng $q = 150 \text{ m}^3/\text{phút}$: Sau thời gian 300s thì lượng bụi phát ra toàn bộ đường lò, còn tại vị trí hít thở thì 500s sẽ phát ra hết 60m đường lò, hình 2.



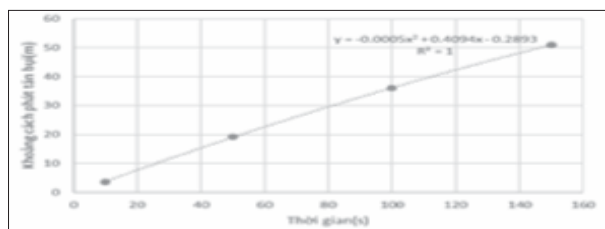
a. Trong không gian đường lò



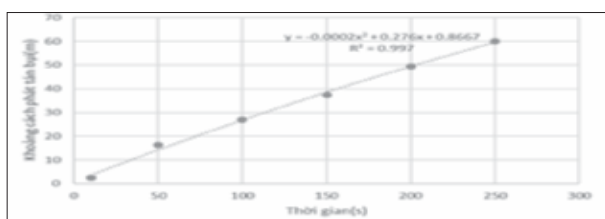
b. Tại vị trí cách nền 1,5m

Hình 2. Phát tán bụi theo thời gian và không gian đường lò với $Q = 150 \text{ m}^3/\text{phút}$

Với lưu lượng $q = 300 \text{ m}^3/\text{phút}$: Lượng bụi phát sinh trong không gian đường lò mất 150s, tại vị trí hít thở mất 250s để bụi phát sinh hết 60m đường lò, hình 3.



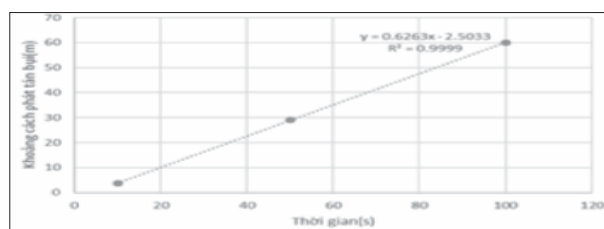
a. Trong không gian đường lò



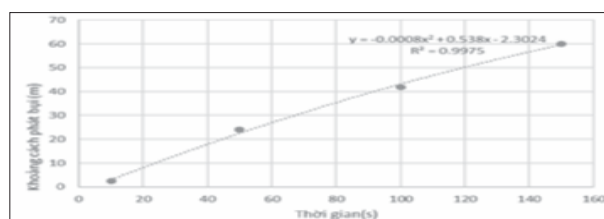
b. Tại vị trí cách nền 1,5m

Hình 3. Phát tán bụi theo thời gian và không gian đường lò với $Q = 300 \text{ m}^3/\text{phút}$

Với lưu lượng $q = 500 \text{ m}^3/\text{phút}$: Lượng bụi phát sinh trong không gian đường lò mất 100s, tại vị trí hít thở mất 150s để bụi phát sinh hết 60m đường lò, hình 5.



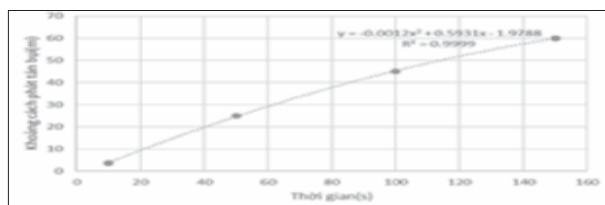
a. Trong không gian đường lò



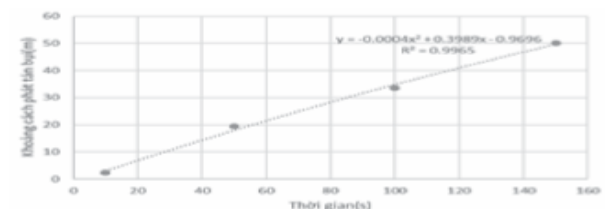
b. Tại vị trí cách nền 1,5m

Hình 5. Phát tán bụi theo thời gian và không gian đường lò với $Q = 500 \text{ m}^3/\text{phút}$

Với lưu lượng $q = 400 \text{ m}^3/\text{phút}$: Lượng bụi phát sinh trong không gian đường lò mất 150s, tại vị trí hít thở mất 150s để bụi phát sinh hết 60m đường lò, hình 4.



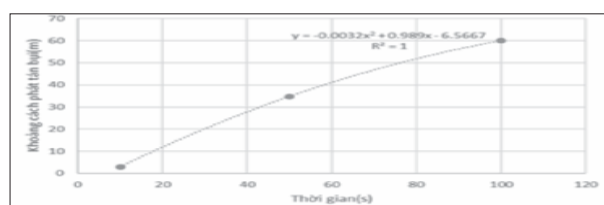
a. Trong không gian đường lò



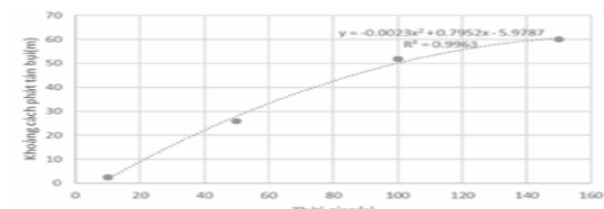
b. Tại vị trí cách nền 1,5m

Hình 4. Phát tán bụi theo thời gian và không gian đường lò với $Q = 400 \text{ m}^3/\text{phút}$

Với lưu lượng $q = 600 \text{ m}^3/\text{phút}$: Lượng bụi phát sinh trong không gian đường lò mất 100s, tại vị trí hít thở mất 150s để bụi phát sinh hết 60m đường lò, hình 6.



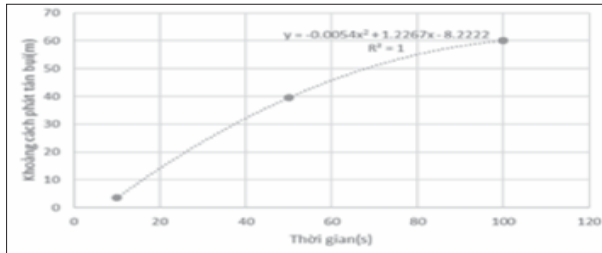
a. Trong không gian đường lò



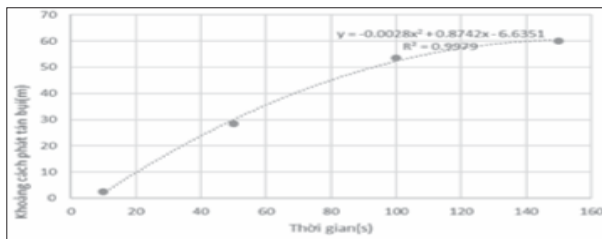
b. Tại vị trí cách nền 1,5m

Hình 6. Phát tán bụi theo thời gian và không gian đường lò với $Q = 600 \text{ m}^3/\text{phút}$

Với lưu lượng $q = 700 \text{ m}^3/\text{phút}$: Lượng bụi phát sinh trong không gian đường lò mất 100s, tại vị trí hít thở mất 150s để bụi phát sinh hết 60m đường lò, hình 7.



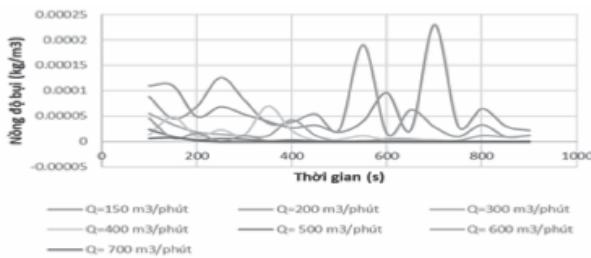
a. Trong không gian đường lò



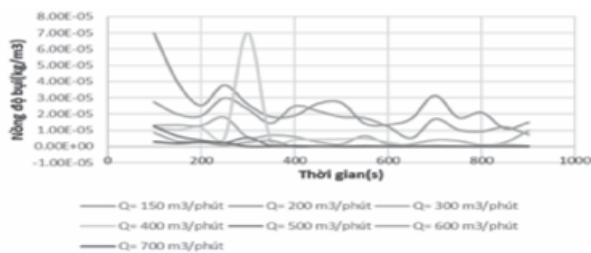
b. Tại vị trí cách nền 1,5m

Hình 7. Phát tán bụi theo thời gian và không gian đường lò với $Q = 700 \text{ m}^3/\text{phút}$

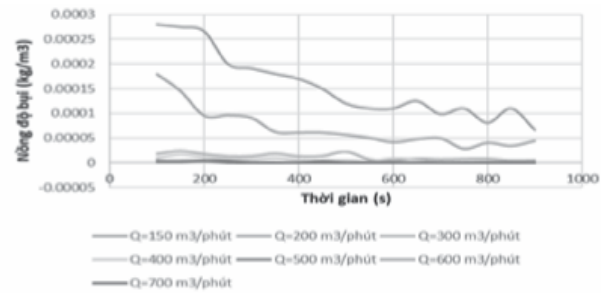
4.2. Ảnh hưởng của lưu lượng gió đến nồng độ bụi tại khu vực làm việc trước gương lò



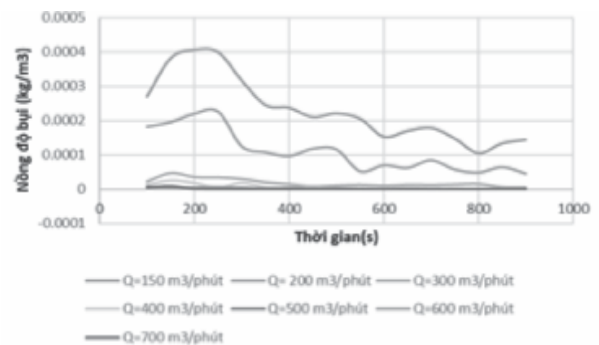
a. Tại vị trí cách gương 1m



b. Tại vị trí cách gương 2m



c. Tại vị trí cách gương 4m



d. Tại vị trí cách gương 6m

Hình 8. Nồng độ bụi tại các vị trí cách gương 1m, 2m, 4m, 6m

Để đánh giá hiệu quả giảm nồng độ bụi tại khu vực làm việc của công nhân tại gương lò đào. Bài báo lựa chọn các vị trí cách gương 1m, 2m, 4m, 6m với các lưu lượng gió khác nhau để đánh giá nồng độ bụi theo thời gian. Kết quả đánh giá tại thời điểm 100s-900s.

Tại vị trí 1m trước gương đào: Với $q = 150 \text{ m}^3/\text{phút}$ nồng độ bụi lớn nhất là 230 mg/m^3 , $q = 300 \text{ m}^3/\text{phút}$ là $54,75 \text{ mg/m}^3$, $q = 400 \text{ m}^3/\text{phút}$ là $69,5 \text{ mg/m}^3$, $q = 500 \text{ m}^3/\text{phút}$ là $23,17 \text{ mg/m}^3$, $q = 600 \text{ m}^3/\text{phút}$ là $46,13 \text{ mg/m}^3$, $q = 700 \text{ m}^3/\text{phút}$ là $8,07 \text{ mg/m}^3$.

Tại vị trí 2m trước gương đào: Với $q = 150 \text{ m}^3/\text{phút}$ nồng độ bụi lớn nhất là 70 mg/m^3 , $q = 300 \text{ m}^3/\text{phút}$ là $18,2 \text{ mg/m}^3$, $q = 400 \text{ m}^3/\text{phút}$ là $70,4 \text{ mg/m}^3$, $q = 500 \text{ m}^3/\text{phút}$ là $12,5 \text{ mg/m}^3$, $q = 600 \text{ m}^3/\text{phút}$ là $8,63 \text{ mg/m}^3$, $q = 700 \text{ m}^3/\text{phút}$ là $2,63 \text{ mg/m}^3$.

Tại vị trí 4m trước gương đào: Với $q = 150 \text{ m}^3/\text{phút}$ nồng độ bụi lớn nhất là 280 mg/m^3 , $q = 300 \text{ m}^3/\text{phút}$ là $24,6 \text{ mg/m}^3$, $q = 400 \text{ m}^3/\text{phút}$ là $16,9 \text{ mg/m}^3$, $q = 500 \text{ m}^3/\text{phút}$ là $4,88 \text{ mg/m}^3$, $q = 600 \text{ m}^3/\text{phút}$ là $4,16 \text{ mg/m}^3$, $q = 700 \text{ m}^3/\text{phút}$ là $4,17 \text{ mg/m}^3$.

Tại vị trí 6m trước gương đào: Với $q = 150 \text{ m}^3/\text{phút}$ nồng độ bụi lớn nhất là 407 mg/m^3 , $q = 300 \text{ m}^3/\text{phút}$ là $46,5 \text{ mg/m}^3$, $q = 400 \text{ m}^3/\text{phút}$ là $24,2 \text{ mg/m}^3$, $q = 500 \text{ m}^3/\text{phút}$ là $8,23 \text{ mg/m}^3$, $q = 600 \text{ m}^3/\text{phút}$ là $6,45 \text{ mg/m}^3$, $q = 700 \text{ m}^3/\text{phút}$ là $8,76 \text{ mg/m}^3$.

Kết quả cho thấy rằng, trong các mô hình lưu lượng gió với $q = 150-400 \text{ m}^3/\text{phút}$ thì nồng độ bụi trong khoảng thời gian đánh giá 100-900s vẫn còn khá cao, hiệu quả giảm bụi thấp; với $q = 500-700 \text{ m}^3/\text{phút}$ được cải thiện nhiều so với các lưu lượng gió trên.

5. KẾT LUẬN

Quy luật phát tán bụi trong đường lò bị ảnh hưởng bởi lưu lượng gió cung cấp cho gương lò, quá trình phát tán bụi trong đường lò theo không gian và thời gian là hàm bậc 2 có dạng $y = ax^2 + bx + c$. Với lưu lượng $q = 150-400 \text{ m}^3/\text{phút}$ thì hiệu quả giảm bụi thấp, $q = 500-700 \text{ m}^3/\text{phút}$ hàm lượng giảm bụi hiệu quả đảm các tiêu chuẩn theo quy phạm, khi tăng lưu lượng gió từ $150-500 \text{ m}^3/\text{phút}$ thì hàm lượng bụi giảm đáng kể còn từ $500-700 \text{ m}^3/\text{phút}$ hàm lượng giảm ổn định. Kết quả $q = 700 \text{ m}^3/\text{phút}$ hiệu quả giảm bụi tốt nhất tại các vị trí trước gương nồng độ bụi $< 10 \text{ mg/m}^3$. Vậy, việc thay đổi lưu lượng gió có ảnh hưởng rất lớn đến hiệu quả giảm bụi tại khu vực làm việc trước gương lò đào khi không sử dụng các biện pháp giảm bụi khác.

Lời cảm ơn:

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ Giáo dục và Đào tạo, mã số đề tài: B2022-MDA-11. ❖

Ngày nhận bài: **28/9/2023**

Ngày phản biện: **26/10/2023**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Đào Văn Chi, Lê Tiến Dũng, Đỗ Văn Linh (2022); *Nghiên cứu công nghệ lắp đặt và đánh giá hiệu quả chống bụi của thiết bị hút bụi dạng ướt trong quá trình đào lò ở mỏ than Vàng Danh*. Tạp chí Công nghiệp Mỏ, số 2, tr 47-52.
- [2]. Đinh Thị Thanh Nhân, Nguyễn Văn Thịnh, Lê Mạnh Cường (2021); *Nghiên cứu giải pháp giảm nồng độ bụi tại lò chợ cơ giới hóa VM-L(7)-1 mỏ than Mông Dương*. Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ – Địa chất, Tập 62, kỳ 5a, tr 54-61.
- [3]. Nguyễn Văn Quang, Nguyễn Văn Thịnh (2019); *Nghiên cứu các giải pháp giảm thiểu nồng độ bụi và cải thiện điều kiện vi khí hậu tại các gương lò đào của mỏ than Núi Béo*, Tạp chí Công nghiệp Mỏ, số 2, tr 60-64.
- [4]. Thủ tướng Chính phủ (2016); Quyết định số 403/QĐ-TTg, ngày 14 tháng 03 năm 2016 về việc Điều chỉnh quy hoạch phát triển ngành than Việt Nam đến năm 2020, có xét triển vọng đến năm 2030, Hà Nội.
- [5]. Cheng, W.-m., Nie, W., Zhou, G., Yu, Y., Ma, Y., and Xue, J. (2012). *Research and Practice on Fluctuation Water Injection Technology at Low Permeability Coal Seam*. Saf. Sci. 50 (4), 851–856. doi:10.1016/j.ssci.2011.08.021.
- [6]. Guo, L., Nie, W., Yin, S., Liu, Q., Hua, Y., Cheng, L., et al. (2020). *The Dust Diffusion Modeling and Determination of Optimal Airflow Rate for Removing the Dust Generated during Mine Tunneling*. Building Environ. 178, 106846. doi:10.1016/j.buildenv.2020.106846.
- [7]. N.A. Patankar, D.D. Joseph, *Modeling and numerical simulation of particulate flows by the Eulerian-Lagrangian approach*, Int. J. Multiph. Flow 27 (10) (2001) 1659–1684.
- [8]. Nie, W., Liu, Y., Wang, H., Wei, W., Peng, H., Cai, P., et al. (2017). *The Development and Testing of a Novel External-Spraying Injection Dedusting Device for the Heading Machine in a Fully-Mechanized Excavation Face*. Process Saf. Environ. Prot. 109, 716–731. doi:10.1016/j.psep.2017.06.002.
- [9]. T. Ren, Z. Wang, G. Cooper, *CFD modelling of ventilation and dust flow behavior above an underground bin and the design of an innovative dust mitigation system*, Tunn. Undergr. Space Technol. 41 (2014) 241–254.
- [10]. Toraño, J., Torno, S., Menéndez, M., and Gent, M. (2011). *Auxiliary Ventilation in Mining Roadways Driven with Roadheaders: Validated CFD Modelling of Dust Behaviour*. Tunnelling Underground Space Technol. 26 (1), 201–210. doi:10.1016/j.tust.2010.07.005.

NGHIÊN CỨU XÁC ĐỊNH ĐỘ TRÔI CON QUAY 3 BẬC TỰ DO TRÊN THIẾT BỊ BAY

RESEARCH OF DRIFT DETERMINATION OF GYROSCOPE WITH 3 DEGREES OF FREEDOM FOR FLYING DEVICES

ThS. **Đỗ Tiến Cần**, TS. **Nguyễn Phú Thắng**, TS. **Nguyễn Hanh Hoàn**
Viện Khoa học và Công nghệ Quân sự

TÓM TẮT

Con quay là bộ phận quan trọng trong hệ thống điều khiển của thiết bị bay. Độ trôi của con quay ảnh hưởng trực tiếp đến độ chính xác của thiết bị bay khi bay. Bài báo đề cập đến mô hình toán phương trình chuyển động con quay 3 bậc tự do trên thiết bị bay và các phương pháp xác định độ trôi của con quay bằng phương pháp mô phỏng số và phương pháp thử nghiệm. Bằng phương pháp mô phỏng số đã áp dụng tính toán cho con quay S-125. Một số nguyên nhân cơ bản ảnh hưởng đến độ trôi con quay đã được chỉ ra phục vụ cho việc thiết kế và các phương án công nghệ khi khảo sát, thử nghiệm.

Từ khóa: Con quay 3 bậc tự do; Con quay S-125; Độ trôi.

ABSTRACT

The gyroscope is an important part of the flying devices control system. The drift of the gyroscope directly affects the accuracy of the flying devices in flight. The article refers to the mathematical model of the gyro equation of 3 degrees of freedom on the flying devices and methods to determine the drift of the gyroscope, numerical simulation and experimental methods. By numerical simulation method, calculations have been applied to the gyroscope S-125. Some basic causes affecting the accuracy of flying devices gyro have been pointed out for the design and technological options when surveying and testing.

Keywords: Gyroscope with 3 degrees of freedom; S-125 gyroscope; Drift.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Con quay là bộ phận quan trọng trong hệ thống điều khiển dùng để xác định các vị trí góc của thiết bị bay (TBB) trong không gian. Trong

quá trình tính toán thiết kế và thử nghiệm con quay, việc xác định độ trôi con quay và khảo sát ảnh hưởng của các yếu tố kết cấu và động lực học đến độ trôi con quay là một nội dung nghiên cứu quan trọng. 

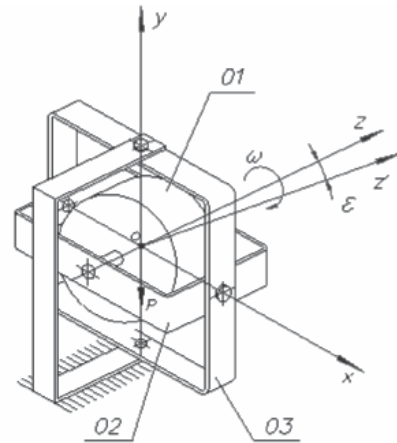
Vấn đề liên quan tới độ trôi của con quay tuy đã được nhiều tác giả trên thế giới quan tâm nghiên cứu giải quyết, song các bài toán về giải hệ phương trình chuyển động con quay thường giải theo phương pháp giải tích với các giả thiết thường được đơn giản hóa. Cùng với sự phát triển của khoa học công nghệ, càng ngày càng có nhiều các phần mềm mô phỏng số cho phép xây dựng các bài toán có độ phức tạp cao, sát với điều kiện thực tế hơn. Trong bối cảnh điều kiện làm thực nghiệm còn hạn chế và tốn kém, thì việc xây dựng chương trình mô phỏng phương trình chuyển động con quay 3 bậc tự do trên thiết bị bay để khảo sát ảnh hưởng của các yếu tố kết cấu và động lực học tới độ trôi của con quay có ý nghĩa thiết thực, góp phần phân tích đánh giá đưa ra các phương án hợp lý khi kiểm tra và hiệu chỉnh con quay.

Trong khuôn khổ bài báo sẽ tập trung đề cập đến các phương pháp xác định độ trôi con quay 3 bậc tự do trên thiết bị bay với đối tượng khảo sát là con quay trên tên lửa S-125. Con quay trên tên lửa S-125 là con quay 3 bậc tự do có nhiệm vụ xác định vị trí góc cren (góc quay quanh trục dọc) của TBB. Độ trôi con quay S-125 chính là độ trôi của khung các-đăng ngoài và khung các-đăng trong. Độ trôi con quay phụ thuộc vào các yếu tố động lực học như: dao động của hệ rô-to khung các-đăng do mô-men mất cân bằng, mô-men ma sát, độ cứng vững các khung các-đăng, độ dơ các mối ghép, các sai số khác do chế tạo và lắp ráp,...

2. PHƯƠNG PHÁP MÔ PHỎNG SỐ XÁC ĐỊNH ĐỘ TRÔI CON QUAY

2.1. Phương trình chuyển động của con quay

Sơ đồ động học con quay 3 bậc tự do có thể được biểu diễn như hình 1:



Hình 1. Sơ đồ động học con quay 3 bậc tự do

Con quay 3 bậc tự do có cấu tạo gồm: Rô-to, khung trong và khung ngoài (hình 1). Rô-to gá lên khung trong, khung trong gá lên khung ngoài, khung ngoài gá lên thân thiết bị bay. Rô-to được khởi động và duy trì tốc độ quay bằng động cơ điện.

Hệ phương trình vi phân phi tuyến tổng quát của hệ con quay dưới tác động của mô-men ngoại lực có dạng sau [3]:

$$\begin{cases} (J_x^R + J_y^R)\ddot{\beta} - J_z^R\dot{\phi}\dot{\alpha}\cos\beta + (J_y^T + J_x^R - J_z^R - J_z^T)\dot{\alpha}^2\sin\beta\cos\beta = -M_x \\ [J_y^N + (J_x^R + J_y^R)\cos^2\beta + J_z^T\sin^2\beta]\ddot{\alpha} - 2(J_x^R + J_y^T - J_z^R - J_z^T)\dot{\alpha}\dot{\beta}\sin\beta\cos\beta - \\ - J_z^R\dot{\phi}\dot{\beta}\cos\beta + J_z^R\dot{\phi}\sin\beta = M_y \\ J_z^R(\ddot{\phi} + \ddot{\alpha}\sin\beta + \dot{\alpha}\dot{\beta}\cos\beta) = M_z \end{cases} \quad (1)$$

Trong đó: α, β – Góc trôi của trục rô-to theo các mặt phẳng xoz và yoz; ϕ – Góc quay của rô-to; $J_x, J_y, J_z; M_x, M_y, M_z$ – Mô-men quán tính và mô-men ngoại lực theo các trục Ox, Oy, Oz; R, T, N – Các chỉ số ký hiệu tương ứng với rô-to (R), khung trong (T), khung ngoài (N).

Tiến hành giải hệ phương trình trên, ta sẽ tìm được mối liên hệ giữa độ trôi của con quay với các yếu tố động lực học. Tuy nhiên, trong từng điều kiện của bài toán cụ thể, việc giải hệ phương trình trên không hề đơn giản, nhất là

việc xác định giá trị các thành phần của mô-men ngoại lực phát sinh trong quá trình hoạt động của con quay.

Có thể tính gần đúng độ trôi của con quay theo công thức (3):

$$\dot{\epsilon} = A(t) + \frac{M}{H} \quad (2)$$

Trong đó:

$A(t)$ – Hàm biến thiên thay đổi theo thời gian, phụ thuộc vào kết cấu động lực học của con quay và một số tác động khác.

M – Mô-men tác động lên hệ thống như: Mô-men ma sát, mô-men xung lực, mô-men mất cân bằng, mô-men điều khiển,...

H – Mô-men động lượng của rô-to con quay.

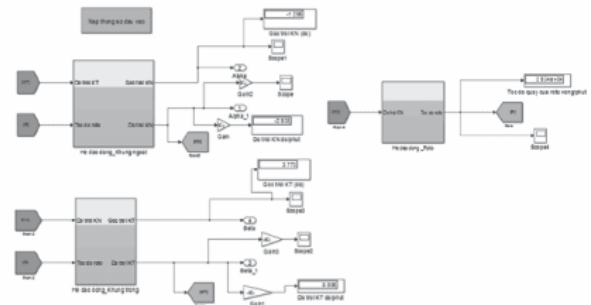
Trong biểu thức (3), thành phần thứ nhất $A(t)$ thường có giá trị nhỏ, nhất là khi con quay đã đạt tốc độ ổn định, cho nên tốc độ trôi của con quay phụ thuộc chủ yếu vào thành phần thứ hai, tức là giá trị của nó tỉ lệ thuận với mô-men ngoại lực và tỉ lệ nghịch với mô-men động lượng của rô to con quay.

2.2. Phương pháp mô phỏng số xác định độ trôi con quay

Trên cơ sở hệ phương trình chuyển động của con quay 3 bậc tự do (1) trên thiết bị bay, có thể xây dựng chương trình mô phỏng trong Matlab-Simulink như trên hình 2.

Chương trình mô phỏng được xây dựng gồm 3 khối chính: Khối khung các-đăng ngoài, khối khung các-đăng trong và khối rô-to con quay. Mỗi khối mô tả động lực học của đối tượng tương ứng dưới tác động của các yếu tố ngoại lực. Chương trình mô phỏng cho phép tự

động hoá quá trình tính toán, đánh giá các tham số thiết kế, khảo sát ảnh hưởng của các tham số kết cấu và động lực học tới độ trôi con quay 3 bậc tự do trên thiết bị bay.



Hình 2. Chương trình mô phỏng phương trình chuyển động con quay 3 bậc tự do

Trong các kết cấu thực tế của các thiết bị con quay, quanh các trục khung trong và khung ngoài có các mô-men ngoại lực tác động. Các mô-men này là không mong muốn gây ra độ trôi con quay nên chúng được gọi là các mô-men có hại [4]. Đối với con quay thiết bị bay, các mô-men có hại bao gồm: Mô-men ma sát vòng bi, mô-men do mất cân bằng, mô-men cản khí động rô-to, mô-men ma sát chổi quét, mô-men do độ cứng vững không đều của hệ khung các-đăng.

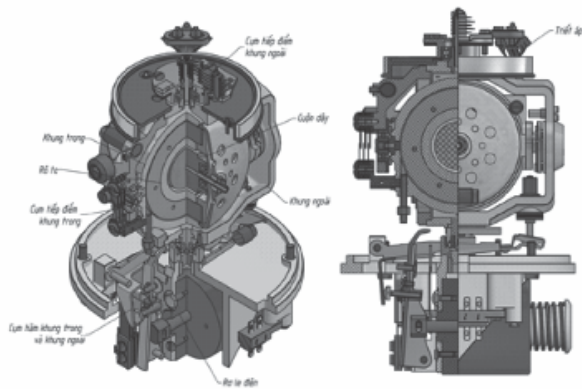
Việc đánh giá ảnh hưởng của các mô-men có hại này đến độ trôi của con quay thiết bị bay có thể được thực hiện nhờ chương trình mô phỏng số.

2.3. Một số kết quả mô phỏng số xác định độ trôi con quay trên tên lửa S-125

2.3.1. Cấu tạo con quay S-125

Con quay S-125 là con quay cơ điện 3 bậc tự do có cấu tạo gồm: Rô-to, khung trong và khung ngoài (hình 3). Rô-to gá lên khung trong, khung trong gá lên khung ngoài, khung

ngoài gá lên thân thiết bị bay. Rô-to được khởi động và duy trì tốc độ quay bằng động cơ điện.



Hình 3. Kết cấu con quay thiết bị bay S-125

2.3.2. Thông số đầu vào phục vụ mô phỏng

Các thông số đầu vào phục vụ mô phỏng con quay trên tên lửa S-125:

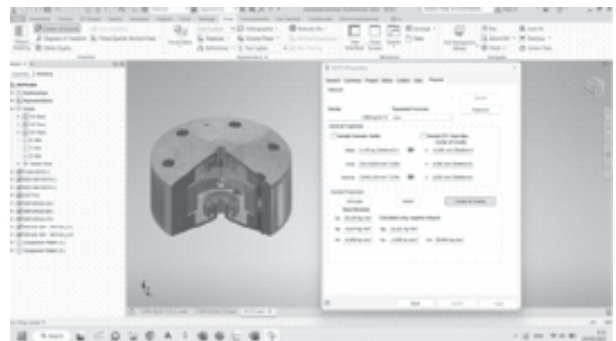
- Mô-men ngoại lực khung trong:
 $M_x = 4.10^{-5} \text{ N.m}$;

- Mô-men ngoại lực khung ngoài:
 $M_y = 12.10^{-5} \text{ N.m}$;

- Mô-men ngoại lực rô-to:
 $M_z = 4.10^{-5} \text{ N.m}$.

- Tốc độ quay ban đầu của rô-to:
 $\Omega_z = 30.000 \text{ vòng/phút}$.

Các thông số khối lượng, quán tính được cân đo thực tế và chuẩn hóa bằng mô hình 3D trong phần mềm Inventor.



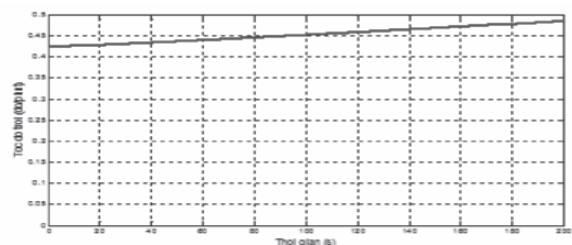
Hình 4. Xác định mô-men quán tính bằng phần mềm Inventor

Bảng 1. Các thông số khối lượng, quán tính các cụm khối con quay

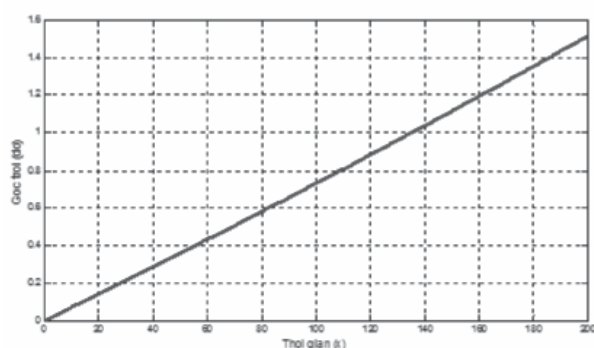
Cụm rô-to	$m_1 \text{ (g)}$	$J_{xR} \text{ (g.mm}^2\text{)}$	$J_{yR} \text{ (g.mm}^2\text{)}$	$J_{zR} \text{ (g.mm}^2\text{)}$
	185	50.006	32.244	32.213
Cụm khung trong	$m_2 \text{ (g)}$	$J_{xT} \text{ (g.mm}^2\text{)}$	$J_{yT} \text{ (g.mm}^2\text{)}$	$J_{zT} \text{ (g.mm}^2\text{)}$
	42,509	15.240,367	20.301,649	10.588,632
Cụm khung ngoài	$m_3 \text{ (g)}$	$J_{xN} \text{ (g.mm}^2\text{)}$	$J_{yT} \text{ (g.mm}^2\text{)}$	$J_{zT} \text{ (g.mm}^2\text{)}$
	165	104.458	153.733	124.633

2.3.3. Một số kết quả khảo sát mô phỏng

Với bộ thông số đầu vào trên, ta tiến hành mô phỏng xác định tốc độ trôi và góc trôi con quay theo thời gian. Sau đây là một số kết quả mô phỏng:

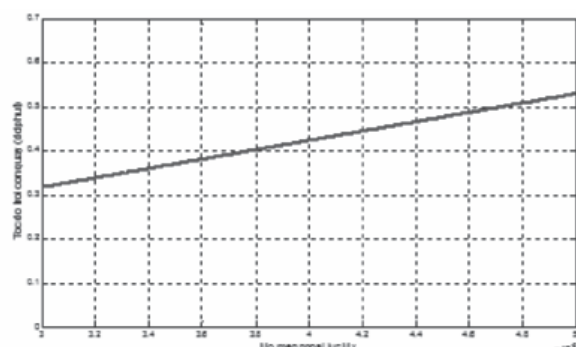


Hình 5. Kết quả mô phỏng độ trôi con quay theo thời gian



Hình 6. Kết quả mô phỏng góc trôi con quay theo thời gian

Bằng việc thay đổi các tham số đầu vào, mô hình mô phỏng cho phép đánh giá ảnh hưởng của các tham số đến độ trôi của con quay. Hình 7 thể hiện kết quả khảo sát ảnh hưởng của ma sát khung ngoài tới tốc độ trôi con quay. Nhận thấy, khi ma sát khung ngoài tăng thì độ trôi của con quay cũng tăng lên.



Hình 7. Khảo sát ảnh hưởng của mô-men ma sát tới tốc độ trôi của khung ngoài

3. PHƯƠNG PHÁP THỬ NGHIỆM XÁC ĐỊNH ĐỘ TRÔI CON QUAY

3.1. Đo độ trôi con quay bằng phương pháp quang học

Thiết bị thử nghiệm xác định độ trôi con quay bằng phương pháp quang học (hình 3) bao gồm: Bàn xoay, nguồn chiếu chùm tia laze

và màn hứng thu nhận tia phản xạ. Con quay thử nghiệm được lắp trên bàn xoay, trục con quay đồng trục với trục của bàn xoay. Khi thử nghiệm, bàn xoay được quay với vận tốc mô phỏng theo chuyển động quay của TBB. Chùm tia laze được chiếu tới gương phản xạ cố định trên khung trong của con quay. Tia phản xạ từ gương đánh dấu vị trí tương ứng trên màn chắn có tọa độ tương ứng theo các trục là Δx , Δy . Độ trôi của khung các-đăng được đo bởi độ lệch của tia laze phản chiếu từ gương lắp trên khung trong con quay lên màn hứng. Trên màn hứng, ở vị trí ban đầu khi mà con quay đang ở trạng thái khóa, chùm sáng ở vị trí 0. Sau khi tăng tốc rô-to con quay, con quay được mở khóa, vị trí chùm sáng trên màn hứng bắt đầu dịch chuyển do gương phản xạ bị lệch các góc tương ứng theo hai phương.

Các tọa độ Δx , Δy của chùm sáng trên màn chắn tỉ lệ với góc trôi của khung trong và khung ngoài con quay theo công thức lượng giác:

$$\begin{cases} \Delta x = L \sin \Delta \alpha \\ \Delta y = L \sin \Delta \beta \end{cases} \quad (3)$$

Trong đó, L là khoảng cách từ gương tới màn chắn.

Khi góc trôi nhỏ thì có thể lấy gần đúng:

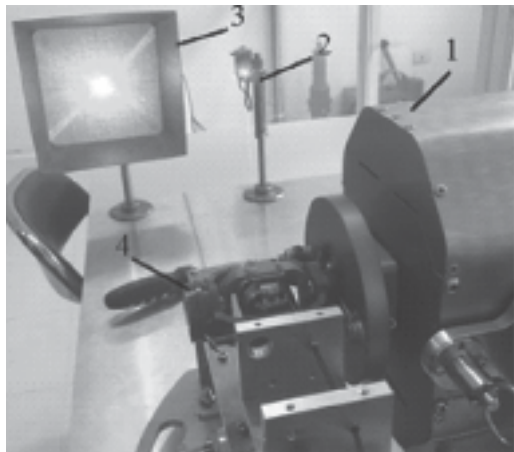
$$\begin{cases} \sin \Delta \alpha \approx \Delta \alpha; \\ \sin \Delta \beta \approx \Delta \beta; \end{cases} \quad (4)$$

Tốc độ trôi của con quay được tính bằng công thức (5):

$$\dot{\alpha} = \frac{\Delta \alpha}{\Delta t} = \frac{\Delta x}{L \Delta t}; \quad \dot{\beta} = \frac{\Delta \beta}{\Delta t} = \frac{\Delta y}{L \Delta t} \quad (5)$$

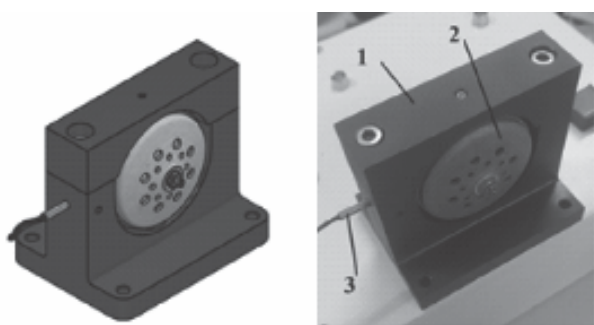
Khoảng thời gian Δt được đo bằng đồng hồ đo thời gian. Các khoảng cách Δx , Δy được xác định bằng vạch chia trên màn chắn.

Ví dụ, khi khoảng cách giữa màn chiếu và gương $L = 57,3$ mm thì một vạch chia 10 mm trên màn hứng tương ứng với góc trôi 1° .



Hình 8. Thiết bị đo độ trôi con quay bằng phương pháp quang học
1 – Bàn xoay; 2 – Đèn laze; 3 – Màn hứng;
4 – Con quay.

Việc đo tốc độ quay của rô-to con quay được tiến hành bằng cảm biến quang không tiếp xúc. Bề mặt rô-to con quay được bôi đen một phần. Khi rô-to quay, phần bề mặt đen hấp thụ ánh sáng, còn phần sáng phản chiếu ánh sáng từ cảm biến ánh sáng, đi-ốt ảnh tạo ra các xung vuông tỉ lệ với tốc độ quay của rô-to. Tần số tín hiệu từ đi-ốt được đo bằng thiết bị đo tần số. Để đo chính xác tần số, chùm sáng từ cảm biến ánh sáng phải vuông góc với mặt đầu rô-to và không có các ánh sáng khác.

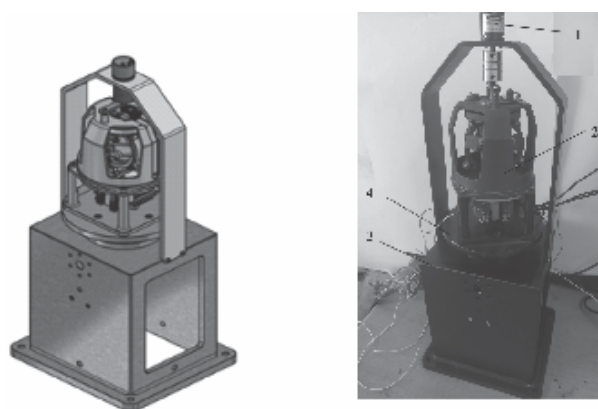


Hình 9. Thiết bị đo tốc độ rô-to
1 – Giá; 2 – Rô to; 3 – Cảm biến quang

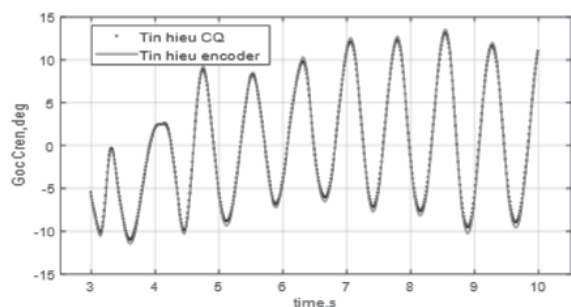
3.2. Đo độ trôi con quay bằng phương pháp đo tín hiệu điện

Thành phần thiết bị thử nghiệm xác định độ trôi con quay bằng phương pháp đo tín hiệu điện sử dụng cảm biến vị trí góc (hình 5) cho đối tượng con quay S-125 bao gồm: Giá, bộ quay, con quay, cảm biến vị trí góc (sử dụng Encoder tuyệt đối) và bộ nguồn cung cấp cho động cơ điện con quay. Con quay được gắn đồng trục trên bộ quay. Encoder được gá cố định trên giá. Trục quay Encoder gắn cố định và đồng trục với bộ quay. Bàn xoay được quay với vận tốc mô phỏng theo chuyển động quay của thiết bị bay. Khi đó, tín hiệu vị trí góc nhận được từ Encoder là vị trí góc của bộ xoay (để con quay). Độ trôi của con quay được thể hiện bằng độ lệch tín hiệu vị trí góc giữa nhận được từ cảm biến vị trí góc và tín hiệu nhận được từ cổ góp của con quay (hình 11).

Như vậy, bằng thiết bị đo độ trôi con quay, ta có thể đánh giá được độ trôi của con quay theo chỉ tiêu thiết kế.



Hình 10. Thiết bị đo độ trôi con quay bằng cảm biến vị trí góc
1 – Encoder; 2 – Con quay; 3 – Giá; 4 – Bộ quay



Hình 11. Đồ thị so sánh tín hiệu vị trí góc của con quay Encoder theo thời gian

Kết quả thử nghiệm (sau 200s có góc trôi $1,6^\circ$, độ trôi trung bình $0,5^\circ/\text{phút}$) so với kết quả tính toán áp dụng cho con quay trên tên lửa S-125 tương đối tương đồng cho thấy độ tin cậy của các phương pháp nghiên cứu.

4. KẾT LUẬN

Con quay là bộ phận quan trọng trong hệ thống điều khiển của TBB. Độ trôi của con quay ảnh hưởng trực tiếp đến độ trôi của TBB khi bay. Bài báo đã đề cập đến mô hình toán phương trình chuyển động con quay 3 bậc tự do trên TBB và phương pháp xác định độ trôi của con quay bằng phương pháp tính gần đúng, phương pháp mô phỏng số và các phương pháp thử nghiệm. Phương pháp mô phỏng số và phương pháp thử nghiệm đã áp dụng cho con quay trên tên lửa S-125 với các kết quả tương đồng cho thấy độ tin cậy của các phương pháp nghiên cứu.

Qua nghiên cứu, khảo sát, có thể chỉ ra một số nguyên nhân cơ bản ảnh hưởng đến độ trôi của con quay:

- Mô-men ma sát trong các ổ trục của khung các-đăng: Đây là nguyên nhân chính ảnh hưởng đến độ trôi con quay.

- Mô-men do mất cân bằng tĩnh và động rô-to con quay (trọng tâm rô-to không nằm trên trục quay tĩnh và động).

- Tính không đối xứng tuyệt đối của hệ con quay: Tính đối xứng tuyệt đối của hệ con quay được hiểu là điểm giao nhau của các trục quay khung các-đăng với trục quay rô-to phải trùng nhau tại một điểm và điểm đó chính là trọng tâm rô-to con quay. Đây là vấn đề rất quan trọng vì nếu trọng tâm rô-to không trùng với vị trí trên thì khi thiết bị bay chuyển động có gia tốc sẽ phát sinh mô-men ngoại lực tác động lên rô-to con quay và làm thay đổi hướng trục của nó. ❖

Ngày nhận bài: 16/9/2023

Ngày phản biện: 26/10/2023

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Nguyễn Phú Thắng; “Xây dựng chương trình mô phỏng phương trình chuyển động của con quay thiết bị bay chống tăng B-72”; Tuyển tập các công trình khoa học tại Hội nghị “Cơ học và điều khiển thiết bị bay 2016”; Tạp chí Nghiên cứu Khoa học và Công nghệ Quân sự. Đặc san 09-2016, tr 191-198.
- [2]. Брозгудъ Г.Д., “Теория и конструкция гироскопических приборов и систем”, Изд. “Высшая Школа”, Москва, 1981.
- [3]. Пельпор Д.С., “Гироскопические Системы, Теория гироскопов и гиросtabilизаторов”, Изд. “Высшая Школа”, Москва, 1986.
- [4]. Лысов А.Н, Виниченко Н.Т, Лысова А.А., “Прикладная теория гироскопов”. Изд. “Машиностроение”, Москва, 2009.

KHẢO SÁT ẢNH HƯỞNG CỦA VẬN TỐC CHẠY DAO VÒNG ĐẾN ĐỘ NHÁM BỀ MẶT KHI MÀI TRÊN MÁY MÀI TRÒN UG20

SURVEYING THE EFFECT OF ROUND KNIFE RUNNING SPEED TO SURFACE ROUGHNESS WHEN GRINDING ON ROUND GRINDING MACHINE UG20

Nguyễn Khắc Chinh, Trương Nguyên Hiến, Ngô Văn Giang
Khoa Cơ khí chế tạo, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vinh

TÓM TẮT

Dựa vào kết quả khảo sát thực nghiệm mài tròn ngoài trên vật liệu thép C45 đã qua nhiệt luyện để đánh giá độ nhám bề mặt Ra đạt được sau khi gia công, từ đó tìm ra được miền tối ưu của các thông số công nghệ khi mài trên máy mài tròn UG20. Kết quả này sẽ là cơ sở khoa học cho các bạn học viên, sinh viên và những người làm kỹ thuật trong lĩnh vực gia công tham khảo và áp dụng, đồng thời sẽ là cơ sở khoa học để mở rộng phạm vi nghiên cứu cho các bạn sinh viên ngành Chế tạo máy, Khoa Cơ khí chế tạo, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vinh trong những năm tiếp theo.

Từ khóa: Độ nhám Ra; Mài tròn; Chế độ cắt khi mài.

ABSTRACT

Based on the results of experimental survey of external circular grinding on heat-treated C45 steel material to evaluate the surface roughness Ra achieved after machining, thereby finding the optimal range of technological parameters when grinding on external circular grinder UG20. This result will be a scientific basis for practitioners, students and technicians in the field of machining to refer to and apply, and will also be a scientific basis to expand the scope of research for students majoring in Machine Manufacturing, Faculty of Mechanical Engineering, Vinh University of Technical Education in the following years.

Keywords: Roughness Ra; Rounded grinding; Cutting mode when grinding.

1. MỞ ĐẦU

Như chúng ta đã biết, mài là một phương pháp gia công tinh có thể đạt độ chính xác cấp $(6 \div 7)$ và cấp độ nhám bề mặt $(8 \div 10)$ nên mài thường được chọn làm phương pháp gia công tinh lần cuối cho các chi tiết sau nhiệt luyện và quyết định đến chất lượng bề mặt sản phẩm.

Ngày nay, với hệ thống sản xuất linh hoạt và tích hợp, mài cũng được đánh giá là một chiến lược và là chìa khóa để nâng cao chất lượng bề mặt cho các sản phẩm chi tiết khi gia công.

Chất lượng chi tiết khi mài phụ thuộc vào rất nhiều thông số công nghệ như vận tốc

cắt, lượng chạy dao, chiều sâu cắt, kiểu đá mài, loại hạt mài, dung dịch tron nguội,... và thường được đánh giá thông qua chất lượng bề mặt chi tiết sau khi mài. Việc phân tích ảnh hưởng của các thông số công nghệ sẽ giúp ích cho việc nhận biết được các đặc trưng của quá trình gia công mài, mức độ ảnh hưởng của các thông số đó đến chất lượng chi tiết gia công.

Hiện nay, đã có rất nhiều các nghiên cứu, phân tích về ảnh hưởng của thông số công nghệ như ảnh hưởng của thông số t (chiều sâu cắt), S (lượng chạy dao), V (vận tốc cắt) đến độ nhám bề mặt. Tuy nhiên, việc phân tích ảnh hưởng của yếu tố V_s (vận tốc chạy dao vòng) đến độ nhám bề mặt R_a khi mài tròn trên máy vạn năng còn ít được đề cập đến.

Mặt khác, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vinh đã được đầu tư mới 01 máy mài tròn hiệu UG22 (Made in England). Để nâng cao hiệu quả sử dụng, giúp ích cho việc giảng dạy, học tập cần có những nghiên cứu chuyên sâu trên thiết bị này.

Kết quả nghiên cứu này sẽ là cơ sở khoa học cho các bạn học viên, sinh viên và những người làm kỹ thuật trong lĩnh vực gia công cơ khí tham khảo và áp dụng, đồng thời sẽ là cơ sở khoa học để mở rộng phạm vi nghiên cứu cho các bạn sinh viên ngành Chế tạo máy, Khoa Cơ khí chế tạo, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vinh trong những năm tiếp theo.

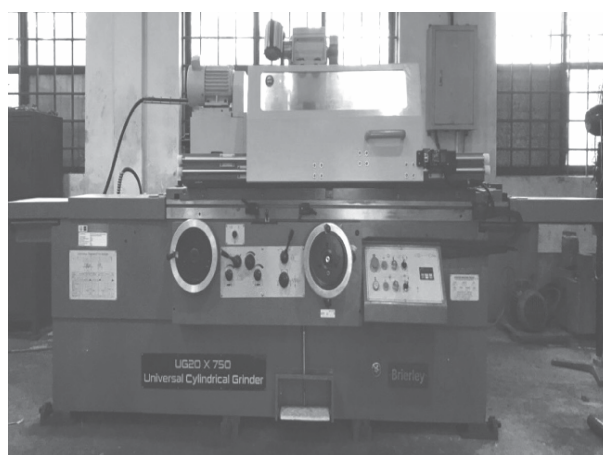
2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Máy mài tròn UG20 (Made in England), các thông số kỹ thuật của máy như sau:

Khoảng cách chống tâm: 500, 750 mm;

Chiều cao trung tâm: 135 mm; Tải trọng tối đa phôi khi chống tâm: 100 kg; Đường kính mài ngoài tối đa: Ø180 mm; Góc xoay đầu mang đá mài: 30°; Đơn vị cài đặt tối thiểu (điều chỉnh vĩ mô): 0.001 mm; Một vòng quay vô lăng (phân độ): 2 (0.005) mm; Kích thước đá mài (ĐK ngoài, Rộng, ĐK lỗ): 400*50*203 mm; Tốc độ đá mài (truyền động đai) 50 Hz: 1670 vòng/p;



Hình 2.1. Máy mài tròn UG20

Vận tốc đá mài: 35m/s; Công suất động cơ đầu đá: 4kw (5.36hp); Côn trục chính: MT3; Tốc độ trục chính (có thể thay đổi): 50HZ, 25-380 vòng/phút; Côn ụ động: MT3; Góc xoay bàn: -3 +12; Tốc độ hành trình: 50-5400 mm/p; Động cơ trục đá mài: 2.2 KW (4P); Trục chính mang phôi: 0.37 KW (4P); Bơm thủy lực: 0.37 KW (4P); Bơm làm mát: 0.18 KW (2P); Trục chính đầu mài lỗ: 0.18 KW (2P); Bể chứa chất lỏng thủy lực: 63L; Bể làm mát: 110 L; Trọng lượng máy: 2000 Kg.

2.2. Phạm vi nghiên cứu

Nghiên cứu ảnh hưởng của lượng chạy dao vòng (S_v) đến độ nhám bề mặt (R_a) trên vật liệu thép các bon kết cấu C45 đã qua nhiệt luyện đạt độ cứng ($57 \div 59$) HRC.

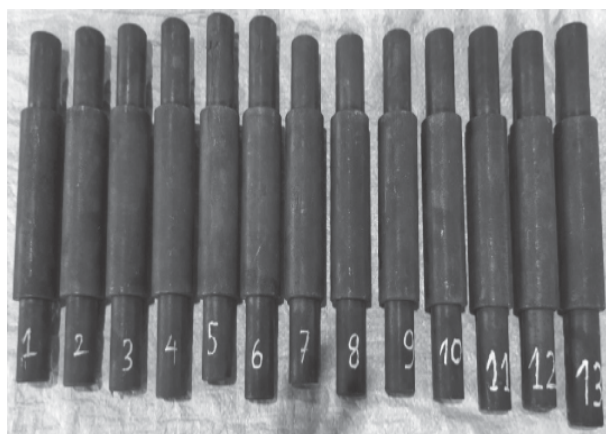


2.3. Quá trình nghiên cứu

2.3.1. Vật liệu dùng để khảo sát

Sử dụng thép các bon kết cấu C45 đã qua nhiệt luyện đạt độ cứng ($57 \div 59$) HRC làm mẫu thử cho quá trình mài, đây là loại thép thông dụng được sử dụng rộng rãi trong ngành cơ khí. Chi tiết mẫu thử cho quá trình khảo sát có kích thước $\phi 35 \times 150$.

Thành phần hóa học của thép các bon kết cấu C45, đơn vị tính %:



Hình 2.2. Chi tiết mẫu thử

Cacbon: $0,42 \div 0,5$ (%); Silic: $0,42 \div 0,5$ (%); Mangan: $0,42 \div 0,5$ (%); Photpho: $\leq 0,035$; Lưu huỳnh: $\leq 0,04$; Crom: $\leq 0,025$; Niken: $\leq 0,025$; Đồng: $\leq 0,025$.

2.3.2. Đá mài

Loại đá mài: WA60H, kích thước đá $400 \times 50 \times 203$.

Thông số kỹ thuật hạt mài: Màu sắc: Xanh; Độ cứng: 8,2 Mohs; Vĩ độ cứng: 2870; Ký hiệu cỡ hạt mài: Size 80; Kích thước hạt mài: $300 \mu\text{m}$.

2.3.3. Thông số chế độ cắt của quá trình khảo sát

Bảng 1. Thông số chế độ cắt

Thông số	Đơn vị	Giá trị
Vận tốc cắt	m/giây	35
Chiều sâu cắt	mm	0.005
Lượng chạy dao dọc (Sd)	m/p	0.78

Các giá trị khảo sát lượng chạy dao vòng (Sv) lần lượt là: 2,7; 5,7; 6,8; 11,6; 14,6; 17,5; 20,5; 23,5; 26,4; 29,4; 32,4; 35,3; 38,3 (mét/phút).

3. KẾT QUẢ KHẢO SÁT VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả đo độ nhám (Ra) sau khi mài

Việc đo độ nhám được thực hiện trên máy đo TR100 của hãng Time Group Inc, xuất xứ Trung Quốc, sử dụng đầu dò cơ học, chọn khoảng dò chuẩn $L = 5 \text{ mm}$, đường kính đầu dò $1 \mu\text{m}$, kết quả đo lấy theo tiêu chuẩn ISO, thang đo Ra.

Thông số máy như sau:

Model: TR100; Thông số đo độ nhám: Ra, Rz; Chiều dài đường quét: 6 mm; Tốc độ đường quét: 1 mm/s; Ngưỡng chiều dài: 0.25mm/0.8mm/2.5mm;



Hình 3.1. Đo độ nhám trên mặt trụ

Chiều dài ước lượng: 1.25mm/4.0mm/5.0mm; Phạm vi đo: Ra: 0.05-10 μ m; Rz: 0.1-50 μ m; Dung sai: $\leq \pm 15\%$; Khả năng lặp lại: $< 12\%$; Bộ lọc: RC Analogue; Bộ cảm biến: Áp điện; Bán kính và góc của điểm dò: Kim cương, bán kính: 10 $\pm 2.5\mu$ m,

Góc 90° (+5° hoặc -10°); Độ ẩm: $< 80\%$; Nhiệt độ làm việc: 0°C đến 40°C; Nhiệt độ lưu trữ: -25°C đến 60°C; Nguồn cung cấp: 3.6V/2 x pin NiMH; Đèn nền: No; Bộ sạc: DC 9V, 8-12h (thời gian sạc); Kích thước (mm): 125x73x26; Trọng lượng (g): 200.

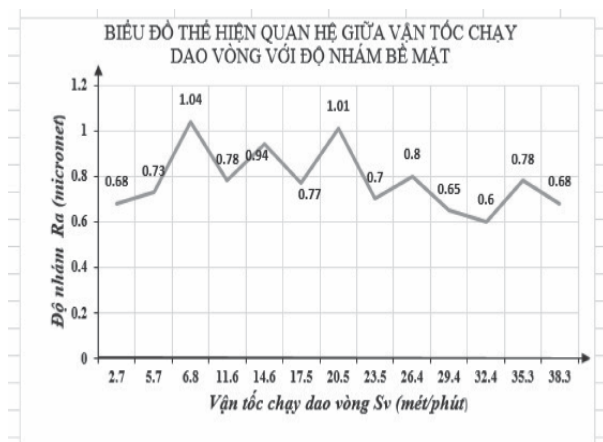
Bảng 2. Kết quả đo độ nhám Ra

Vật liệu cắt	Thí nghiệm	Vận tốc cắt (m/s)	Lượng chạy dao dọc Sd (m/p)	Chiều sâu cắt t (mm)	Vận tốc chạy dao vòng V(Sv) (m/p)	Độ nhám Ra (μ m)
Thép C45 nhiệt luyện đạt độ cứng 57 HRC ÷ 59 HRC	1	35	0.78	0.005	2.7	0.68
	2	35	0.78	0.005	5.7	0.73
	3	35	0.78	0.005	6.8	1.04
	4	35	0.78	0.005	11.6	0.78
	5	35	0.78	0.005	14.6	0.94
	6	35	0.78	0.005	17.5	0.77
	7	35	0.78	0.005	20.5	1.01
	8	35	0.78	0.005	23.5	0.7
	9	35	0.78	0.005	26.4	0.8
	10	35	0.78	0.005	29.4	0.65
	11	35	0.78	0.005	32.4	0.6
	12	35	0.78	0.005	35.3	0.78
	13	35	0.78	0.005	38.3	0.68



3.3. Thảo luận

Từ bảng 2 xây dựng đồ thị mô tả mối quan hệ giữa vận tốc chạy dao vòng với độ nhám bề mặt.



Hình 3.2. Đồ thị thể hiện quan hệ vận tốc chạy dao vòng $V(Sv)$ đến độ nhám bề mặt

Từ hình 3.2 cho thấy:

- Trong vùng khảo sát vận tốc chạy dao vòng $V(Sv) = 2,7 \div 29,4$ (mét/phút) độ nhám đo được biến thiên không theo xu hướng nào (lên xuống thất thường), điều này được giải thích như sau: Đây là những thí nghiệm đầu, trước khi tiến hành thí nghiệm, đá mài đã được mài sửa, những hạt mài trên bề mặt ngoài cùng của đá được làm sắc cạnh tạo ra những góc nhọn nên không có R mũi dao. Đồng thời, tại vùng này, vận tốc chạy dao vòng rất thấp so với vận tốc cắt của đá ($V_{\text{đá}} = 35$ m/p) (phôi quay chậm so với đá) dẫn đến tại một vị trí trên phôi đá mài sẽ tham gia cắt gọt nhiều lần, vì vậy bề mặt đã gia công sẽ bị cắt lại tạo ra những vết xước làm cho bề mặt xuất hiện độ nhám Ra không ổn định và thường có xu hướng tăng cao.

- Trong vùng khảo sát vận tốc chạy dao vòng $V(Sv) = 29,4 \div 32,4$ (mét/phút), độ nhám có sự biến thiên ổn định theo chiều hướng giảm

dần và đạt được giá trị tối ưu tại vị trí $V(Sv) = 32,4$ mét/phút với giá trị $Ra = 0,6 \mu\text{m}$. Điều này được lý giải như sau: Tại vùng khảo sát này, đá mài đã thực hiện một số thí nghiệm trước đó nên những cạnh sắc của hạt mài đã được làm cùn tạo ra R, giá trị R này tương thích với chiều sâu cắt $t = 0,05$, đồng thời tại vùng khảo sát này, tốc độ quay của phôi và tốc độ quay của đá có sự tương thích với nhau ($V_{\text{đá}} = 35$ m/p, $V_{\text{phôi}} = 32,4$ m/p) nên không có hiện tượng cắt lại, vì vậy Ra của của bề mặt đạt kết quả tối ưu.

- Trong vùng khảo sát $V(Sv) = 32,4 \div 38,3$ (mét/phút), độ nhám có xu hướng tăng và cũng không tuân theo quy luật. Điều này được lý giải như sau: Tại thời điểm này, đá mài đã thực hiện được một số thí nghiệm dẫn đến hạt mài đã bị mòn nhiều (R mũi dao lớn), do vậy khả năng cắt gọt của hạt mài giảm dần (giống như dao cùn dẫn đến đá mài bị trơ). Bên cạnh đó, do R mũi dao lớn kết hợp với vận tốc chạy dao vòng $V(Sv)$ cao hơn so với vận tốc cắt của đá (phôi quay nhanh hơn đá), trong khi đó chiều sâu cắt (t) không đổi nên dẫn đến hiện tượng trượt dao xảy ra, vì vậy lớp kim loại trên bề mặt chi tiết có hiện tượng bị dồn nén vùng kim loại, do đó độ nhám tăng dần.

- Tuy nhiên tại vùng khảo sát $V(Sv) = 2,7 \div 29,4$ và $V(Sv) = 32,4 \div 38,3$ (mét/phút), độ nhám vẫn có hiện tượng tăng giảm thất thường và trên đồ thị vẫn còn những điểm chưa tuân theo quy luật của nghiên cứu lý thuyết, vấn đề này một phần do yếu tố chủ quan đó là kết quả tác giả đo được là sử dụng máy đo bằng đầu dò cơ học, kết quả đo trên máy này nó phụ thuộc rất nhiều yếu tố như vị trí đặt đầu dò, độ thẳng bằng của thiết bị (độ nghiêng của đầu dò), đường kính đầu dò, bán kính lõm nhấp nhô tế vi bề mặt của vùng đo,... nên cho ra kết quả bị biến động không theo quy luật nhất định.

4. KẾT LUẬN

Dựa vào các phân tích, tính toán trong đề tài kết hợp với kết quả khảo sát thực nghiệm gia công mài tròn ngoài trên vật liệu thép C45 đã qua nhiệt luyện đạt độ cứng $57 \div 59$ (HRC) để đánh giá độ nhám bề mặt Ra đạt được sau khi gia công, bước đầu có thể đưa ra kết luận như sau:

Độ nhám bề mặt (Ra) sau khi gia công mài để đạt được giá trị tối ưu phụ thuộc vào rất nhiều các yếu tố gia công như: Công suất máy, độ cứng vững của hệ thống công nghệ, đá mài, phôi, tưới nguội và chế độ cắt... Trong một điều kiện sản xuất nhất định, khi các yếu tố như công suất, độ cứng vững của hệ thống công nghệ, đá mài và phôi không thể thay đổi được thì yếu tố về “chế độ cắt” người thợ có thể trực tiếp tác động để nâng cao độ nhẵn bóng bề mặt chi tiết gia công. Từ kết quả khảo sát và những phân tích trên có thể thấy rằng, trong yếu tố

“chế độ cắt” có thông số vận tốc chạy dao vòng $V(Sv)$ có ảnh hưởng trực tiếp đến độ nhám của bề mặt gia công và để đạt được giá trị Ra tối ưu này cần điều chỉnh miền tốc độ chạy dao vòng “ $V(Sv)$ ” (tốc độ quay của phôi) phải lân cận với tốc độ cắt của đá “ $V_{\text{đá}}$ ” (tốc độ quay của đá).❖

Ngày nhận bài: **28/9/2023**

Ngày phản biện: **18/10/2023**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Phạm Minh Đạo, Trần Anh Tuấn, Đỗ Lan Anh (2010). *Giáo trình mài*, NXB. Lao động.
- [2]. Lưu Văn Nhạng (2003). *Kỹ thuật mài kim loại*, NXB. Khoa học Kỹ thuật.
- [3]. GS,TS. Trần Văn Địch (chủ biên), PGS,TS. Nguyễn Trọng Bình, PGS,TS. Nguyễn Thế Đạt, GS,TS. Nguyễn Viết Tiếp, GS,TS. Trần Xuân Việt (2006). *Công nghệ chế tạo máy*, NXB. Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội.

THIẾT KẾ CƠ KHÍ MÁY HÀN CON LĂN TỰ ĐỘNG

MECHANICAL DESIGN OF AUTOMATIC ROLLER WELDING MACHINE

Ngô Xuân Cường^{1,*}, Lê Thu Quý¹, Trần Văn Dũng², Hoàng Đức Long³, Lê Văn Duyên⁴

¹Phòng Thí nghiệm trọng điểm Công nghệ Hàn và Xử lý bề mặt, Viện Nghiên cứu Cơ khí

²Trung tâm Thiết bị Công nghiệp, Viện Nghiên cứu Cơ khí

³Viện Nghiên cứu Cơ khí

⁴Viện Thiết kế Tàu Quân sự, Tổng cục Công nghiệp Quốc phòng

TÓM TẮT

Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu thiết kế cơ khí máy hàn con lăn tự động. Đây là một thiết bị hoàn toàn mới được áp dụng để sản xuất con lăn băng tải với tính năng kỹ thuật chính như sau:

- Định vị, kẹp chặt tự động, tự định tâm đường kính ngoài;
- Tốc độ quay điều chỉnh phù hợp tốc độ hàn tính toán;
- Khả năng hàn cho các loại ống:
 - + Hàn đồng thời hai đầu ống;
 - + Đường kính ống cho phép: 76-180 mm;
 - + Chiều dài ống cho phép: 200-2000 mm.

Từ khóa: *Máy hàn con lăn tự động; Máy hàn tự định tâm; Quá trình hàn tự động con lăn.*

ABSTRACT

This paper present the design results of a machine for automatic roller welding, which is a completely new device applied to produce conveyor rollers with following technical features:

- Automatic center ball holder;
- Rotating speed is adjustable to the calculated welding speed;
- Weldability for pipes:
 - + Simultaneous welding of two pipe ends;
 - + Allowable pipe diameter: 76-180 mm;
 - + Allowable pipe length: 200-2000 mm.

Keywords: *Automatic roller welding machine; Self-centering welding machine; Automatic process conveyor roller welding.*

1. GIỚI THIỆU

Cơ giới hóa, tự động hóa các quá trình sản xuất nhằm tăng năng suất sản phẩm, ổn định chất lượng và giảm nhẹ sức lao động cho con người, đem lại hiệu quả kinh tế. Nền kinh tế nước ta hiện nay đang trên đà hội nhập. Công nghiệp hóa, hiện đại hóa đang phát triển mạnh mẽ ở tất cả các lĩnh vực tạo nên tốc độ tăng trưởng cao trong khu vực và trên thế giới. Việc thiết kế, chế tạo trang thiết bị, đồ gá giúp cho tăng năng lực, trình độ và quy mô phát triển của cơ sở sản xuất là nhu cầu rất cần thiết.

Nghiên cứu thiết kế, chế tạo máy hàn con lăn tự động nhằm đáp ứng nhu cầu sản xuất con lăn băng tải góp phần nâng cao sự chủ động, sức sáng tạo, trình độ sản xuất tự động hóa bằng nội lực trong nước.

2. CƠ SỞ NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO

Quá trình nghiên cứu thiết kế và chế tạo dựa trên:

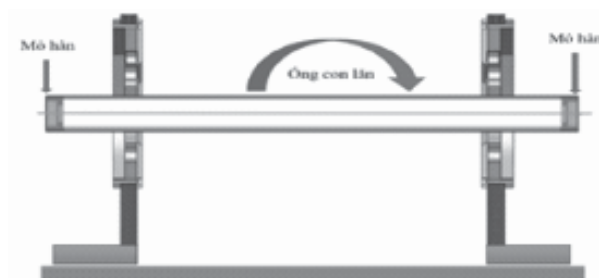
- Công nghệ hàn hồ quang và tự động hoá quá trình hàn con lăn băng tải;

- Áp dụng cơ khí tự động hóa để hàn con lăn bằng phương pháp hàn hồ quang, xác lập quy trình vận hành làm cơ sở để thiết lập bộ điều khiển tự động cho quá trình hàn con lăn hai mô đồng thời.

2.1. Nguyên lý kết cấu cơ khí

Trong việc hàn con lăn, khi đầu hàn ở vị trí xác định so với chi tiết ống thép theo mô hình (Hình 1), ống thép quay, hệ thống phải được thiết kế đảm bảo đồng tâm và đồng trục, việc gá ống con lăn cần phải định tâm nhanh

phôi, thỏa mãn chuyển động quay tròn và kẹp được nhiều đường kính khác nhau ($\varnothing 76 \div \varnothing 180$ mm) (Hình 2).



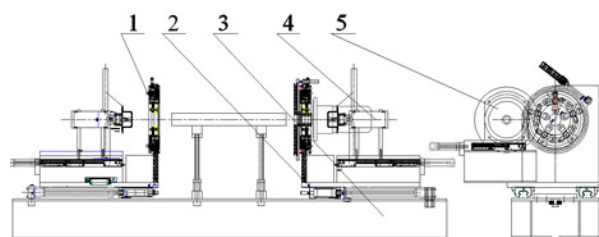
Hình 1. Mô hình kẹp ống con lăn

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Kết hợp nghiên cứu với thực nghiệm: công nghệ hàn hồ quang – cơ khí tự động hóa.

3. THIẾT KẾ KẾT CẤU CƠ KHÍ VÀ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN THIẾT BỊ HÀN TỰ ĐỘNG CHO CON LĂN

3.1. Sơ đồ kết cấu tổng thể



Hình 2. Cơ khí máy hàn con lăn tự động

Hệ thống được phân tích trên cơ sở công nghệ chế tạo máy [2], [4]. Trên hình 2 là cấu trúc máy hàn con lăn tự động 2 mô hàn với 6 thành phần chính: 1. Bộ định tâm khí nén; 2. Bàn di chuyển; 3. Khung máy; 4. Ụ gá cốc bị; 5. Cụm bánh tỳ truyền động; 6. Giá đỡ phôi.

Hệ thống làm việc theo quy trình như mô tả tiếp theo đây. Quy trình này là cơ sở để thiết kế điều khiển tự động quá trình hàn.

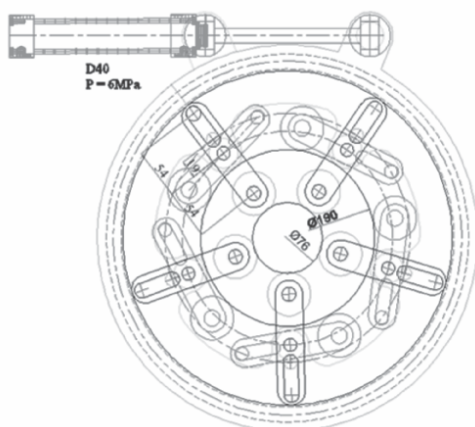
Tại vị trí O, mọi cơ cấu ở vị trí bắt đầu quá trình làm việc theo các bước:

- 1 - Nạp phôi: nạp cốc bi hai đầu thông qua cụm ụ động 4, hai ụ động đi vào vị trí;
- 2 - Nạp ống trên giá đỡ 6;
- 3 - Hai ụ gá phôi đi vào đồng thời với cụm định tâm tay đòn 2 làm việc lắp ghép cốc bi và ống;
- 4 - Kẹp phôi đồng thời tay đòn khí nén (chỉnh áp suất phù hợp);
- 5 - Bộ truyền động quay vào vị trí tỳ quay;
- 6 - Đầu hàn tiến vào hàn đồng thời hai đầu (tốc độ hàn cơ sở 45 m/h);
- 7 - Hai ụ động đi ra bằng khí nén;
- 8 - Hai ụ gá phôi 2 đi ra về vị trí ban đầu;
- 9 - Tháo sản phẩm.

3.2. Định vị ống

Chọn cơ cấu kẹp nhanh dùng khí nén tác động qua hệ cánh tay đòn có con lăn để kẹp định tâm. Thiết bị dùng 02 bộ kẹp tự định tâm đồng trục [1], [2]. Hình 3 là mô hình cơ cấu kẹp định tâm với các yếu tố kỹ thuật:

- Đường kính kẹp: 76-190 mm;
- Kẹp định tâm khí nén tác động lên hệ đòn kẹp, độ chính xác 0,05 mm;



Hình 3. Sơ đồ kết cấu kẹp tự định tâm

Sơ đồ thiết kế nêu ở Hình 2 cho phép kẹp được ống có đường kính từ 76-190 mm nhờ hệ thống 5 tay đòn kẹp. Tác giả dùng nguồn khí nén công nghiệp $P = 6\text{MPa}$ có thể điều chỉnh áp lực để đưa ra lực kẹp phù hợp với độ dày và đường kính ống, sử dụng xy lanh kẹp khí nén D40 x 200.

Các cụm di chuyển: Bàn di chuyển (2) và cụm gá cốc bi nằm đồng trục trên ray dẫn bi. Hoạt động của các cụm này nhờ các xy lanh khí nén và được điều khiển nhờ chương trình PLC lập sẵn.

3.3. Vật liệu chế tạo

Kết hợp giữa các chi tiết tiêu chuẩn và phi tiêu chuẩn:

- Các chi tiết tiêu chuẩn: vòng bi, xy lanh khí nén, thanh ray ổ trượt, đầu nối,...;
- Các chi tiết phi tiêu chuẩn: các chi tiết thiết kế [5];

- + Vật liệu khung, vỏ: dùng thép C45;
- + Vật liệu các chi tiết chịu mòn: dùng thép SKD61.

3.4. Dung sai, cấp chính xác chế tạo

Cấp chính xác chế tạo: Cấp 6 (cấp 6 ÷ cấp 11, dùng áp dụng cho các mối lắp ghép) [6].

3.5. Gia công chế tạo chi tiết

Các chi tiết thiết kế được gia công tạo hình trên máy CNC đạt cấp chính xác 6 [3].

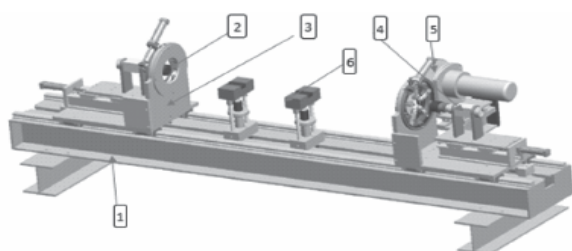
Các chi tiết chịu mòn được nhiệt luyện đạt 42-45 HRC trước khi gia công tinh.

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

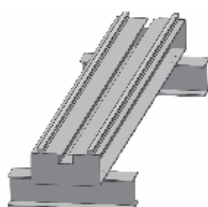
4.1. Kết quả

4.1.1. Thiết kế cơ khí tổng thể cơ khí máy hàn con lăn tự động

Trên hình 4 là thiết kế 3D tổng thể cơ khí máy hàn con lăn tự động bao gồm 06 cụm chính được thể hiện tiếp theo ở hình 5.



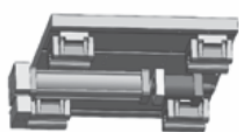
Hình 4. Bản thiết kế 3D tổng thể cơ khí máy hàn con lăn tự động



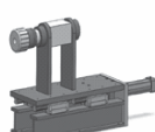
1. Bộ máy



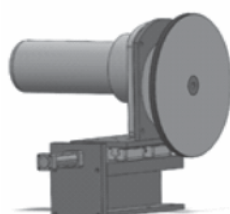
2. Cụm định tâm



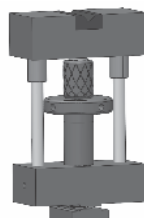
3. Bàn di chuyển



4. Cụm ụ động gá cốc bi



5. Cụm bánh tỷ



6. Giá đỡ

Hình 5. Các cụm chính trong cơ khí máy hàn con lăn tự động

1. Bộ máy: Lắp đặt thanh trượt ổ bi dẫn hướng, có nhiệm vụ định ra đường trục con lăn trong quá trình làm việc của thiết bị và dẫn hướng các cụm cơ khí chấp hành đảm bảo tính chính xác khi hoạt động.

2. Cụm định tâm: Với kết cấu tay đòn bi hình sao có nhiệm vụ kẹp và định tâm ống theo đường trục.

3. Bàn di chuyển: Có nhiệm vụ đưa các bộ phận cốc bi đi vào gá lắp với hai đầu ống.

4. Cụm ụ động gá cốc bi: Với đầu gá bung đàn hồi, thực hiện việc gá kẹp hai cốc bi trước khi vào gá lắp với ống con lăn.

5. Cụm bánh tỷ: Thực hiện truyền chuyển động ống trong quá trình hàn theo tốc độ hàn tính toán.

6. Giá đỡ: Thực hiện việc nạp phôi và xác định vị trí sơ bộ của ống trước khi gá kẹp định tâm.

4.1.2. Kết quả tính năng kỹ thuật của thiết bị

- Thiết kế hoàn chỉnh cơ khí máy hàn con lăn tự động đảm bảo yêu cầu thiết kế: gá lắp hàn đồng thời hai mỏ để sản xuất con lăn băng tải;

- Thiết bị đáp ứng đầy đủ quy trình vận hành đặt ra.

4.2. Thảo luận

- Thiết kế hệ thống cơ khí mang tính công nghệ, dễ chế tạo, kiểm tra chi tiết và tháo lắp;

- Hệ thống phù hợp với quá trình hàn tự động con lăn bằng hai mỏ hàn đồng thời;



- Điều chỉnh tốc độ quay phụ thuộc tốc độ hàn tính toán, không phụ thuộc đường kính ống;

- Việc dùng hệ tay đòn bi hình sao làm giảm biến dạng nhiệt khi hàn do bề mặt ống luôn được khống chế động trên vòng tròn nhất định;

- Đầu gá bung đàn hồi tránh được hiện tượng kẹt khi lắp, tháo sản phẩm;

- Các phân chuyển động giữa các chi tiết liên quan đến độ chính xác quy định chất lượng ổn định của sản phẩm được áp dụng bởi các vật liệu chống mòn, giảm ma sát và có chế độ bôi trơn phù hợp;

- Đây là thiết kế hoàn toàn mới đáp ứng được quá trình gá lắp hàn đồng thời hai mỏ để sản xuất con lăn băng tải. Áp dụng thiết bị này giúp tăng năng suất lao động, nâng cao chất lượng, giảm giá thành sản xuất, cải thiện điều kiện làm việc của công nhân.

- Có thể tích hợp với các thiết bị khác tạo thành dây chuyền sản xuất con lăn tự động;

- Có thể đăng ký đề tài khoa học công nghệ trong lĩnh vực kỹ thuật cơ khí;

- Có thể đăng ký sở hữu trí tuệ.

5. KẾT LUẬN

Trên cơ sở phân tích, lựa chọn kết cấu và nguyên lý phù hợp, áp dụng tối đa các chi tiết tiêu chuẩn, giảm giá thành chế tạo, tác giả đã thiết kế hoàn chỉnh cơ khí máy hàn con lăn tự động với các tính năng sau:

- Kẹp nhanh;

- Tự định tâm;

- Hàn hai mỏ đồng thời;

- Mức định tâm chính xác: 0,05 mm;

- Điều chỉnh cỡ sản phẩm: Đường kính kẹp là 76÷190 mm; Chiều dài sản phẩm là 200÷2000 mm.

- Thiết bị có thể tích hợp trong dây chuyền sản xuất tự động.

*Ký hiệu, chữ viết tắt:

O: Vị trí bắt đầu;

P (Mpa): Áp suất;

D (mm): Đường kính;

PLC: Bộ điều khiển lập trình logic;

SKD61: Loại thép do NIPON sản xuất theo tiêu chuẩn JIS của Nhật Bản;

TCVN: Tiêu chuẩn Việt Nam.

Lời cảm ơn:

Nghiên cứu này nhận được sự hỗ trợ của Phòng Thí nghiệm trọng điểm Công nghệ Hàn và Xử lý bề mặt, Viện Nghiên cứu Cơ khí. ❖

Ngày nhận bài: **08/8/2023**

Ngày phản biện: **27/10/2023**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Trần Văn Địch, Lê Văn Tiến, Trần Xuân Việt, 2005; *Đồ gá cơ khí hoá và tự động hoá*. NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [2]. Trần Văn Địch, 2000; *Sổ tay và Atlas đồ gá*. NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [3]. Nguyễn Văn Huyền, 2019; *Cơ cấu tương tác Cơ – Điện – Thủy khí*. NXB. Xây dựng, Hà Nội.
- [4]. Trần Văn Địch, Nguyễn Đắc Lộc, 2006; *Sổ tay công nghệ chế tạo máy*. NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [5]. Trần Thế San, Nguyễn Ngọc Minh, 2006; *Vật liệu cơ khí hiện đại*. NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [6]. Ninh Đức Tồn, 2000; *Dung sai*. NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.

THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN CHO THIẾT BỊ HÀN CON LĂN TỰ ĐỘNG

CONTROLLER DESIGN FOR AUTOMATIC ROLLER WELDING EQUIPMENT

Ngô Xuân Cường^{1,*}, Lê Văn Duyên^{2,*}, Hoàng Đức Long³, Nguyễn Anh Dũng³

¹Phòng Thí nghiệm trọng điểm Công nghệ Hàn và Xử lý bề mặt, Viện Nghiên cứu Cơ khí

²Viện Thiết kế Tàu Quân sự, Tổng cục Công nghiệp Quốc phòng

³Viện Nghiên cứu Cơ khí

TÓM TẮT

Trong bài báo này giới thiệu việc thiết kế, chế tạo hệ thống điều khiển thiết bị hàn con lăn tự động và trình bày kết quả nghiên cứu tổng hợp bộ điều khiển động cơ xoay chiều ba pha ổn định tốc độ xoay sản phẩm. Chiến lược điều khiển véc tơ định hướng từ thông rotor; trong đó bộ điều khiển tốc độ và dòng điện là bộ điều khiển PI được tổng hợp theo phương pháp tối ưu mô đun. Thiết bị có tính năng kỹ thuật chính sau:

*Định vị, kẹp chặt tự động, tự định tâm đường kính ngoài;
Tốc độ quay điều chỉnh phù hợp với đường kính hàn.*

Từ khóa: *Máy hàn con lăn tự động.*

ABSTRACT

In this article, the author introduces readers to the design and manufacture the control system of automatic roller welding machine and present the results of a synthesis study of a three-phase AC motor controller that stabilizes the rotational speed of the product. The rotor flux oriented control strategy is performed with PI speed controller and PI current controller. The device has the following main technical features:

*Positioning, automatic clamping, self-centering outside diameter;
Rotating speed can be adjusted to suit the welding diameter.*

Keywords: *Automatic roller welding machine.*



1. GIỚI THIỆU

Tự động hóa đã và đang được ứng dụng rộng rãi trên nhiều lĩnh vực khác nhau: Cơ khí, xây dựng, giao thông, khai khoáng, y tế, nông nghiệp, điện, điện tử, tàu... Trong nhiều nhà máy hiện nay, các hệ thống sản xuất dây chuyền, robot, tự điều khiển đang dần thay thế một phần hoặc hoàn toàn các công việc do con người đảm nhiệm. Việc ứng dụng các công nghệ hiện đại giúp kết nối, điều khiển các loại máy móc, robot vận hành chính xác và mang đến những sản phẩm có chất lượng cao, đồng đều. Điều này giúp tiết kiệm nhiên liệu, tăng năng suất, nâng cao độ linh hoạt trong sản xuất. Thêm vào đó, khi vận hành, các hệ thống thiết bị tự động hóa được thiết lập các thông số cần thiết cho quy trình, chất lượng sản xuất, vì vậy giúp sản phẩm đầu ra đạt chất lượng tốt, đồng đều, hạn chế lỗi, giảm chi phí. Việc nghiên cứu, thiết kế, chế tạo máy hàn con lăn tự động trên cơ sở tổng hợp bộ điều khiển ổn định tốc độ xoay sản phẩm và các linh kiện sẵn có trên thị trường khi áp dụng trực tiếp vào sản xuất đã cho ra các sản phẩm đạt chất lượng cao, hạn chế lỗi, giảm chi phí đáp ứng được yêu cầu khắt khe của nhà sản xuất.

2. CƠ SỞ NGHIÊN CỨU, THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO

Quá trình nghiên cứu thiết kế và chế tạo dựa trên:

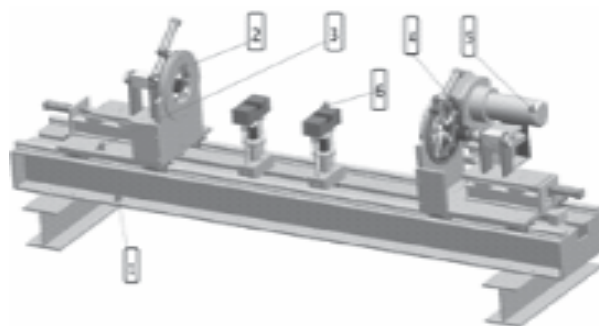
- Xây dựng bài toán điều khiển và thiết kế phần mềm dựa trên chế độ hàn cho từng loại sản phẩm, kết cấu cơ khí và quy trình làm việc của thiết bị.

- Việc lựa chọn thiết bị phục vụ thiết kế, chế tạo tủ điều khiển và đáp ứng bài toán điều khiển; dựa trên cơ sở các linh kiện thiết bị

tự động hóa phổ biến của các hãng nổi tiếng, sẵn có trên thị trường, đảm bảo chất lượng, tuổi thọ, độ tin cậy khi làm việc và dễ dàng thay thế trong quá trình bảo dưỡng, sửa chữa thiết bị.

2.1. Kết cấu tổng thể thiết bị hàn con lăn tự động

Trên hình 1 là thiết kế 3D tổng thể thiết bị hàn con lăn tự động. Thiết bị bao gồm các bộ phận chính: Cơ cấu gá kẹp phôi, nạp phôi, bộ truyền động xoay sản phẩm, hệ thống hàn đồng thời hai đầu.



Hình 1. Sơ đồ 3D thiết bị hàn con lăn tự động

Quy trình làm việc:

Vị trí O: Mọi cơ cấu ở vị trí bắt đầu quá trình làm việc theo các bước:

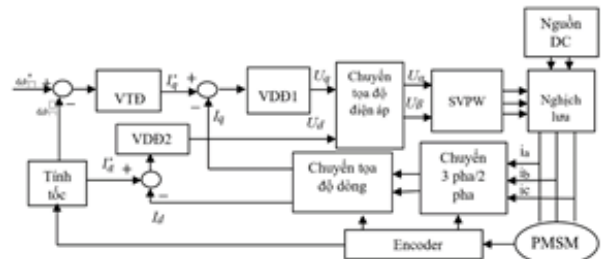
- 1 - Nạp phôi: Nạp cốc bi hai đầu thông qua cụm ụ động 4, hai ụ động đi vào vị trí.
- 2 - Nạp ống trên giá đỡ 6.
- 3 - Hai ụ gá phôi đi vào đồng thời với cụm định tâm do hệ tay đòn 2 làm việc lắp ghép cốc bi và ống.
- 4 - Kẹp phôi đồng thời tay đòn khí nén (chỉnh áp suất phù hợp).
- 5 - Bộ truyền động quay vào vị trí tỳ quay.
- 6 - Hai mỏ hàn đồng thời (tốc độ hàn cơ sở 45m/h).
- 7 - Hai ụ động 4 đi ra bằng khí nén.
- 8 - Hai ụ gá phôi 3 đi ra về vị trí ban đầu.
- 9 - Tháo sản phẩm.

2.2. Cơ sở thiết kế hệ thống điều khiển cho quá trình hàn tự động

- Từ quy trình làm việc của quá trình hàn con lăn tự động bằng hồ quang điện; giải quyết bài toán mỗi hàn đạt tiêu chuẩn theo yêu cầu đặt ra cần phải xây dựng hệ thống điều khiển sử dụng bộ điều khiển lập trình logic (PLC) và tổng hợp bộ điều khiển ổn định tốc độ quay phôi và các bước hàn tự động. Giải pháp đưa ra là sử dụng hệ điều khiển với cơ cấu chấp hành của hệ thống là động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu xoay chiều ba pha (PMSM). Bộ điều khiển tốc độ căn cứ vào lệch giữa tốc độ đặt và tốc độ phản hồi của cơ cấu quay phôi để tính ra giá trị tín hiệu điều khiển cấp cho biến tần, điều khiển động cơ chuyển động theo chế độ yêu cầu. PLC và màn hình cảm ứng (HMI) của hãng Siemens được sử dụng để điều khiển toàn bộ quá trình hàn tự động. Với sự trợ giúp của giao diện người-máy cảm ứng, chế độ hàn, các thông số kỹ thuật có thể được cài đặt trên màn hình HMI, được lưu trữ và truy xuất. Hệ thống sẽ tự động tính toán tốc độ xoay phôi trên cơ sở các tham số đầu vào đặt trên màn hình, cũng như đưa ra các thông số về thời gian chạy máy, thời gian hoàn thành sản phẩm, đếm số lượng sản phẩm và đưa ra các cảnh báo báo động và chỉ báo lỗi trong quá trình hàn.

- Xây dựng bộ điều khiển ổn định tốc độ sử dụng động cơ PMSM với bộ điều khiển véc tơ dựa trên thông, trong khuôn khổ của lý thuyết hệ tuyến tính. Sơ đồ khối hệ thống điều khiển cho trên hình 2. Đây là hệ thống điều khiển được xây dựng theo nguyên lý điều khiển hệ thống với các vòng điều khiển lệ thuộc [1]. Các bộ điều khiển dòng điện, tốc độ được tổng hợp theo phương pháp tối ưu mô đun. Vòng dòng điện, bao gồm hai vòng VDD1, VDD2. Vòng VDD1 dùng để điều khiển dòng điện i_q , vòng VDD2 dùng để điều chỉnh dòng điện i_d . Vòng

tốc độ VTĐ, đầu vào lấy từ sai số giữa tốc độ đặt và tốc độ phản hồi, đầu ra VTĐ là đầu vào vòng VDD1.



Hình 2. Sơ đồ khối hệ thống điều khiển tốc độ sử dụng động cơ PMSM

Sơ đồ tổng hợp bộ điều khiển VDD1, VDD2 cho hình 3. Coi bộ điều chế độ rộng xung là khâu quán tính với hệ số khuếch đại là K_v và hằng số thời gian là T_v . Đặt: $T_u = L/R$, hằng số thời gian điện từ.

Hàm truyền của đối tượng:

$$W_{od} = \frac{K_v/R}{(T_v s + 1)(1 + T_u s)(\tau s + 1)} \quad (1)$$

Do: $T_v, \tau \ll T_u$, $T_v \cdot \tau \ll T_v + \tau$, đặt $T_i = T_v + \tau$. Ta có:

$$W_{od} \approx \frac{K_v/R}{(T_u s + 1)(1 + T_i s)} \quad (2)$$

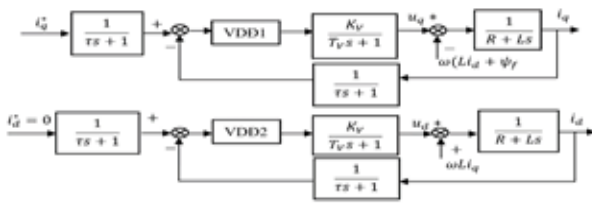
Chọn hằng số không bù T_i . Tổng hợp theo tiêu chuẩn tối ưu mô đun, hàm truyền mong muốn của bộ điều khiển dòng điện có dạng [1]:

$$W_{ddmm} = \frac{1}{2T_i s(T_i s + 1)} \quad (3)$$

Hàm truyền bộ điều khiển của vòng dòng điện được xác định là:

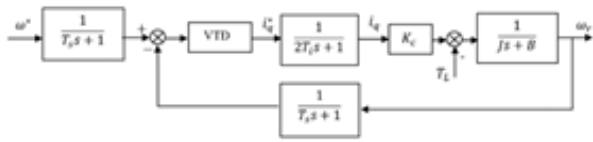
$$W_{dkdd} = \frac{W_{ddmm}}{W_{od}} = \frac{(T_u s + 1)(T_i s + 1)R}{2T_i s(T_i s + 1)K_v} \quad (4)$$

Ta có bộ điều khiển dòng (PI): $W_d = K_1 + 1/sT_1$, trong đó: $K_1 = RT_u/2T_i K_V$; $T_1 = 2T_i K_V/R$



Hình 3. Sơ đồ tổng hợp các bộ điều khiển VDD1, VDD2

Bộ điều khiển ổn định tốc độ được tổng hợp sau khi đã tổng hợp bộ điều khiển dòng điện theo tiêu chuẩn tối ưu mô đun.



Hình 4. Sơ đồ tổng hợp bộ điều khiển VTD

Hàm truyền đối tượng điều khiển của vòng vận tốc khi kể đến hằng số thời gian nhỏ T_s của khâu đo lường tốc độ, gần đúng xem như khâu tuyến tính, có dạng:

$$W_{td} = U_{dt}/\omega_{dc} \quad (5)$$

Trong đó: U_{dt} là lượng đặt vào bộ điều khiển tốc độ.

Hàm truyền của đối tượng trong vòng điều khiển tốc độ:

$$W_{td} = \frac{K_C}{(Js+B)(2T_i s+1)(T_s s+1)} \quad (6)$$

Đặt: $T_C = T_s + 2T_i$, $T_{1v} = J/B$, ta có:

$$W_{td} \approx \frac{K_C/B}{(T_{1v}s+1)(T_C s+1)} \quad (7)$$

Chọn hằng số không bù T_C . Tổng hợp

theo tiêu chuẩn tối ưu mô đun, hàm truyền mong muốn của bộ điều khiển tốc độ có dạng [1]:

$$W_{tdmm} = \frac{1}{2T_C s(T_C s+1)} \quad (8)$$

Hàm truyền bộ điều khiển của vòng tốc độ được xác định là:

$$W_{aktd} = \frac{W_{tdmm}}{W_{td}} = \frac{1}{2T_C s(T_C s+1)} \frac{B(T_{1v}s+1)(T_C s+1)}{K_C} = \frac{B}{2K_C T_C s} (T_{1v}s+1) \quad (9)$$

Đặt: $K_2 = B_{T_{1v}}/2K_C T_C$, $T_2 = 2K_C T_C/B$

Ta có bộ điều khiển tốc độ (PI):

$$W_V = K_2 + \frac{1}{T_2 s} \quad (10)$$

2.3. Phương pháp nghiên cứu

- Sử dụng các phần mềm mô phỏng để tổng hợp bộ điều khiển ổn định tốc độ xoay sản phẩm.

- Xây dựng sơ đồ khối, sơ đồ nguyên lý của hệ thống điều khiển theo quy trình làm việc của thiết bị.

- Chọn cảm biến, đối tượng chấp hành, bộ xử lý trung tâm, màn hình giao tiếp theo sơ đồ chức năng.

- Xây dựng thuật toán điều khiển và triển khai chế tạo và thử nghiệm.

3. THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN TRÊN CƠ SỞ QUY TRÌNH LÀM VIỆC CỦA THIẾT BỊ

3.1. Xây dựng sơ đồ chức năng tử điều khiển

- Các thiết bị điều khiển được lắp đặt trong 01 tủ điều khiển. Tủ điều khiển có chức

năng giám sát, điều khiển quy trình làm việc của hệ thống, bao gồm:

+ Thu thập dữ liệu từ các cảm biến, các đối tượng chấp hành; Xử lý và thực hiện các phép toán logic trên các dữ liệu thu thập được để thực hiện đúng theo các bước công nghệ;

+ Thực hiện chế độ điều khiển tự động hoặc bằng tay;

+ Giao tiếp giữa người và máy thông qua màn hình cảm ứng HMI (hiển thị và cài đặt các tham số của hệ thống; chọn chế độ vận hành);

+ Tự động tính toán tốc độ xoay phôi trên cơ sở các tham số đầu vào đặt trên màn hình (vật liệu, chiều dày, đường kính phôi...), cũng như đưa ra các thông số về thời gian chạy máy, thời gian hoàn thành sản phẩm, đếm số lượng sản phẩm và đưa ra các cảnh báo báo động và chỉ báo lỗi trong quá trình hàn.

+ Điều khiển van khí kẹp phôi, cụm vận chuyển, vận chuyển, điều khiển và ổn định tốc độ động cơ cho hệ thống truyền động quay phôi.



Hình 5. Sơ đồ chức năng tủ điều khiển

- Bộ điều khiển trung tâm nhận các tín hiệu đầu vào là các cảm biến vị trí, tốc độ, các nút điều khiển và các tham số cài đặt hệ thống từ màn hình HMI. Trên cơ sở các bước công nghệ và quy trình hàn tự động để điều khiển các van khí thực hiện kẹp, định vị sản phẩm,

điều khiển xoay sản phẩm và máy hàn. Tự động tính toán tốc độ xoay phôi trên cơ sở các tham số đầu vào đặt trên màn hình. Truyền các thông số về thời gian chạy máy, thời gian hoàn thành sản phẩm, đếm số lượng sản phẩm và đưa ra các cảnh báo báo động và chỉ báo lỗi trong quá trình hàn lên màn hình hiển thị.

3.2. Thiết kế tủ điều khiển

- Tủ điều khiển kiểm soát toàn bộ các hoạt động của thiết bị theo các bước công nghệ. Trên cơ sở chức năng của thiết bị tiến hành tính toán và lựa chọn vật tư, linh kiện phục vụ cho chế tạo tủ điều khiển. Các linh kiện chính được lựa chọn chế tạo hệ thống điều khiển:

+ Bộ lập trình điều khiển logic PLC loại CPU của hãng Siemens; 14 đầu vào số, 10 đầu ra số; Chuẩn giao tiếp PROFINET; nguồn 220VAC.

+ Màn hình HMI: Màn hình được lựa chọn của hãng Siemens; Hiển thị màn ảnh rộng TFT, đèn nền LED; Kích thước màn hình: 7 inch (154,1 x 85,9 mm); Số lượng màu sắc: 65536; Độ phân giải: 800 x 480 Pixel; Nguồn 24VDC.

+ Sử dụng động cơ GV-50-750-1800-S-B, công suất: 750W, tỉ số truyền: 1/1800. Biến tần Mitsubishi, công suất 1,0 KW.

+ Các hệ thống van điều khiển, đèn báo sử dụng nguồn 24VDC.

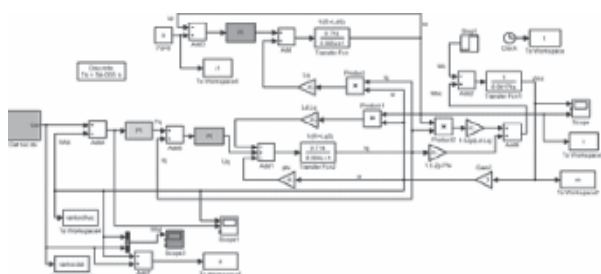
4. KẾT QUẢ

4.1. Kết quả mô phỏng

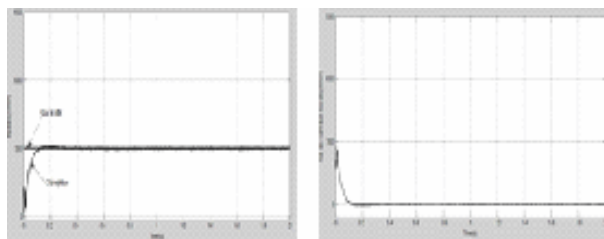
Từ kết quả dòng điện, tốc độ (VDĐ1, VDĐ2, VTĐ) đã tổng hợp được, tiến hành

mô phỏng, kiểm tra đánh giá trên phần mềm Matlab-Simulink. Sơ đồ mô phỏng bộ điều khiển tốc độ cho trên hình 6.

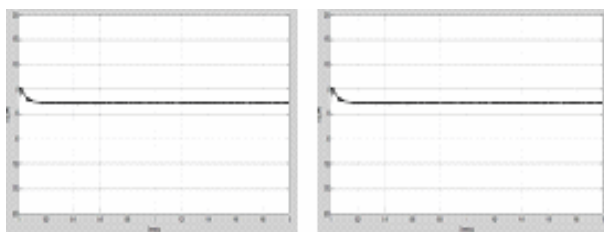
Kết quả mô phỏng trong trường hợp tốc độ động cơ được đặt cố định 500 vòng/phút. Các kết quả mô phỏng cho thấy các bộ điều khiển ổn định tốc độ bám sát giá trị đặt tiệm cận đến giá trị mong muốn và đạt trạng thái xác lập, tác động nhanh, sai số tĩnh nhỏ.



Hình 6. Sơ đồ mô phỏng bộ điều khiển tốc độ



Hình 7. Tốc độ và sai số tốc độ theo giá trị đặt

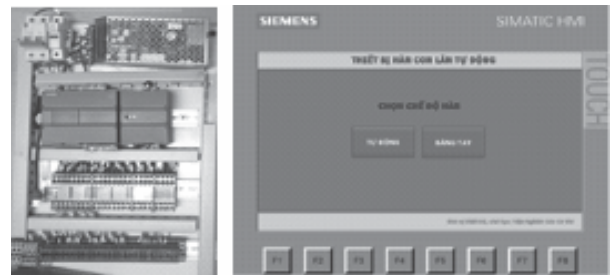


Hình 8. Đáp ứng dòng điện i_d , i_q

4.2. Chế tạo thiết bị và thử nghiệm

Trên cơ sở sơ đồ chức năng, sơ đồ nguyên lý và các linh kiện được lựa chọn. Tiến hành xây dựng mô hình thực nghiệm bộ điều khiển PI nhằm ổn định tốc độ xoay sản phẩm

với các tham số được đặt từ màn hình điều khiển trung tâm(HMI); xây dựng thuật toán điều khiển đáp ứng các bước công nghệ. Bố trí linh kiện bên trong tủ điều khiển và màn hình giao tiếp thể hiện trên hình 9.



Hình 9. Bố trí linh kiện bên trong tủ điều khiển và màn hình HMI

5. KẾT LUẬN

Trên cơ sở kết cấu cơ khí tổng thể của thiết bị và quy trình làm việc của quá trình hàn con lăn tự động bằng hồ quang điện đã thiết kế thành công hệ thống điều khiển; xây dựng phần mềm điều khiển đạt được các tính năng đề ra. Có khả năng nạp phôi, điều khiển ự động, gá phôi đi vào đồng thời, kẹp phôi đồng thời tay đòn khí nén, điều khiển quay và ổn định tốc độ xoay sản phẩm, điều khiển đầu hàn vào hàn đồng thời hai đầu đảm bảo các bước công nghệ theo thiết kế. Chế độ hàn, các thông số thiết bị có thể được cài đặt trên màn hình HMI. Hệ thống sẽ tự động tính toán tốc độ xoay phôi, cũng như đưa ra các thông số về thời gian chạy máy, thời gian hoàn thành sản phẩm, đếm số lượng sản phẩm và đưa ra các cảnh báo bảo động và chỉ báo lỗi trong quá trình hàn.

Trên cơ sở bộ điều khiển tốc độ tổng hợp được, các kết quả chế tạo và thử nghiệm hệ thống điều khiển đã đem lại năng suất cao, nâng cao chất lượng sản phẩm. Có thể áp dụng kết quả nghiên cứu vào các dây chuyền sản xuất quốc phòng và trong công nghiệp dân dụng. ❖

Danh mục danh pháp/ký hiệu:

PLC: Bộ điều khiển lập trình logic;
VDD1, VDD2: Vòng dòng điện;
VTĐ: Vòng tốc độ;
PMSM: Động cơ có ba pha đồng bộ
nam châm vĩnh cửu;
HMI: Màn hình cảm ứng;
PI: Bộ điều khiển tỷ lệ-tích phân.

Ngày nhận bài: **08/8/2023**

Ngày phản biện: **26/10/2023**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Đào Hoa Việt; *Phân tích và tổng hợp hệ thống truyền động điện*. Học viện Kỹ thuật Quân sự, xuất bản 2010.
- [2]. Lê Văn Tiến; *Đồ gá cơ khí hoá và tự động hoá*, 1999.
- [3]. Nguyễn Văn Huyền; *Cơ cấu tương tác Cơ – Điện – Thủy khí*. NXB. Xây dựng, 2019.
- [4]. Nguyễn Phùng Quang; *Truyền động điện thông minh*. NXB. Khoa học Kỹ thuật.

NGHIÊN CỨU THỰC TRẠNG LỤC BÌNH KẾT KHỐI TẠI HUYỆN VĨNH HƯNG, TỈNH LONG AN

STUDY ON THE WATER HYACINTH BLOCKS STATUS AT VINH HUNG DISTRICT,
LONG AN PROVINCE

Nguyễn Công Nguyên¹, Nguyễn Thị Kiều Hạnh², Lê Thanh Sơn^{1,3}, Phan Hoàng Long^{1,4},

Đoàn Xuân Chanh⁵, Nguyễn Tấn Tiến^{1,4}

¹DCSELab, Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh (ĐHQG-HCM)

²Khoa Cơ khí – Công nghệ, Trường Đại học Nông Lâm Thành phố Hồ Chí Minh

³Công ty Cổ phần Cơ khí Chế tạo máy Long An

⁴Khoa Cơ khí, Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh (ĐHQG-HCM)

⁵Công ty Cổ phần Cấp nước và Dịch vụ đô thị Vĩnh Hưng

TÓM TẮT

Thực trạng ô nhiễm nguồn nước ngày càng gia tăng đã tạo cơ hội cho lục bình, cỏ dại phát triển nhanh chóng, chúng trở thành loại thực vật nổi xâm lấn, làm hại hệ sinh thái thủy. Mật độ lục bình dày đặc đã làm giảm độ oxy hòa tan trong nước, ảnh hưởng đến đời sống của động vật dưới mặt nước (tôm, cá nước ngọt,...). Vấn nạn về lục bình nêu trên đã có tác động làm cản trở dòng chảy trên hệ thống kênh rạch, gây khó khăn cho các phương tiện tham gia giao thông đường thủy trong hoạt động sản xuất, kinh doanh, đời sống của người dân. Đặc biệt đối với địa bàn tỉnh Long An hiện nay, các công trình thủy lợi thoát nước, hệ thống giao thông đường kênh nội địa bị tắc nghẽn và rất cần có một giải pháp hoạt động ổn định, năng suất, hiệu quả kinh tế – kỹ thuật để giải quyết các vấn đề lục bình nêu trên.

Bài báo trình bày các kết quả nghiên cứu khảo sát thực trạng lục bình tại sông, kênh và rạch trên địa bàn tỉnh Tây Ninh và tỉnh Long An nói chung và của huyện Vĩnh Hưng nói riêng. Từ đó xác định được các thông số của lục bình, điều kiện làm việc, và mở ra khả năng xây dựng phương án thiết kế các tổ hợp thiết bị trực vớt lục bình khả thi, có tính kinh tế – kỹ thuật phù hợp với nhu cầu thực tiễn.

Từ khóa: Lục bình; Giải pháp xử lý lục bình kết khối; Mật độ lục bình.

ABSTRACT

The nowadays water pollution status provides the ideal environment for aquatic weeds to rapidly grow, especially water hyacinth. Gradually, their massive density and growth speed threaten the local aquatic ecosystem and biodiversity by reduce the level of dissolved oxygen in water which greatly affects the life of aquatic animals. On the other hand, they block the transportation on rivers and waterways where they appears. This paper gives a overview look about the water hyacinth problems and propose the solution for this problem.

Keywords: Water hyacinth; Solution for water hyacinth block.

1. TỔNG QUAN

1.1. Đối tượng nghiên cứu

Cây lục bình (water hyacinth, jacinthe d'eau, kemeling telur, bunga jamban) còn được gọi là bèo tây, bèo sen, bèo Nhật Bản. Lục bình là cây thân thảo, thủy sinh, đường kính trung bình tầm 15mm và cao trung bình so với mặt nước 30cm, nổi lên mặt nước hoặc bám nơi đất bùn. Lục bình có các cá thể khít dính với nhau nhờ một đoạn căn hành, tròn, dòn ở rễ dạng rễ chùm có màu đen dài khoảng chừng 50cm. Lục bình có đặc điểm sinh trưởng và phát tán rất nhanh trong điều kiện kênh, sông của Việt Nam và thường xuyên làm tắc nghẽn sông, kênh, rạch. Một cây có thể phát sinh ra các thân cây con và tăng số lượng gấp hai lần sau 14 ngày. Cơ tính của lục bình có giá trị trung bình như sau [11]:

Bảng 1. Đặc tính của lục bình

TT	Thông số	Giá trị
1	Mật độ lục bình kết khối nước tĩnh, kg/m ²	~27
2	Mật độ lục bình kết khối nước động, kg/m ²	~12
3	Mật độ lục bình kết khối đặc trong kênh, kg/m ²	60 ÷ 100
4	Khối lượng riêng chưa bấm, kg/m ²	~48
5	Khối lượng riêng sau khi bấm, kg/m ³	~190
6	Độ xốp của lục bình, %	69,6 ÷ 91,6
7	Ứng suất kéo, N/cm ²	45 ÷ 85
8	Ứng suất nén, N/cm ²	86 ÷ 104
9	Áp suất cắt thái, N/m	5000
10	Độ ẩm, %	8 ÷ 15
11	Hệ số ma sát với thép	0,6
12	Hệ số ma sát với cao su	0,7
13	Hệ số nội ma sát	0,8
14	Tốc độ sinh trưởng, cm/ngày	2

Khảo sát cho thấy tốc độ sinh trưởng của lục bình gây ra các tác hại tiêu cực tại các sông, hồ, kênh và rạch theo thống kê khảo sát:

- Cản trở giao thông đường thủy và khả năng khai thác thủy sản của người dân.

- Làm tắc nghẽn dòng chảy của nước, là điều kiện cho bùn đất, rác thải trên sông tích tụ và các chất độc hại bị lắng sâu xuống lòng nước.

- Giảm sự đa dạng sinh học của vùng nước ngọt do mật độ dày đặc, phủ kín bề mặt sông làm giảm nồng độ oxy dưới nước nuôi sống các sinh vật thủy sinh.

- Tốc độ phân hủy của lục bình nhanh hơn so với các loài thực vật khác, gây ra lượng lớn CO₂, tạo mùi hôi cho môi trường xung quanh, giảm chất lượng nguồn nước, các cụm lục bình cũng là nơi ở của muỗi, các loài côn trùng gây bệnh.

Nguồn gốc lục bình tập trung tại tỉnh Long An là do các khu vực lân cận có lục bình mang về như khu vực giáp Campuchia ở huyện Vĩnh Hưng và một phần tại tỉnh Tây Ninh hướng sông Vàm Cỏ Đông. Đặc biệt tại huyện Vĩnh Hưng giáp biên giới với Campuchia theo hướng sông Vàm Cỏ Tây chảy bắt đầu từ Campuchia hướng về trung tâm tỉnh Long An có lượng lục bình lớn trên các kênh chính giao thông, các tuyến kênh này thường là các tuyến kênh chính, kênh cấp nguồn, trọng yếu có tính chất giao thông hàng hoá mang lại kinh tế và có tính chất bảo đảm an ninh quốc phòng.

Theo khảo sát và đánh giá cho thấy đặc tính lục bình của các khu vực là như nhau, lục bình kết khối vào mùa khô, lục bình thưa thớt vào mùa mưa, lục bình sẽ kết khối tăng lớn tại

các đoạn sông gấp khúc, vị trí tập trung theo hướng gió từng thời điểm trong ngày. Bài toán xử lý lực bình kết khối mùa khô là bài toán chung cần giải quyết, phương pháp xử lý trực vớt, băm phá lực bình cần đạt được hai mục tiêu chính: trên các dòng sông giao thông được thông thoáng trong mùa lực bình kết khối với bề rộng trên 50 mét, trong các dòng kênh chính cấp nguồn phục vụ giao thông hàng hoá thì cần được làm sạch đến trên 95% diện tích mặt nước.

1.2. Phương pháp nghiên cứu và kỹ thuật sử dụng

Nghiên cứu áp dụng phương pháp so sánh với các tài liệu nghiên cứu hiện có kết hợp với thực tiễn khảo sát để đánh giá. Sử dụng phương pháp chuyên gia trong điều tra, xử lý số liệu và thống kê. Từ kết quả nghiên cứu các mẫu máy hiện có trên thị trường đã áp dụng để đánh giá và thực hiện phân khúc dòng công suất máy đề xuất một số phương án cho tổ hợp trực vớt (tổ hợp trực vớt bao gồm hai thiết bị phá tầng kết khối và trực vớt lực bình) để phân tích đánh giá hiệu quả kinh tế kỹ thuật. Phương pháp thống kê mô tả, phân tích trong nghiên cứu sẽ được áp dụng để thực hiện xử lý các dữ liệu thu được từ khảo sát về thực trạng lực bình, từ đó thực hiện việc phân tích, đánh giá, dự báo nhu cầu cung cấp tổ hợp thiết bị.

2. KẾT QUẢ KHẢO SÁT VÀ ĐÁNH GIÁ THỰC TRẠNG LỰC BÌNH

2.1. Khảo sát tại tỉnh Tây Ninh

Khảo sát sông Vàm Cỏ Tây, phần giáp với tỉnh Long An:

- Đoạn có nhiều lực bình ứ tắc giao thông thủy có chiều dài khoảng 105km, bắt

nguồn từ Campuchia đến ranh giới Long An đi qua địa bàn Châu Thành, Hoà Thành, Gò Dầu và Trảng Bàng. Lực bình xuất hiện chủ yếu vào mùa khô, thường ở một số khu vực sông có địa hình uốn khúc chặn dòng di chuyển của các phương tiện thủy và thường sẽ thay đổi vị trí phụ thuộc theo hướng gió. Cụ thể tại các khu vực thượng nguồn sông Vàm Cỏ Đông đến giáp ranh tỉnh Long An bao gồm có 22 điểm chính gây ra tắc nghẽn thông thoáng, chủ yếu là điểm khúc quanh co. Vào mùa mưa, lực bình bị phân tán do sức chảy của dòng nước.

- Theo số liệu thống kê năm 2021, tại huyện Châu Thành, chiều dài kênh, rạch có lực bình cản trực vớt trên 90,55km, với diện tích mặt nước thường xuyên có lực bình cản xử lý là 725.135m².

- Theo số liệu thống kê năm 2022, các đơn vị có diện tích mặt nước bị lực bình che phủ mật độ dày cho bởi Bảng 1 và Bảng 2.

Bảng 2. Bề rộng kênh, rạch tại các xã/huyện

TT	Xã	Bề rộng kênh rạch, m
1	Ninh Diên	20
2	Long Vĩnh	3 ÷ 6
3	An Bình	4 ÷ 8
4	Thanh Diên	9 ÷ 10
5	Phước Vinh	12 ÷ 55
6	Trí Bình	7 ÷ 15
7	Hoà Thành	20 ÷ 25
8	An Bình	15
9	Hoà Hội	4
10	Biên Giới	6 ÷ 10
11	Thành Long	9 ÷ 14

Lực bình tập trung nhiều trên các kênh rạch chảy ra sông Vàm Cỏ Đông như xã Hòa Thành: Rạch Tây Ninh có chiều rộng kênh 30 ÷

40m và Rạch Gò Duối – Kênh Sélive có chiều rộng kênh 20 ÷ 25m; xã Long Thành Nam: Kênh Xã Tắc, chiều rộng kênh 25m.

Tập quán của dân sống ở các bờ kênh có lục bình là đóng cọc chà trong các kênh rạch chảy ra sông Vàm Cỏ Đông để nuôi trồng cây lục bình cho thân dài từ 600 ÷ 800mm để thu hoạch phơi khô. Khảo sát lòng sông và mặt nước tại các xã An Hoà (chiều rộng kênh 8 ÷ 10m), Phước Bình (chiều rộng kênh 4,5 ÷ 20m), và Phước Chỉ (chiều rộng kênh 5 ÷ 15m) cho thấy bề rộng kênh thường < 20m và ít có phương tiện tàu lớn chở hàng hoá di chuyển, chủ yếu là phương tiện vỏ lãi cá nhân có kích thước nhỏ.

Vào mùa mưa, hình thành các dòng chảy tự nhiên cho nên khả năng kết khối của lục bình là không thể, tác dụng của dòng nước còn làm trôi đi lục bình trong các kênh rạch một phần, phần còn lại đã kết khối lớn thì sẽ tiếp tục phát triển mạnh cho đến mùa khô, vì vậy lượng lục bình sinh trưởng tăng dần theo thời gian.

Các số liệu khảo sát thống kê trên được sử dụng làm cơ sở để giải quyết vấn đề lục bình kết khối cần được xử lý nhằm đảm bảo giao thông thủy và phát triển kinh tế.

Bảng 3. Tổng chiều dài và diện tích cần làm sạch lục bình tại các xã/huyện

TT	Đơn vị	Chiều dài, km	Diện tích, m ²
1	Châu thành	90,55	725.135
2	Bến Cầu	59,20	440.600
3	Hoà Thành	12,24	146.480
4	Gò Dầu	60,07	515.700
5	Trảng Bàng	19,79	119.239

Từ năm 2021 đến nay, phương án thực hiện xử lý giải quyết vấn đề thông thoáng giao thông trên các đoạn sông chủ yếu được thực vớt bằng máy mức kết hợp trực vớt một phần trong kênh nhỏ, băm phá mở đường trên sông lớn bằng máy phá do đơn vị Tập đoàn Thành Thành Công thực hiện. Sau khi lục bình được tách ra thành từng mảng nhỏ sẽ để trôi tự do, không để lại kết khối thành mảng lớn bám chặt vào nhau để làm tắc nghẽn cục bộ, giúp cho phương tiện thủy di chuyển thuận lợi. Phương án này hiện nay tại Tây Ninh là giải pháp tốt nhất trong thực tiễn. Thống kê cho thấy, tổng diện tích mặt nước cần được xử lý trực vớt lục bình vào thời điểm mùa khô phát sinh thêm ở tỉnh Tây Ninh lên đến 2.381km². Trên toàn địa bàn tỉnh Tây Ninh, tổng nhu cầu xử lý lục bình là 1.947.154m² trên tổng chiều dài kênh rạch là 241,85km, trong đó có 105km đường sông Vàm Cỏ Đông nhánh nguồn có nhu cầu xử lý cấp thiết được Tập đoàn Thành Thành Công thực hiện.

Tại Tây Ninh đã cơ bản xây dựng được một số định mức cho việc xử lý lục bình trên mặt sông Vàm Cỏ Đông đảm bảo luồng tàu chạy và mật độ lục bình thông thoáng 70% diện tích bề mặt. Thực hiện vớt lục bình trên bề mặt kênh rạch có bề rộng ≤ 80m, đảm bảo yêu cầu lượng lục bình trực vớt lên hai bên bờ sông là 95% diện tích mặt kênh, rạch.

2.2. Khảo sát tại tỉnh Long An

a. Phân cấp công trình thủy lợi

Hiện nay, do chưa có đơn vị trực tiếp thực hiện việc cung cấp dịch vụ trực vớt và xử lý trọn gói cho nên việc thực hiện vớt lục bình được phân cấp về các huyện để thực hiện theo thực trạng quản lý. Dựa theo QCVN 5664:2009 phân cấp kỹ thuật đường thủy nội địa và đánh

giá thực trạng quản lý thống kê số liệu ở tỉnh Long An cho thấy, các công trình thủy lợi được phân chia thành các phân cấp chính: Kênh chính, tạo nguồn; Kênh, rạch cấp 1; Kênh, rạch cấp 2; và Kênh, rạch cấp 3.

Thống kê tại biểu đồ tỷ lệ của các phân cấp kênh, rạch phân bố trên địa bàn tỉnh Long An được thể hiện tại Bảng 3, các dòng kênh chính phục vụ phát triển kinh tế của địa bàn tỉnh Long An chiếm tỷ lệ đến 31% cấp nguồn cho các kênh loại 1, loại 2 và loại 3. Lực bình tập trung trên các kênh này rất lớn gây cản trở giao thông do được cung cấp lại từ sông Vàm Cỏ Tây chảy từ phía Campuchia về Long An.

Chiều dài các đoạn kênh cấp nguồn chính chiếm trên 22% chiều dài đường sông phục vụ giao thông và có giá trị kinh tế cao vì là đoạn đường buộc phải di chuyển của tàu lớn thông thương hàng hoá.

Bảng 4. Phần trăm chiều dài và diện tích của các phân cấp kênh, rạch tỉnh Long An

TT	Phân cấp tuyến	Chiều dài	Diện tích
1	Kênh chính, tạo nguồn	22%	31%
2	Kênh, rạch cấp 1	60%	58%
3	Kênh, rạch cấp 2	17%	10%
4	Kênh, rạch cấp 3	1%	1%

Do đó, để có thể xử lý lực bình nằm trong hệ thống các kênh thuộc phân cấp kênh chính, tạo nguồn, từ đó sẽ giải quyết được tình trạng lực bình từ các kênh chính này dạt vào các kênh, rạch loại 1, loại 2, loại 3.

b. Kênh, rạch có lực bình của tỉnh Long An

Long An có trên 3.682 công trình thủy lợi, trong đó huyện Vĩnh Hưng chiếm 9% trên tổng số công trình của tỉnh Long An, quản lý 18 kênh chính có diện tích 81.072ha, chiều dài 327.267m, kênh tạo nguồn 104 kênh, rạch cấp 1 có diện tích 21.624ha, chiều dài 243.402m; 74 kênh, rạch cấp 2 có diện tích 12.405ha, chiều dài 154.288m; 17 kênh, rạch cấp 3 có diện tích mặt nước cần xử lý lực bình 2.160ha, tổng chiều dài 41.890m, trong đó tổng nhu cầu cần giải quyết lực bình là 253.902ha về diện tích và 2.150.590m về chiều dài. Huyện Vĩnh Hưng chiếm 40% diện tích trên tổng nhu cầu cần trực vớt lực bình trên diện tích 100.474ha chảy từ biên giới Campuchia về Việt Nam, cho nên khi xử lý lực bình tại huyện Vĩnh Hưng trên tuyến kênh cấp nguồn chính thì sẽ giảm được tối đa sự phát sinh lực bình cho các kênh rạch cấp 1, cấp 2, cấp 3. Khảo sát cho thấy huyện Vĩnh Hưng chưa chiếm nhiều nhất so với Tân Hưng và Thạnh Hoá nhưng là huyện tiếp giáp với lượng lực bình lớn từ nguồn đổ về từ Campuchia.

2.3. Khảo sát tại tỉnh huyện Vĩnh Hưng, tỉnh Long An

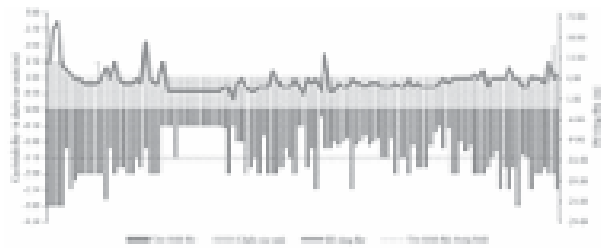
Tuyến kênh có nhu cầu trực vớt lực bình tại huyện Vĩnh Hưng theo kết quả phối hợp thực hiện khảo sát với Công ty Cổ phần Cấp nước và Dịch vụ đô thị Vĩnh Hưng kết luận để đánh giá chọn lựa giải pháp thực hiện trực vớt thông thoáng cho các tuyến kênh chính cấp nước và kênh đầu nguồn là cấp thiết cần thực hiện trực vớt xử lý. Tuyến kênh đầu nguồn có giá trị kinh tế là tuyến Kênh 28, nếu tuyến này được xử lý thì toàn bộ lượng lực bình phát sinh từ đầu nguồn Campuchia chảy về sẽ không lan sâu vào trong các kênh nội địa, hoạt động vận chuyển hàng hoá được khai thông mang lại hiệu quả kinh tế cho huyện.

Theo kết quả nghiên cứu khảo sát, tuyến Kênh 28 có các đặc điểm chính được trình bày trong Bảng 5.

Bảng 5. Đặc điểm, thông số của tuyến Kênh 28

TT	Đặc điểm	Thông số
1	Địa điểm	Kênh 28 (Vĩnh Hưng)
	Từ	Cầu KT8 (Vĩ độ: 10°57'28,23"; Kinh độ: 105°41'13,24")
	Đến	Cầu Bình Châu (Vĩ độ: 105°41'13,24"; Kinh độ: 105°50'37,54")
2	Chiều dài thử nghiệm, km	21
3	Cao trình đáy, m	-3
4	Chiều rộng đáy, m	10
5	Chiều rộng kênh, m	30 ÷ 70
6	Độ thông thủy, m	1,9
7	Vận tốc dòng chảy, km/h	2 ÷ 3
8	Khoảng cách ngắn nhất giữa các trụ cầu, m	6

Trong đó, nhóm đặc tính của Kênh 28, cao trình đáy có ý nghĩa quan trọng có tính quyết định đến hình dáng hình học của thiết bị nổi, so sánh và khảo sát thực tiễn thì chỉ có thiết bị nổi hình dáng dạng xà lan là phù hợp vì có lượng chứa nước gần đạt từ 80% ÷ 90%, khi đó phần mạng ướt sẽ không quá sâu và làm mắc cạn tổ hợp. Trước những diễn biến về biến đổi khí hậu như hiện nay thì cao trình đáy vào sáu tháng mùa khô, đặc biệt là mùa lũ bình kết khối thì cao trình đáy trung bình -1,5m, Hình 1.



Hình 1. Thông số đặc tính kênh tại Vĩnh Hưng

Đặc điểm về độ thông thủy cho phép của tuyến Kênh 28 (+1,9m) và theo khảo sát là thông số đặc trưng của các tuyến kênh hiện nay, do đó trong thiết kế thì việc nghiên cứu để có thể nâng hạ các thiết bị trên mặt boong khi di chuyển qua các cầu là rất cần thiết và phải có các nhóm giải pháp hiệu quả.

Nghiên cứu khảo sát bề rộng đáy Kênh 28 để xây dựng tiêu chí cho thiết kế bố trí không gian theo bề rộng, bề cao của tổ hợp thiết bị. Việc bố trí không gian tối ưu sẽ cho được các nhóm phương án tổ chức trục vớt. Vì yêu cầu đối với việc trục vớt trong kênh $\leq 80m$, đảm bảo yêu cầu lượng lực bình trục vớt lên hai bên bờ sông là 95% diện tích mặt kênh, rạch sẽ đảm bảo được tính kinh tế – kỹ thuật.

2.4. Khảo sát đánh giá năng suất các máy trục vớt xử lý lục bình

Hiện nay có rất nhiều máy vớt lục bình Trung Quốc được nhập về làm việc tại Việt Nam và một số đơn vị trong nước đã thực hiện chế tạo các máy trục vớt để áp dụng. Trong đó, để đánh giá được hiệu quả xử lý thì các đơn vị tiếp cận thông số về tốc độ di chuyển khi làm việc kết hợp với bề rộng làm việc, từ đó ước tính công suất máy có thể giải phóng được một đơn vị diện tích mặt nước có lục bình. Trên cơ sở khảo sát phân cấp kênh để thực hiện phân khúc công suất máy thành ba dòng chính để phục vụ cho các dạng sông, kênh, rạch được trình bày trong Bảng 6.

Bảng 6. Phân khúc công suất máy xử lý trực vớt lục bình.

TT	Dòng máy	Ký hiệu	Năng suất, m ² /h
1	Năng suất thấp (áp dụng kênh cấp 1, 2, 3)	NS1	4.000
2	Năng suất trung bình (áp dụng cho kênh cấp nguồn)	NS2	15.000
3	Năng suất lớn (áp dụng cho sông)	NS3	63.000

Xét tổng nhu cầu xử lý đã thực hiện thống kê như trên, khả năng thực hiện của thiết bị trực vớt cho thấy được tổng nhu cầu tổ hợp xử lý trong Bảng 7.

Bảng 7. Đánh giá sơ bộ nhu cầu về thiết bị xử lý trực vớt.

Máy	Số giờ thực hiện (giờ)	Năng suất (T/ngày)	Tỉnh Tây Ninh	Tỉnh Long An	Huyện Vĩnh Hưng
NS1	8	420	473	872	169
NS2	8	1.820	109	201	39
NS3	8	7.543	26	49	9

3. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Kết luận:

Bài báo trình bày cơ bản các đặc tính của lục bình để làm cơ sở cho quá trình tính toán thiết kế các phương án băm phá và trực vớt sẽ thực hiện, các kết quả được trình bày ở Bảng 1. Lục bình là loài thực vật có đặc tính chứa nước bên trong thân nhiều cho nên việc xử lý băm phá hoặc trực vớt để tối ưu được khả năng chứa thì các phương án thiết kế tổ hợp

thiết bị cần quan tâm đặt tiêu chí xử lý nước bằng các phương pháp cơ học để có thể tối ưu được lượng lục bình vớt lên nhiều nhất.

Kết quả khảo sát đánh giá thực trạng, đánh giá địa hình kênh, rạch tại các tỉnh lân cận Long An, kết quả nghiên cứu đã xác định để khoanh vùng khu vực trực đảm bảo được hiệu quả kinh tế kỹ thuật tối ưu là tại tuyến Kênh 28 của huyện Vĩnh Hưng, tỉnh Long An.

Kết quả nghiên cứu khảo sát đánh giá tổng nhu cầu xử lý vùn nạn lục bình thông qua các thiết bị trực vớt, băm phá mở đường là rất lớn, cụ thể: tại Tây Ninh tổng nhu cầu 1.947.154m², chiều dài 241,85km; tại Long An tổng nhu cầu 2.539.020m², chiều dài 2.150,59km; tại huyện Vĩnh Hưng tổng diện tích 1.004.740m², chiều dài 502,68km yêu cầu 9 thiết bị trực vớt.

Kiến nghị:

Thực hiện chế tạo tổ hợp thiết bị trực vớt theo các phương án để đánh giá so sánh. Nghiên cứu xây dựng các nhóm kịch bản trực vớt lục bình để tìm được giải pháp hiệu quả áp dụng cho từng trường hợp xử lý lục bình trong kênh, rạch của tỉnh Long An và các khu vực lân cận trên cơ sở kết hợp với Công ty Cổ phần Cấp nước và Dịch vụ đô thị Vĩnh Hưng trong thời gian thực hiện triển khai các thử nghiệm.

Lời cảm ơn:

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ Khoa học và Công nghệ trong khuôn khổ Đề tài mã số ĐTĐL.CN-26/21. Chúng tôi xin cảm ơn Phòng Thí nghiệm trọng điểm Điều khiển Số và Kỹ thuật Hệ thống, Trường Đại học Bách khoa và Công ty Cổ phần Cấp nước và Dịch vụ đô thị Vĩnh Hưng đã hỗ trợ thời gian, phương tiện, cơ sở vật chất cho nghiên cứu này.❖

Ngày nhận bài: 20/8/2023
Ngày phản biện: 05/9/2023

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Sở Giao thông Vận tải tỉnh Tây Ninh; *Báo cáo Công tác xử lý lục bình trên sông Vàm Cỏ Đông*. Số 77/BC-SGTVT, 2021.
- [2]. UBND huyện Châu Thành; *Kế hoạch Xử lý lục bình trong các kênh, rạch năm 2022*. Số 24/KH-UBND, 2022.
- [3]. UBND thị xã Trảng Bàng; *Kế hoạch Thực hiện công tác xử lý lục bình và tháo dỡ cọc chà trong các kênh rạch chảy ra sông Vàm Cỏ Đông*. Số 347/KH-UBND, 2022.
- [4]. UBND thị xã Châu Thành; *Kế hoạch Thực hiện công tác tháo dỡ cọc, chà và xử lý lục bình trong các kênh rạch chảy ra sông Vàm Cỏ Đông trên địa bàn thị xã Hòa Thành năm 2022*. Số 28/KH-UBND, 2022.
- [5]. UBND tỉnh Long An; *Phân cấp quản lý công trình thủy lợi trên địa bàn tỉnh Long An*. 2020.
- [6]. Bùi Trung Thành, *Nghiên cứu thiết kế, chế tạo hệ thống máy, thiết bị cắt rong, cỏ dại, vớt bèo tây, rác thải nổi trong lòng kênh, mương, hồ chứa nước*. Báo cáo tổng kết đề tài cấp Nhà nước mã số KC 05-1/06-10, 2009.
- [7]. Elliott R. Donnelley (180), *Aquatic Weed Cutter*. U.S. Patent 4196566.
- [8]. Mujingni Epse Cho, Jenette Tifuh, *Quantification of the Impacts of Water Hyacinth on Riparian Communities in Cameroon and Assessment of An Appropriate Method of Control: the Case of the Wouri River Basin*. World Maritime.
- [9]. Elham A. Ghabbour, *Metal Binding by Humic Acids Isolated from Water Hyacinth Plants in the Nile Delta*, Egypt. Elsevier Publisher, 2004.
- [10]. Minh, D., *Phương pháp chủng nấm Trichoderma dùng xử lý chất thải hữu cơ*, Trường Đại học Cần Thơ, Tài liệu nội bộ, 2006.
- [11]. Minh, D. và ctv; 2006; *Tác động của các chủng nấm đối kháng Trichoderma nội địa trong việc phòng trị*, Tạp chí Nghiên cứu Khoa học, Trường Đại học Cần Thơ, 2006.
- [12]. Richard J. Cyr., Judith A. Jernstedt; 1988. *Root Contraction in Hyacinth. In Changes in Tubulin Levels, Microtubule Number and Orientation Associated with Differential Cell Expansion*, Planta, Springer-Verlag, 1988.
- [13]. Lê Phát Quới, *Nghiên cứu sản xuất phân hữu cơ từ lục bình*, Sở Khoa học và Công nghệ tỉnh Long An, 2011.

SỬ DỤNG TUA BIN TRỰC GIAO PHÁT ĐIỆN CHO KHU VỰC VEN BIỂN, HẢI ĐẢO

USING DARRIEUS TURBINES TO GENERATE POWER FOR THE AREA COASTAL
AND ISLANDS

Đinh Minh Hải, Trần Anh Tuấn, Nguyễn Trần Trọng

Viện Nghiên cứu Cơ khí, Bộ Công Thương

TÓM TẮT

Dao động mực nước biển của nước ta không nhiều và không phải là nơi có triển vọng để xây dựng các nhà máy điện thủy triều lớn, có dạng đập như ở một số nơi trên thế giới (thường độ lớn thủy triều phải từ 5 ÷ 6m trở lên), tuy nhiên chúng ta có một hệ thống các vũng, vịnh ven biển có thể khai thác tận dụng thủy triều để phát điện. Bài báo giới thiệu tua bin trực giao sử dụng năng lượng thủy triều (dòng nước chảy do chênh lệch triều cao thấp) phát điện phục vụ vùng ven biển, hải đảo, tổ máy đã được lắp đặt tại hòn Tai Kéo (Cát Bà – Hải Phòng).

Từ khóa: Tua bin trực giao; Thiết bị phát điện cho ven biển, hải đảo.

ABSTRACT

Our country's sea level fluctuations are not much and it is not a promising place to build large, dam-shaped tidal power plants like in some parts of the world (usually the tidal magnitude must be from 5 ÷ 6m or more), however, we have a system of coastal bays and bays that can take advantage of the tides to generate electricity. The article introduces Darrieus turbines that use tidal energy (flowing water due to difference between high and low tide) to generate electricity to serve coastal areas and islands, the generating unit has been installed at Tai Keo island (Cat Ba - Hai Phong).

Keywords: Darrieus turbines; Generators for the area coastal and islands.

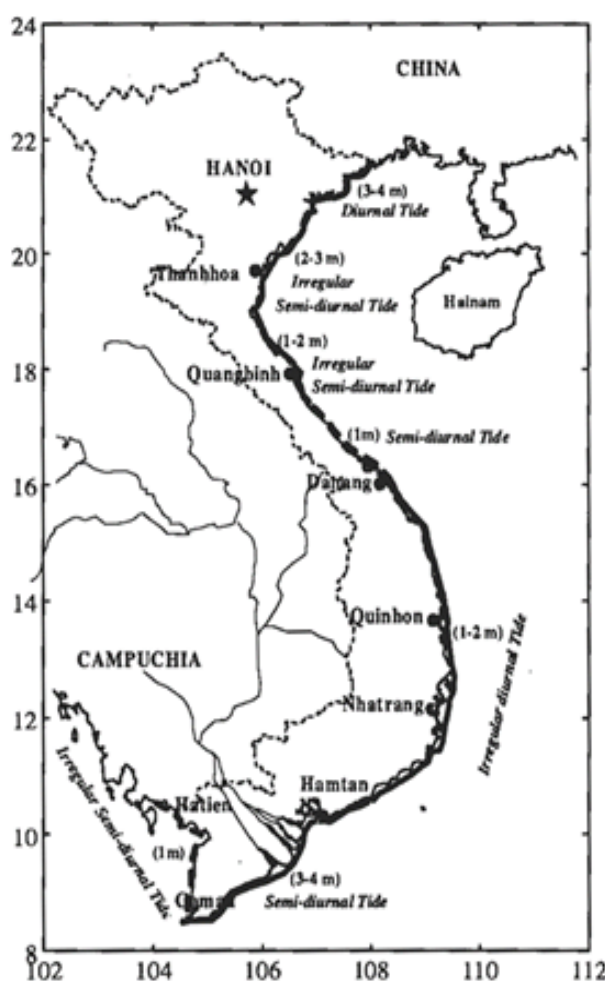
1. TỔNG QUAN

Thủy triều ở ven biển nước ta thể hiện đầy đủ các dạng dao động. Có nơi trong một ngày đêm thủy triều ở đó có một lần đạt trị số lớn nhất, một lần đạt trị số nhỏ nhất, cũng có nơi một ngày đêm thủy triều có hai lần đạt trị số lớn, hai lần đạt trị số nhỏ và có nơi trong một tháng thủy triều lại thể hiện ở cả hai loại trên với những cao độ khác nhau.

Từ bảng 1, ta nhận thấy thủy triều ở Việt Nam có đầy đủ các đặc điểm, chế độ và các dạng triều: Tại Cửa Ông, Hòn Gai, Hải Phòng là chế độ nhật triều đều; ở Thanh Hoá, Cửa Hội, Ròn là chế độ nhật triều không đều; còn ở Cửa Ranh, Cửa Tùng, Đà Nẵng là bán nhật triều không đều; ở Hà Tiên lại là triều hỗn hợp.

Độ cao thủy triều ở ven biển nước ta cũng biến động theo vĩ độ và địa lý từng vùng, trong khi tại Cửa Ông biên độ triều đạt tới 4,7m, tại Hồng Gai – 4,3m, Cửa Ranh – 2,1m, Cửa Tùng – 1,4m, thì tại Vũng Tàu biên độ triều đạt tới 4,2m, còn ở Hà Tiên biên độ triều chỉ đạt 1,7m.

Bảng 1. Mực nước thủy triều lớn nhất trong nhiều năm tại một số khu vực ven biển Việt Nam (Nguồn: Vũ Như Hoàn – Thủy triều ở ven biển Việt Nam – 2000).



Hình 1. Bản đồ đặc điểm thủy triều trên bờ biển Việt Nam (Diurnal tide: nhật triều, Semi-diurnal tide: bán nhật triều, Irregular Semi-diurnal tide: bán nhật triều không đều)

Bảng 1. Mực nước thủy triều lớn nhất trong nhiều năm tại một số khu vực ven biển Việt Nam (Nguồn: Vũ Như Hoàn – Thủy triều ở ven biển Việt Nam – 2000).

Địa phương	Chế độ triều	Trị số lớn nhất trong nhiều năm (m)
Cửa Ông	Nhật triều đều	4,7
Hồng Gai	Nhật triều đều	4,3
Hải Phòng	Nhật triều đều	4,0
Thanh Hoá	Nhật triều không đều	3,8
Cửa Hội	Nhật triều không đều	3,2
Rồng	Nhật triều không đều	3,2
Cửa Ranh	Bán nhật triều không đều	2,1
Cửa Tùng	Bán nhật triều không đều	1,4
Đà Nẵng	Bán nhật triều không đều	1,6
Quy Nhơn	Nhật triều không đều	2,3
Vũng Tàu	Bán nhật triều không đều	4,2
Hà Tiên	Triều hỗn hợp	1,7

Nhìn chung, độ cao thủy triều đạt chỉ số lớn nhất ở Vịnh Bắc Bộ, đồng thời chế độ triều ở khu vực này là nhật triều thuần nhất, hầu hết số ngày trong tháng, trên dưới 26 ngày, chỉ có một lần nước lớn và một lần nước ròng.

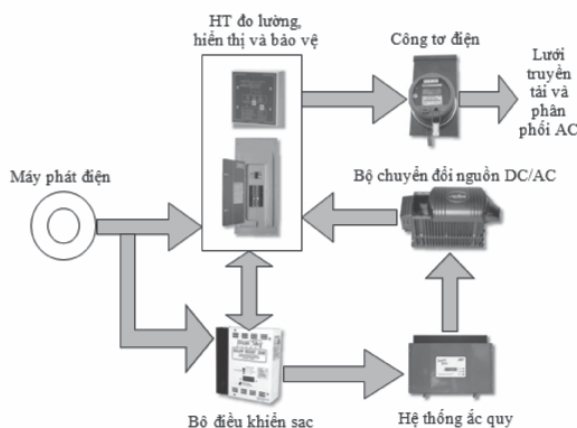
2. NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC TRẠM ĐIỆN THỦY TRIỀU

- Đập đập tích nước vào hồ triều – lắp đặt tổ máy điện thủy triều vào lòng đập. Khi triều lên thì ta tích nước vào hồ triều bằng cách mở cổng lấy nước. Khi nước dâng đến đỉnh triều, ta đóng cổng lấy nước lại cho đến khi triều rút xuống tạo chênh lệch cột nước tối ưu (sẽ được tính toán cụ thể cho từng hồ triều) giữa bên trong và bên ngoài hồ triều thì ta mở van tua bin để cho nước chạy từ hồ triều ra biển và điện phát ra được tích vào ắc quy, điện từ ắc quy qua bộ biến đổi lên 220V xoay chiều cấp cho hộ tiêu thụ;

- Lợi dụng dòng chảy có vận tốc lớn ở các cửa khe hẹp khi chênh lệch mực nước triều lên và xuống, lắp đặt tổ máy phát điện.



Hình 2. Nguyên lý nhà máy điện thủy triều



Hình 3. Hệ thống tích trữ và phân phối điện

3. TÍNH TOÁN KHẢ NĂNG CUNG CẤP ĐIỆN NĂNG CỦA CÁC ĐÀM HỒ [1]

Đầm hồ nuôi thủy sản và các hồ triều có mực nước chênh lệch giữa trong và ngoài đập khi xả nước ra dao động trong khoảng từ 1,2 ÷ 1,5m, nếu đắp đập lên cao thêm 20cm nữa thì độ chênh mực nước sẽ dao động trong khoảng 1,4 ÷ 1,7m.

01 héc ta mặt nước thì năng lượng dự trữ để sản xuất điện năng được:

- Lượng nước dự trữ khi mức nước dao động từ 1,4 đến 1,7m là:

$$V = 0,3m \times 10000m^2 = 3000 m^3.$$

- Thời gian xả là 8 giờ, thì lưu lượng nước được xả là:

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{3000}{8} = 375m^3/h = 0,104 m^3/s.$$

- Công suất dòng nước tạo ra được là:

$$N_1 = 9,81QH = 9,81.0,104.1,55 = 1,581 kW.$$

- Nếu hồ nước có diện tích 10 héc ta thì công suất nhận được là:

$$N_{10} = 10.N_1 = 15,81kW.$$

- Tính tới hiệu suất tổ máy, đối với máy thủy điện cực nhỏ công suất 500 ÷ 1.000W thì hiệu suất tổ máy có giá trị gần đúng bằng:

$$\eta = \eta_{TB}\eta_{MP} = 0,75.0,78 = 0,58.$$

Khi đó, ta nhận được công suất bằng:

$$N_{TM} = N_{10}.\eta = 15,81.0,58 = 9,170 kW.$$

- Nếu sử dụng các tổ máy công suất 3 ÷ 5 kW thì hiệu suất tổ máy có giá trị gần đúng bằng:

$$\eta = \eta_{TB}\eta_{MP} = 0,80.0,80 = 0,64.$$

Khi đó, ta nhận được công suất bằng:

$$N_{TM} = N_{10}.\eta = 15,81.0,64 = 10,118 kW.$$

Đối với các hồ triều, do không phải giữ lại lượng nước tối thiểu như trong hồ nuôi thủy sản nên ta có thể tăng thêm được thời gian phát điện để tăng sản lượng điện. Như vậy, ta thấy

sử dụng các tổ máy công suất $3 \div 5$ kW sẽ thu được công suất nhiều hơn, có lợi hơn về mặt năng lượng.

Tại các xã đảo có nhiều đầm và hồ lớn diện tích từ hàng chục tới hàng trăm héc ta, nếu tại các xã đảo ta sử dụng các máy thủy điện làm việc hai chiều và với mực nước chênh dao động lớn, chúng ta sẽ nhận được công suất đủ để phục vụ cho đời sống và sinh hoạt của cư dân trên đảo.

Vấn đề ở đây là phải lựa chọn được phương án xây dựng trạm điện thủy triều hợp lý, lựa chọn loại máy với công suất thích hợp, máy móc thiết bị phải có khả năng chịu được môi trường nước mặn, vận hành thuận tiện, giá thành thích hợp thì mới có thể đẩy mạnh được việc khai thác và ứng dụng điện thủy triều phục vụ sản xuất và đời sống của cư dân trên đảo, nhằm đóng góp cho sự phát triển kinh tế và củng cố quốc phòng, bảo vệ vùng lãnh thổ trên biển của Tổ quốc.

4. TUA BIN TRỰC GIAO

Loại tua bin này được đặt trực tiếp trên sông, biển và năng lượng được tạo ra chủ yếu từ động năng của dòng nước. Năng lượng có thể khai thác được là hàm của tỉ trọng và vận tốc dòng chảy. Yêu cầu về vận tốc dòng chảy để có thể vận hành được tua bin trực giao thường là $1 \div 2$ m/s, nhưng vận tốc dòng chảy có thể sử dụng trong phạm vi $1 \div 3,5$ m/s.

Bảng 2 tổng hợp các loại tua bin trực giao đã được tiêu chuẩn hóa của hãng New Eenergy Corporation để khai thác năng lượng dòng chảy ven sông, ven biển. Căn cứ vào bảng này, có thể tham khảo để sơ bộ lựa chọn được loại tua bin phù hợp với điều kiện dòng chảy tại vị trí cần lắp đặt.

Bảng 2. Các loại tua bin trực giao của hãng New Energy Corporation

Công suất tổ máy (kW)	Vận tốc thiết kế (m/s)	Kích thước tua bin	
		Đường kính (m)	Chiều cao (m)
5 kW	3,0	1,5	0,75
5 kW	2,4	1,5	1,5
10 kW	3,0	1,5	1,5
25 kW	3,0	3,4	1,7
25 kW	2,4	4,8	2,4
125 kW	3,0	7,6	3,8
125 kW	2,4	7,6	7,6
250 kW	3,0	7,6	7,6

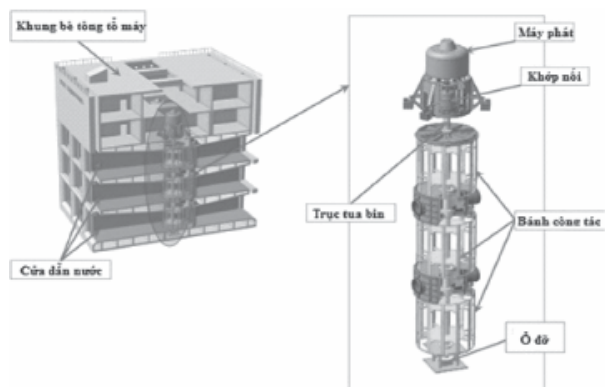
4.1. Cấu tạo của tua bin trực giao

Tua bin trực giao về cơ bản được cải tiến và phát triển từ mẫu profile bánh công tác tua bin gió trực đứng kiểu Darrieus được nhà sáng chế người Pháp (Darrieus) nghiên cứu đầu tiên với bánh công tác dạng cánh thẳng và profile cánh song song với trục tua bin. Hình dạng kết cấu của cánh bánh công tác bao gồm các lá cánh profile đối xứng và được gắn chặt với trục quay.

Bánh công tác tua bin trực giao trực đứng gồm các lá cánh có biên dạng profile giống nhau dọc theo chiều dài lá cánh, được bố trí đối xứng với tâm quay, do đó, chiều quay và đặc tính làm việc cũng như hiệu suất của tua bin không phụ thuộc vào chiều dòng chảy và cột nước làm việc như các loại tua bin truyền thống khác.

Tua bin trực giao có ưu điểm là cấu tạo đơn giản, dễ chế tạo và lắp đặt, chỉ cần có bộ phận neo giữ để đảm bảo về sự cứng vững và

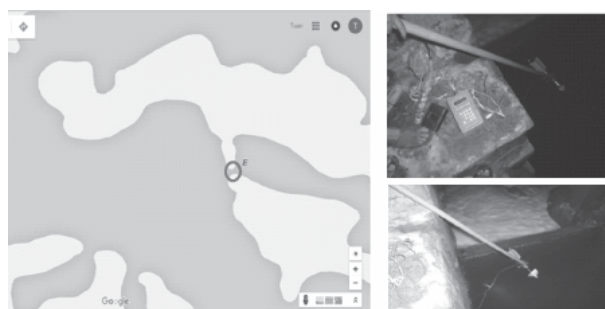
vận hành an toàn, khó bị phá hỏng. Ngoài ra, các bánh công tác tua bin trực giao trục đứng có thể được gắn trên cùng một trục thẳng đứng thành nhiều tầng như hình 4.



Hình 4. Tua bin trực giao có 03 tầng bánh công tác.

Với kết cấu nhiều tầng, năng lượng của tua bin được tạo ra do sử dụng tất cả diện tích mặt cắt ngang của dòng chảy để tăng công suất máy, nhờ đó giảm được chi phí tổng thể của nhà máy phát điện.

4.2. Lắp đặt tua bin trực giao tại khu vực hòn Tai Kéo



Hình 5. Khảo sát dòng chảy tại khu vực hòn Tai Kéo

Ở khu vực hòn Tai Kéo, tiến hành đo đạc tại chỗ có địa hình co hẹp (vị trí E tọa độ 20°45'34.3"N 107°03'54.0"E) như hình 5, số liệu về vận tốc dòng chảy qua vị trí điểm E như bảng 3:

Bảng 3. Vận tốc dòng chảy tại vị trí điểm E

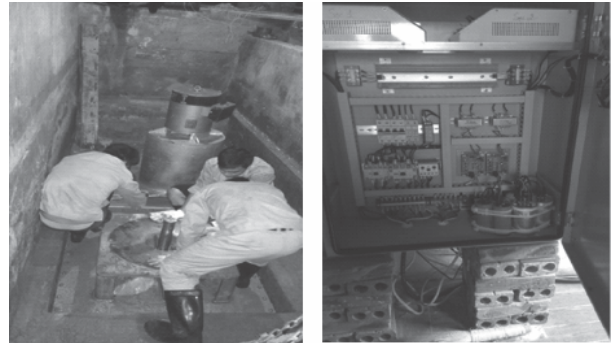
STT	T (s)	U (m/s)	STT	T (s)	U (m/s)
1	0.00	0,00	14	23.400	2,80
2	1.800	2,13	15	25.200	2,77
3	3.600	2,25	16	27.000	2,75
4	5.400	2,81	17	28.800	2,74
5	7.200	2,82	18	30.600	2,73
6	9.000	2,94	19	32.400	2,72
7	10.800	3,41	20	34.200	2,71
8	12.600	3,83	21	36.000	2,70
9	14.400	3,88	22	37.800	2,69
10	16.200	3,89	23	39.600	2,50
11	18.000	3,87	24	41.400	2,00
12	19.800	3,80	25	43.200	1,50
13	21.600	3,80			
Vận tốc trung bình		2,80			

Bảng 3 cho thấy vận tốc trung bình của dòng chảy tại vị trí E là 2,80 (m/s), tiến hành đo 25 lần, mỗi lần cách nhau 30 phút, tổng cộng thời gian đo là 12 giờ và số thời gian có vận tốc dòng chảy lớn hơn 2 m/s là 8 giờ. Như vậy, nếu đo 24 giờ thì sẽ có khoảng 13 ÷ 15 giờ dòng chảy duy trì ở vận tốc trên 2 m/s.

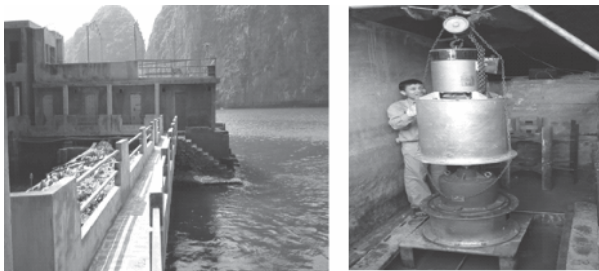
Qua kết quả nghiên cứu và khảo sát thực tế về dòng chảy tại 05 vị trí cho thấy, dòng chảy tại tất cả các vị trí đều có khả năng khai thác được, với vận tốc trung bình của dòng chảy khoảng 2 (m/s) và thời gian khai thác trong ngày khoảng 10 giờ. Trên cơ sở đó, ta tiến hành tính toán, chế tạo tua bin và lắp đặt.



Hình 6. Chế tạo tua bin tại Việt Nam



Hình 8. Lắp đặt, đo đạc thông số thiết bị



Hình 7. Trạm điện Tai Kéo

Sau khi lắp đặt, hiệu chỉnh, ta tiến hành đo đạc, kiểm tra các thông số. Kết quả như bảng 4:

Bảng 4. Kết quả chạy trạm điện Tai Kéo

Vận tốc dòng chảy	V (m/s)	1,2	1,5	2,0	2,2	2,5
Số vòng quay	n (v/ph)	27,3	40,8	65,2	87,3	114,8
Công suất trên trục	P (W)	98,09	319,30	1.081,21	2.055,85	3.351,98
Điện áp	ΔU (V)	224,00	224,00	224,00	224,00	224,00
Cường độ dòng điện	I (A)	0,51	1,66	5,62	10,69	17,43
Hiệu suất tua bin	η (%)	10,58	17,6	25,2	36,0	40,0
Vận tốc dòng chảy	V (m/s)	2,7	3,0	3,2	3,5	2,7
Số vòng quay	n (v/ph)	143,4	174,4	194,7	225,8	143,4
Công suất trên trục	P (W)	3.926,95	4.686,48	5.118,89	5.626,12	3.926,95
Điện áp	ΔU (V)	224,00	224,00	224,00	224,00	224,00
Cường độ dòng điện	I (A)	20,41	24,36	26,61	29,25	20,41
Hiệu suất tua bin	η (%)	37,2	32,4	29,1	24,5	37,2



Qua các kết quả cho thấy, công suất tua bin lớn nhất ở vận tốc 3,2m/s (5.626,12 W), tuy nhiên hiệu suất chỉ đạt 24,5 %; hiệu suất tua bin lớn nhất (40%) ở vận tốc 2,5 m/s (3.351,98 W), điện áp ổn định, sử dụng được cho trạm.

5. KẾT LUẬN

Thủy triều là nguồn năng lượng tái tạo sẵn có ở các vùng ven biển và hải đảo, không gây ô nhiễm môi trường, sử dụng tốt nguồn năng lượng này phục vụ dân sinh sẽ thu hút được người dân đến định cư, lập nghiệp ở các đảo củng cố an ninh quốc phòng cho Quốc gia.

Tua bin trực giao đã được chế tạo, lắp đặt vận hành đạt các yêu cầu tính toán, hoàn toàn có thể sử dụng để khai thác nguồn năng lượng này cho vùng ven biển và hải đảo ở Việt Nam. ❖

Ngày nhận bài: **25/10/2023**

Ngày phản biện: **10/11/2023**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Nguyễn Vũ Việt; *Nghiên cứu thiết kế, chế tạo và lắp đặt tổ máy điện thủy triều có công suất đến 5kW phục vụ dân sinh kinh tế vùng ven biển và Hải đảo 2011.*

ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG KÉO CHO Ô TÔ CON SỬ DỤNG HỆ THỐNG TRUYỀN LỰC CƠ KHÍ CÓ CẤP

EVALUATION OF TRACTION QUALITY FOR CARS USING MT POWERTRAIN

TS. Lưu Đức Lịch^{1,*}, ThS. Lê Văn Lương², Ngô Sỹ Đồng³

¹Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Đà Nẵng

²Trường Đại học Sư Phạm Kỹ thuật Vinh

³Trường Đại học Điện lực

TÓM TẮT

Tính toán kiểm tra sức kéo của ô tô có liên quan mật thiết đến các thông số kết cấu chủ yếu của động cơ và hệ thống truyền lực trên ô tô. Mục tiêu của việc tính toán kiểm tra sức kéo ô tô là xác định các thông số đánh giá chất lượng kéo của ô tô như tốc độ cực đại có thể đạt được ở điều kiện khai thác cụ thể, khả năng vượt dốc, thời gian tăng tốc và quãng đường tăng tốc. Trong bài báo này, các tác giả sử dụng phần mềm Matlab/Simulink để tính toán kiểm tra sức kéo của ô tô bằng phương pháp giải tích. Kết quả được biểu thị ở dạng đồ thị cho thấy độ chính xác cao, giảm thời lượng tính toán so với phương pháp đồ thị.

Từ khóa: *Tính toán động lực học kéo; Xác định tỷ số truyền hệ thống truyền lực; Động lực học.*

ABSTRACT

Calculating and testing the traction capacity of a car is closely related to the main structural parameters of the car's engine and transmission system. The goal of calculating and testing the car's traction capacity is to determine the parameters to evaluate the car's traction quality such as the maximum speed that can be achieved in specific operating conditions, the ability to go uphill, and the time and travel distance. In this paper, the authors use Matlab/Simulink software to calculate and test the car's traction. The results are expressed in figure form, showing high accuracy and reducing calculation time compared to the graphical method.

Keywords: *Car dynamics; Determine the transmission ratio of the powertrain.*



1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hệ thống truyền lực bao gồm hàng loạt các cụm, tổng thành thực hiện nhiệm vụ truyền mô men xoắn từ động cơ đến các bánh xe chủ động [1], [2]. Tính chất động lực học kéo của ô tô ảnh hưởng đến khả năng khởi hành và tăng tốc của ô tô, vận tốc trung bình, vận tốc cực đại, năng suất và giá thành vận chuyển, độ êm dịu và tính an toàn trong điều kiện chuyển động với đường xá và các tay số khác nhau [3], [4], [5]. Nhờ tính toán sức kéo có thể giải quyết hàng loạt các vấn đề xuất hiện khi khai thác ô tô và xây dựng đường bộ, như khi khai thác ô tô cần xác định tốc độ chuyển động trung bình, khả năng tăng tốc, thời gian tăng tốc, tải trọng cho phép, khả năng kéo móc hoặc sơ-mi rơ-móc... trong xây dựng đường bộ cần chọn dạng bề mặt đường, độ dốc, góc cua phù hợp với sức kéo của ô tô.

Tính toán thiết kế sức kéo được thực hiện cho ô tô mới, nhằm xác định các thông số chủ yếu của động cơ và hệ thống truyền lực như công suất cực đại, mô men xoắn cực đại của động cơ, tỷ số truyền hộp số, tỷ số truyền truyền lực chính. Đồng thời, ta cần chọn hàng loạt thông số như hiệu suất truyền lực, bán kính bánh xe... những thông số này được chọn trên cơ sở những ô tô tương tự đã được sản xuất.

Tính toán kiểm tra sức kéo được thực hiện đối với một xe đã được sản xuất, các thông số kết cấu cơ bản của xe đã biết. Mục đích của việc này là đánh giá chất lượng kéo, chất lượng vận tốc và tìm ra vùng hoạt động của xe.

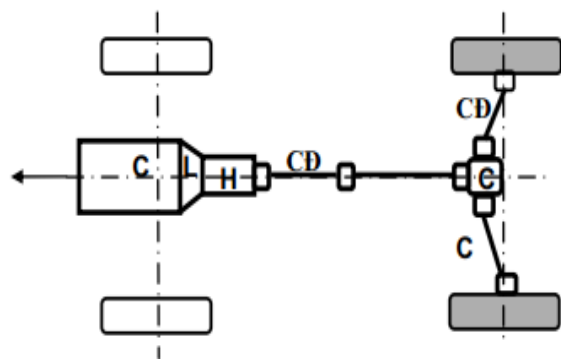
Trong bài báo này, tác giả tính toán động lực học kéo bằng phương pháp giải tích sử dụng phần mềm lập trình Matlab để giải bài toán động lực học kéo của ô tô nhằm xác định các thông số đánh giá chất lượng kéo của ô tô

như tốc độ cực đại có thể đạt được ở điều kiện khai thác cụ thể, khả năng vượt dốc, thời gian tăng tốc và quãng đường tăng tốc.

2. ĐỘNG LỰC HỌC KÉO Ô TÔ TRUYỀN ĐỘNG CÓ CẤP

Hệ thống truyền lực cơ khí như hình 1 là hệ thống liên kết với nhau thông qua các cụm truyền cơ khí, cơ bản gồm: Ly hợp ma sát, hộp số cơ khí, hộp phân phối (nếu có), trục các đăng, bán trục, khớp nối... Trong quá trình xe chuyển động, lực cản thay đổi tùy theo điều kiện đường, muốn xe chuyển động ổn định thì người lái phải thực hiện quá trình sang số hợp lý phù hợp với từng thời điểm. Khi xác định được thời điểm sang số, người lái xe phải thực hiện một loạt các thao tác nhả ga, cắt côn và tay di chuyển cần số để chuyển số khác. Độ êm dịu chuyển động và thời gian chuyển số phụ thuộc chính vào trình độ và kinh nghiệm của người lái xe. Nếu như xác định sai thời điểm chuyển số hoặc thao tác không nhuần nhuyễn có thể khiến cho xe bị rung giật hoặc chết máy.

Hệ thống truyền lực cơ khí sử dụng ly hợp ma sát do kết cấu đơn giản, hiệu suất cao, khả năng động lực học tốt có thể truyền được mô men lớn nên được sử dụng phổ biến trên các loại ô tô vận tải.



Hình 1. Sơ đồ hệ thống truyền lực MT

2.1. Đường đặc tính tốc độ ngoài của động cơ đốt trong

Đường đặc tính ngoài của động cơ là mối quan hệ giữa mô men, công suất, với tốc độ quay của trục khuỷu khi bướm ga mở hoàn toàn đối với động cơ xăng và phun nhiên liệu cực đại với động cơ diesel. $M_e = f(n_e)$, $N_e = f(n_e)$, $g_e = f(n_e)$. Đường đặc tính này có thể được xây dựng thực nghiệm bằng công thức thực nghiệm Le-déc-man (Kiencke, 2006):

$$N_e = N_{\max} \left[a \frac{n_e}{n_N} + b \left(\frac{n_e}{n_N} \right)^2 - c \left(\frac{n_e}{n_N} \right)^3 \right] \quad N.m / s \quad (1)$$

Trong đó: N_e – Công suất của động cơ; $N_{\max}$ – Công suất lớn nhất của động cơ; a, b, c – Hệ số tính theo thực nghiệm; n_e – Số vòng quay của động cơ (vòng/phút); n_N – Số vòng quay của động cơ tại $N_{\max}$.

2.2. Lực kéo ô tô

Để ô tô chuyển động được thì lực kéo sinh ra ở bánh xe chủ động phải cân bằng tất cả các lực cản tác dụng lên ô tô. Phương trình cân bằng lực kéo có dạng sau:

$$P_k = P_f \pm P_i + P_{\omega} \pm P_j \quad (2)$$

$$\text{Trong đó: } P_k = \frac{M_e \cdot i_t \cdot \eta_{tl}}{r_{bx}}; \quad P_f = fG \cos \alpha;$$

$P_i = G \sin \alpha$; $P_{\omega} = K.F.V^2$; $P_j = \frac{G}{g} \delta_i \cdot j$, tương ứng là lực kéo của ô tô, lực cản lăn, lực cản lên dốc, lực cản không khí, lực quán tính.

Ở đây: i_t – Tỷ số truyền của hệ thống truyền lực; r_{bx} – Bán kính bánh xe; G – Trọng lượng của ô tô; α – Độ dốc của đường; f – Hệ số cản lăn; K – Hệ số cản không khí; F – Diện tích cản chính diện ô tô; V – Vận tốc ô tô, bỏ

qua sức cản gió; g – Gia tốc trọng trường; δ_i – Hệ số ảnh hưởng của các chi tiết chuyển động quay; j – Gia tốc của ô tô.

2.3. Nhân tố động lực học

Nhân tố động lực học được dùng để đánh giá chất lượng kéo các ô tô có cùng lực kéo, cùng trọng lượng, hệ thống truyền lực nhưng khác nhau về hình dáng khí động học. Phương trình nhân tố động lực học có dạng sau:

$$D = f \pm i \pm \frac{\delta_i \cdot j}{g} \quad (3)$$

2.4. Thời gian tăng tốc

Thời gian tăng tốc của ô tô từ tốc độ v_1 đến tốc độ v_2 được tính theo công thức sau:

$$t_{t1-t2} = \int_{v_1}^{v_2} \frac{1}{j} dv \quad (4)$$

2.5. Quãng đường tăng tốc

Quãng đường tăng tốc của ô tô từ tốc độ v_1 đến tốc độ v_2 được tính theo công thức sau:

$$S_{t1-t2} = \int_{v_1}^{v_2} v_i dt_i \quad (5)$$

2.6. Xác định tỷ số truyền của hộp số

Tỷ số truyền của truyền lực chính được xác định từ điều kiện đảm bảo ô tô đạt tốc độ cực đại ở số truyền cao nhất, xác định theo công thức sau:

$$i_o = 0,105 \frac{r_{bx} \cdot n_{e\max}}{i_{hc} \cdot j_c} \quad (6)$$

Tỷ số truyền của tay số 1 được xác định theo điều kiện khắc phục cản lớn nhất của mặt đường, đồng thời thỏa mãn điều kiện bám sau:

$$\frac{G \cdot \Psi \cdot r_{bx}}{M_e \cdot i_o \cdot i_c \cdot \eta_{tl}} \leq i_{h1} \leq \frac{G \cdot \phi \cdot r_{bx}}{M_e \cdot i_o \cdot i_c \cdot \eta_{tl}} \quad (7)$$

Trong đó: Ψ , ϕ , i_o , i_c , i_{hc} tương ứng là hệ số cản mặt đường, hệ số bám của mặt đường, tỷ số truyền lực chính, tỷ số truyền lực cuối cùng, tỷ số truyền cao nhất của hộp số.

Xác định tỷ số truyền trung gian của hộp số có hai cách xác định theo quy luật cấp số nhân và theo cấp điều hòa. Trong bài báo này, tác giả sử dụng theo quy luật cấp số nhân sau:

$$i_{hk} = n^{-1} \sqrt[n-k]{i_{h1}} \quad (8)$$

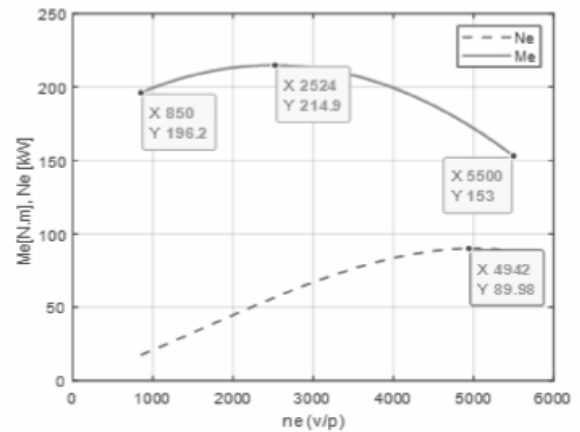
Trong đó: n – Số lượng tay số; $k = 2 \div n$ là tay số trung gian.

3. MÔ PHỎNG ĐỘNG LỰC HỌC KÉO Ô TÔ

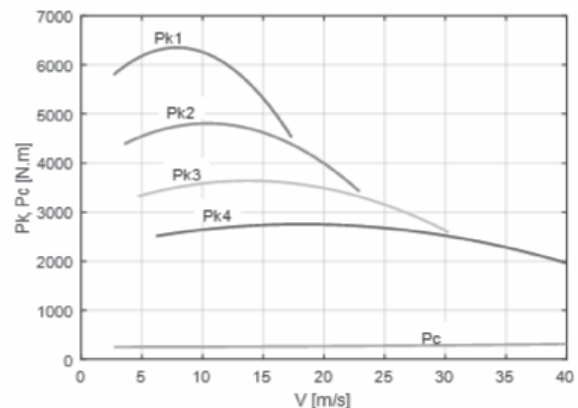
3.1. Thông số mô phỏng

Trong bài báo này, tác giả sử dụng Matlab [6] để giải các phương trình chuyển động của ô tô, từ đó đánh giá chất lượng kéo qua các chỉ tiêu như: Tốc độ cực đại của ô tô; khả năng tăng tốc; thời gian tăng tốc; quãng đường tăng tốc. Thông số cho trước và thông số cần chọn, tác giả chọn xe tham khảo là Toyota Vios.

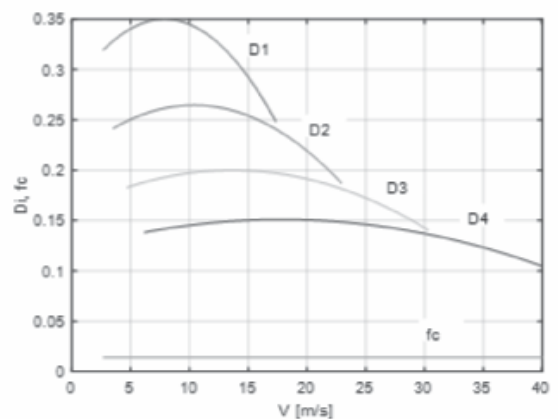
3.2. Kết quả tính toán



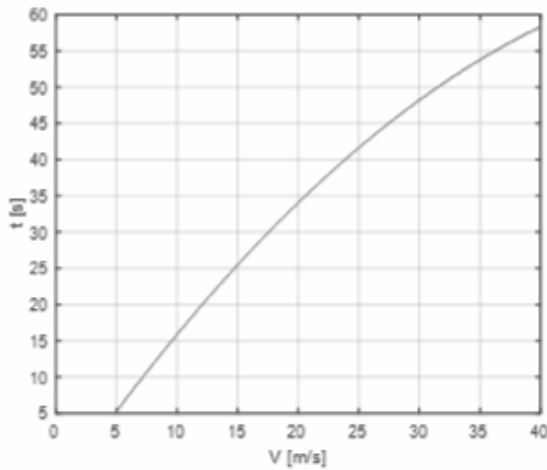
Hình 2. Đồ thị đường đặc tính ngoài động cơ



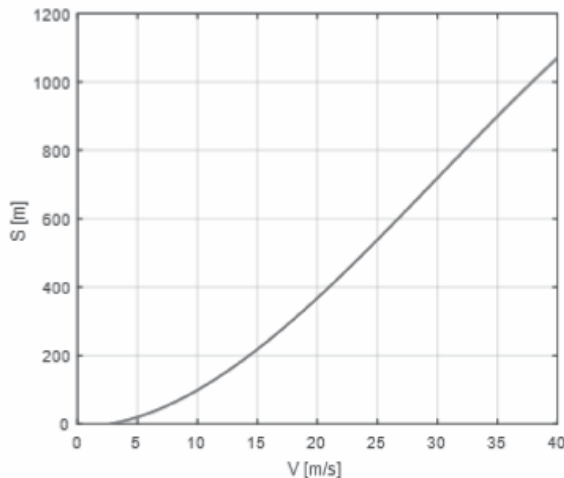
Hình 3. Đồ thị lực kéo ô tô tại bánh xe



Hình 4. Đồ thị nhân tố động lực học ô tô



Hình 5. Đồ thị thời gian tăng tốc ô tô



Hình 6. Đồ thị quãng đường tăng tốc ô tô

Qua kết quả mô phỏng, tác giả đã xác định được thông số cơ bản của động cơ thể hiện qua (hình 2) đường đặc tính ngoài của động cơ xăng: $M_e = f(n_e)$; $N_e = g(n_e)$ với công suất cực đại $N_{e_{\max}} = 90$ [kW] tại số vòng quay $n_e = 5000$ v/p; mô men xoắn lớn nhất $M_{e_{\max}} = 215$ [N.m] tại số vòng quay $n_e = 2524$ v/p; $n_{e_{\min-\max}} = [850-5500]$. Hệ thống truyền lực không có hộp phân phối, không có truyền lực cuối cùng, hộp số gồm 4 tay số, trong đó tay số 5 có tỷ số truyền tăng, tỷ số truyền từng tay số xác định như sau: $i_{h1} = 2,4$; $i_{h2} = 1,8$; $i_{h3} = 1,4$; $i_{h4} = 1,0$, coi lý hợp

không bị trượt, tỷ số truyền $i_{LH} = 1$; tỷ số truyền lực chính $i_o = 6,3$.

Qua đồ thị lực kéo thể hiện ở hình 3, 4 cho thấy lực kéo từ tay số 1 đến tay số 4 nằm trong khoảng lực bám và lực cản hay nói cách khác đảm bảo điều kiện bám và điều kiện cản, vận tốc cực đại $V_{\max} = 40$ m/s tại lực kéo ở tay số 4. Nhân tố động lực học cho từng tay số thể hiện ở hình 5, $D_{\max} = 0,35$, cho thấy ô tô có tính cơ động cao.

Thời gian tăng tốc và quãng đường tăng tốc thể hiện tương ứng hình 5, 6. Thời gian tăng tốc bằng không và quãng đường tăng tốc bằng không tại vận tốc nhỏ nhất $V_{\min}$. Đối với ô tô trang bị hộp số cơ khí có cấp, thời gian tăng tốc và quãng đường tăng tốc phụ thuộc vào trình độ người lái thao tác ra, vào số. Vì vậy, kết quả ở hình 5, hình 6 chỉ mang ý nghĩa lý thuyết. Trong thực tế cần xác định bằng thực nghiệm với ô tô chuyển động trên đường.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã xây dựng mô hình động lực học kéo và xây dựng chương trình tính toán trên phần mềm Matlab. Kết quả mô phỏng, xác định được thông số cơ bản của động cơ như mô men xoắn cực đại, công suất cực đại và xây dựng được đường đặc tính ngoài của động cơ, cho phép xác định được mô men, công suất tại số vòng quay bất kỳ của động cơ. Xác định được tỷ số truyền từng tay số của hộp số và tỷ số truyền của truyền lực chính để ô tô đạt được vận tốc cực đại đã đặt ra. Kết quả cho phép đánh giá chất lượng kéo như khả năng khắc phục cản, khả năng tăng tốc, thời gian tăng tốc và quãng đường tăng tốc qua các đồ thị. Dựa vào chương trình tính toán, chúng ta có thể tính toán thiết kế sức kéo hay tính toán kiểm nghiệm cho một xe bất kỳ bằng cách chỉ cần nhập thông

số cần thiết, chương trình tính toán sẽ cho kết quả chính xác cao, trực quan và giảm thời gian so với phương pháp đồ thị. ❖

Ngày nhận bài: **03/9/2023**

Ngày phản biện: **11/10/2023**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Cao Trọng Hiền, Đào Mạnh Hùng (2010); “*Lý thuyết ô tô*”, NXB. Giao thông Vận tải, Hà Nội.
- [2]. Rajamani R., “*Vehicle dynamics and control*”, Springer Science, New York, 2006.
- [3]. Harald Naunheimer (2011), “*Automotive transmissions*”, NXB. Springer New York, London, Heidelberg.
- [4]. Ulsoy A.G., Peng H., Cakmakci M. (2012), “*Automotive control systems*”, Cambridge University Press.
- [5]. Kiencke U., L. Nielsen, (2005). “*Automotive control systems for engine driveline and vehicle*”, Springer, Verlag, Berlin Heidelberg.
- [6]. Nguyễn Phùng Quang (2003), *Matlab & Simulink*, NXB. Khoa học Kỹ thuật, Hà Nội MathWorks, Using Simulink and Stateflow in Automotive applications. MathWorks, Inc, 1998.

NGHIÊN CỨU ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP TRỤC VỐT LỤC BÌNH KẾT KHỐI

STUDY ON SOLUTION FOR CLEANING THE WATER HYACINTH BLOCKS

Nguyễn Công Nguyên¹, Nguyễn Thị Kiều Hạnh², Lê Thanh Sơn^{1,3}, Phan Hoàng Long^{1,4},
Đoàn Xuân Chanh⁵, Nguyễn Tấn Tiến^{1,4}

¹DCSELab, Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh (ĐHQG-HCM)

²Khoa Cơ khí – Công nghệ, Trường Đại học Nông Lâm Thành phố Hồ Chí Minh

³Công ty Cổ phần Cơ khí Chế tạo máy Long An

⁴Khoa Cơ khí, Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh (ĐHQG-HCM)

⁵Công ty Cổ phần Cấp nước và Dịch vụ đô thị Vĩnh Hưng

TÓM TẮT

Thực trạng lục bình, cỏ dại phát triển nhanh chóng trên sông rạch tại Long An làm cho hệ thống giao thông đường kênh nội địa tắc nghẽn đặt ra nhu cầu cần có một giải pháp hiệu quả về mặt kinh tế – kỹ thuật để giải quyết các vấn đề này. Tiếp theo bài báo khảo sát về thực trạng lục bình [13], bài báo này đề xuất giải pháp khả thi cho yêu cầu thực tế này.

Từ khóa: Lục bình; Giải pháp xử lý lục bình kết khối; Mật độ lục bình.

ABSTRACT

The rapid growth of water hyacinths and weeds on rivers and canals in Long An province is causing congestion and blockage in the local inland waterway transportation system, which calls for an effective economic and technical solution to address these issues. Following the survey on the current situation of water hyacinths [13], this paper proposes a feasible solution to meet these practical requirements.

Keywords: Water hyacinth; Solution for water hyacinth block; Water weed harvester; Water hyacinth harvester.

1. TỔNG QUAN

Hiện nay, trên địa bàn tỉnh Long An đang gặp rất nhiều khó khăn trong công tác quản lý, kiểm soát tình hình lục bình kết khối xuất hiện trong hệ thống kênh rạch trên địa bàn tỉnh [13]. Tại Việt Nam, một số giải pháp được đề xuất và thực hiện trong nhiều năm trở lại đây như:

- Sử dụng nguồn lực nhân công lao động, vớt lục bình bằng các công cụ thô sơ: Giải pháp này mang lại hiệu quả vớt lục bình không cao, chỉ mang tính chất tuyên truyền, vận động.

- Phun thuốc diệt cỏ: Phương án này mang lại hiệu quả diệt lục bình cao so với chi

phí xử lý, tuy nhiên việc phun thuốc diệt cỏ để giải quyết lục bình lại mở ra một vấn đề mới về ô nhiễm môi trường, ảnh hưởng đến đời sống của người dân và đa dạng sinh thái.

- Vớt lục bình bằng máy xúc với gầu xúc được nâng cấp với khả năng vớt cao: Giải pháp vớt lục bình có năng suất vớt cao hơn việc vớt bằng tay, tuy nhiên khả năng di chuyển của tổ hợp máy không linh hoạt và chi phí vớt cao, từ đó dẫn đến hiệu quả kinh tế trên năng suất vớt không cao, gây hao phí.

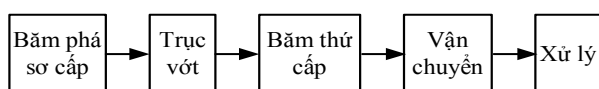
- Một số nghiên cứu đã được triển khai để chế tạo thiết bị trực vớt lục bình, tuy nhiên không hiệu quả về mặt kinh tế – kỹ thuật nên chưa được áp dụng vào thực tế [4], [5].

Tiếp theo, bài báo khảo sát thực trạng lục bình kết khối ở Long An. Bài báo này đề xuất giải pháp xử lý lục bình bằng phương tiện phá khối và vớt, ứng dụng cho địa hình kênh, rạch của tỉnh Long An với mật độ cao một cách hiệu quả, mang lại năng suất và hiệu quả kinh tế.

2. PHƯƠNG ÁN ĐỀ XUẤT XỬ LÝ LỤC BÌNH KẾT KHỐI

2.1. Quy trình xử lý lục bình

Quy trình xử lý lục bình là một quá trình kỹ thuật nhằm giảm thiểu lượng lục bình trôi nổi trên các kênh, rạch. Quy trình xử lý lục bình bao gồm nhiều bước khác nhau, tùy thuộc vào phương án xử lý được áp dụng. Qua quá trình nghiên cứu, quy trình hợp lý nhất đối với việc xử lý tình trạng lục bình kết khối, mang lại hiệu quả kinh tế – kỹ thuật.



Hình 1. Quy trình xử lý lục bình kết khối

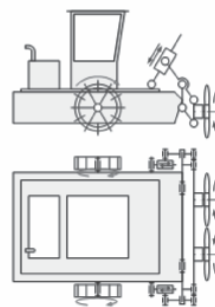
Các phương án xử lý lục bình kết khối đề xuất trong bài báo này đề cập đến các tổ hợp tàu trực vớt lục bình sử dụng tại các kênh, rạch có các mảng lục bình kết khối theo quy trình như Hình 1.

2.2. Sử dụng tổ hợp trực vớt gồm 2 tàu

Phương án này đề xuất tách biệt cụm bấm phá sơ cấp và cụm trực vớt trên hai thân tàu tách biệt với nhau. Tàu cắt phá lục bình sơ cấp mang nhiệm vụ phá vỡ các liên kết giữa các tảng lục bình, tạo điều kiện cho tàu trực vớt lục bình thực hiện chức năng vớt lục bình. Lục bình được vớt sẽ được vận chuyển sang máy cắt thái lục bình nhằm gia tăng tải trọng tải lục bình có thể chứa trên tàu. Lục bình trên tàu vớt sẽ được vận chuyển về bờ đến cơ sở xử lý.

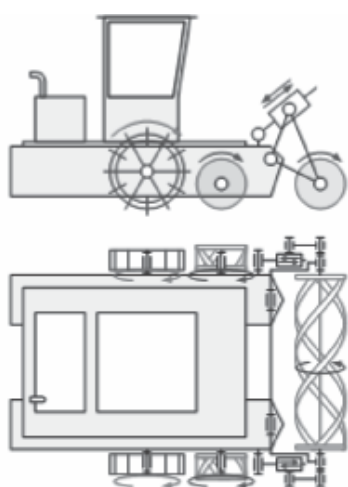
2.2.1. Thiết kế tàu bấm phá lục bình

Tàu bấm sơ cấp được thiết kế với hệ dao bấm phá sơ cấp đặt ở phía trước thân tàu, sử dụng phối hợp chuyển động tịnh tiến của tàu và chuyển động xoay của dao để bấm phá các khối lục bình kết mảng lớn và dạt ra hai bên. Tàu bấm phá sơ cấp có thể hoạt động độc lập so với tàu trực vớt lục bình. Tàu bấm phá lục bình sơ cấp có thể sử dụng làm thiết bị mở đường cho các phương tiện khác có thể di chuyển được trong điều kiện lục bình dày đặc. Tàu bấm sơ cấp đề xuất sử dụng các phương án:



Hình 2. Cơ cấu tàu bấm thân đơn dao cắt đĩa

Về thân tàu, có hai phương án thân tàu gồm thân đôi và thân đơn. Trong khi tàu thân đơn cho phép tối ưu khả năng nổi của thuyền và tăng cường tải trọng chứa trên thân thuyền, tàu thân đôi cho phép thuyền giảm cản nước và vận hành khi di chuyển trên mặt nước. Trong môi trường lực bình dày đặc như đã khảo sát, việc gia tăng tải trọng là chưa thật sự cần thiết nếu xét đến phương diện tàu khó có khả năng di chuyển được giữa các mảng lực bình kết khối cho dù đã được bám sơ cấp. Kết cấu tàu thân đôi cho phép tàu rẽ nước hiệu quả và đẩy lực bình về phía sau cho cụm tàu trực vớt.



Hình 3. Cơ cấu tàu bám sơ cấp thân đôi dao cắt trụ xoắn nghiêng

Về dao cắt, ta xét phương án dao cắt đĩa và dao cắt trụ. Dao cắt đĩa lệch tâm mang tính thông dụng và dễ gia công chế tạo. Trong quá trình sử dụng, một nửa thân dao được ngâm vào nước tác động cắt thái lên bộ phận rẽ kết khối của các mảng lực bình. Dao cắt trụ mặt khác tối ưu hơn trong vấn đề cắt thái khi yêu cầu năng lượng cắt nhỏ hơn, cho ra độ bền của dao cao hơn và hỗ trợ rẽ lực bình đã bám ra hai hướng nếu lắp hai bên dao ngược chiều nhau. Bên cạnh đó, loại dao lắp trụ có khả năng bố trí lắp ở hai bên thân, vừa cắt lực bình ở hai bên tàu vừa hỗ trợ lực di chuyển cho tàu.

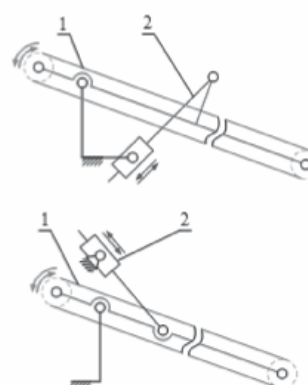
Với hai phương án trên, chọn phương án phối hợp giữa thân tàu đôi và dao cắt trụ cho khả năng di chuyển tối ưu giữa các mảng lực bình kết khối và mang lại hiệu suất cắt thái cao hơn, tạo tiền đề hỗ trợ cho thiết bị trực vớt các khối lực bình đã được bám sơ cấp.

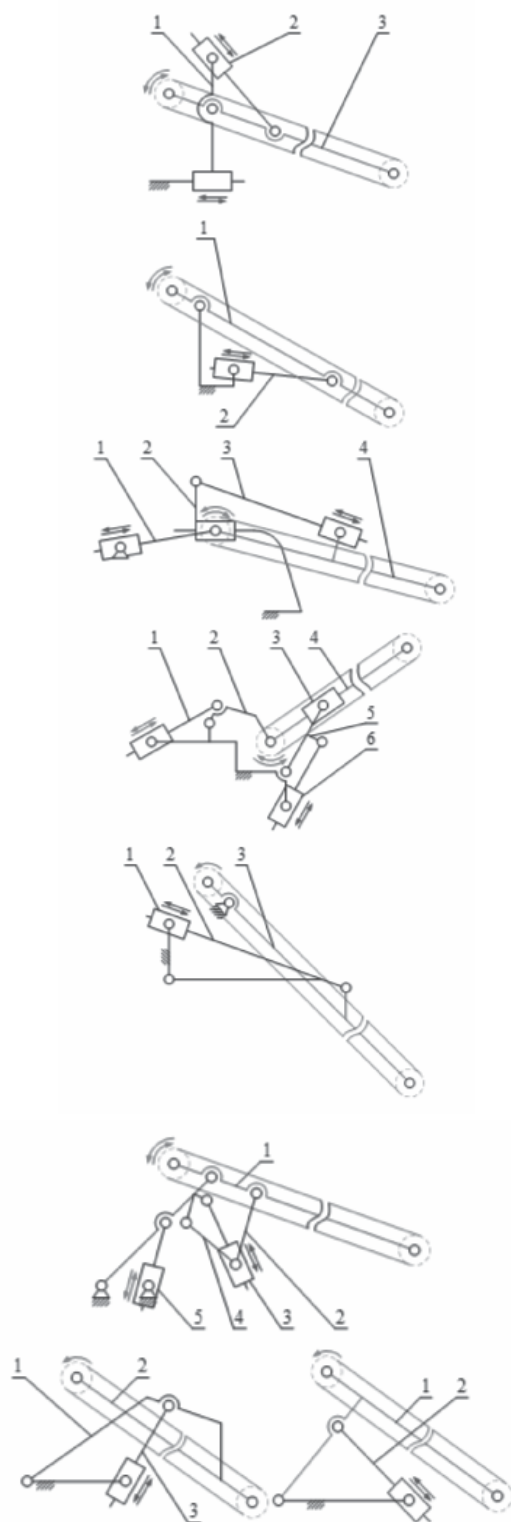
2.2.2. Thiết kế tàu trực vớt lực bình

Tàu vớt lực bình là một loại tàu được thiết kế để thu gom lực bình từ mặt nước để chuyển tải lên bờ. Tàu trực vớt hoạt động hiệu suất cao nhất trong điều kiện lực bình có mật độ ổn định. Trong nghiên cứu thiết kế sẽ thực hiện định hướng theo các module chức năng, cụ thể:

a. Module băng tải vớt lực bình

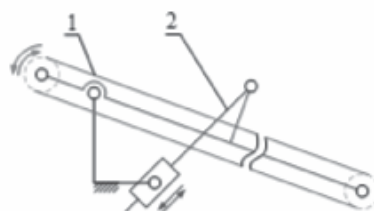
Có chức năng vớt lực bình lên khỏi mặt nước và tạo được một độ ổn định của lực bình trong khu vực vớt. Phương án thiết kế Module băng tải vớt đảm bảo công suất ~ 150 tấn/giờ, khối lượng < 1000 kg, công suất < 15 Hp, tuổi thọ thời gian dài, độ tin cậy khi làm việc liên tục thì là phương án băng tải với cơ cấu treo tạo góc vớt tốt nhất. Băng tải dạng lưới được lắp đặt trên khung truyền động bằng xích tải gắn với động cơ và có cơ cấu nâng hạ để điều chỉnh góc nghiêng khi làm việc. Để thực hiện các nhóm yêu cầu thiết kế nêu trên có mười phương án trình bày ở Hình 4.





Hình 4. Các phương án về cơ cấu đề xuất cho Module băng tải vớt

Với yêu cầu cụm băng tải vớt có thể điều chỉnh góc độ thông qua hệ thống nâng hạ để thuận tiện cho quá trình vớt cũng như quá trình di chuyển và sửa chữa kỹ thuật cho cụm. Kết quả phân tích nghiên cứu, đánh giá hiệu quả của các cơ cấu nâng hạ khung cụm vớt lực bình, cơ cấu thay đổi góc nghiêng khi thực hiện vớt lực bình tại Hình 5.

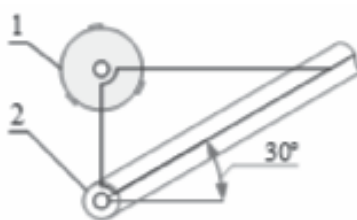


Hình 5. Phương án thay đổi góc nghiêng Module băng tải vớt

Phân tích nguyên lý của phương án: Băng tải trục vớt (1) được nối với xylanh thủy lực (2) để nâng hạ, với các khớp xoay được kết nối với giá là thân tàu. Băng tải được thiết kế có thể điều chỉnh góc nghiêng tùy theo trạng thái đối tượng lực bình trên mặt sông, chuyển vào bộ phận nối tiếp liền kề và nâng lên cao hơn so với mặt nước trong trường hợp di chuyển và bảo dưỡng.

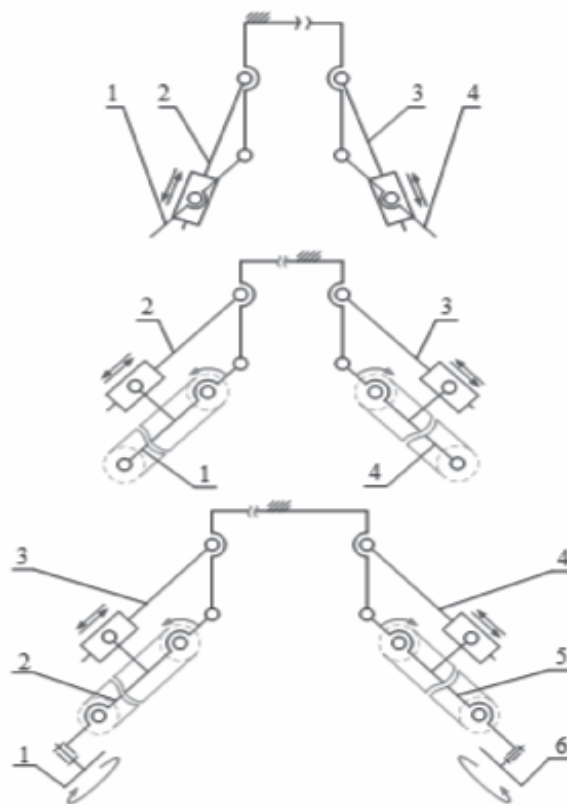
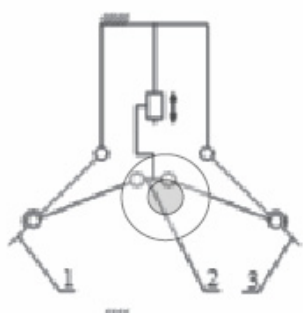
Yêu cầu lực bình đồng đều để thực hiện vớt đạt năng suất và ổn định trong điều kiện đa dạng của lực bình trên sông, theo phân tích thiết kế đề xuất một trống cung cấp liệu ở Hình 6. Căn cứ vào lý thuyết thái vật liệu dạng ống trụ dài, tiêu hao năng lượng thấp nhất trong nghiên cứu máy thái Vonga 5 [1] là dạng dao hình trụ xoắn nghiêng. Trên cơ sở đó, quá trình thiết kế phương án phá sơ bộ để cấp liệu được định hướng theo trống phá dạng trụ tròn xoắn thực hiện cắt phá lực bình cấp liệu. Theo phương án thiết kế, cánh dao mang biên dạng hình học xoắn khi tác dụng lên đối tượng lực bình tạo ra hiệu ứng phá kết khối từng phần,

quá trình hoạt động sẽ tạo ra được dòng chảy có tính định hướng ra hai phía hoặc hướng vào trong. Thực hiện điều chỉnh hướng nghiêng của dao thì cùng một trống dao có thể tạo ra được hiệu ứng hướng dòng vào giữa hoặc tách rời ra hai bên sau khi phá lực bình. Trong thiết kế sử dụng phương án hướng dòng vào giữa để hỗ trợ cho quá trình vớt của băng tải. Trống cung cấp (1) được lắp đặt trực tiếp trên khung của Module băng tải vớt (2). Trong thiết kế này, khi gặp vật cản không thể phá được trong điều kiện trực vớt thực tiễn như: gốc cây, rễ tre, các vật nổi có độ cứng không xác định, rác... thì cơ cấu trống phá có thể đảo chiều quay để hướng tổ hợp không mắc vào các dị vật.



Hình 6. Trống cung cấp tích hợp trên Module vớt lực bình

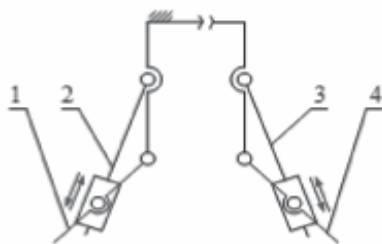
Để bổ sung hiệu quả của quá trình vớt, trong thiết kế sử dụng thêm cụm tay gom cũng được đề xuất thiết kế hỗ trợ cho quá trình vớt. Khi thiết kế, cơ cấu tay gom được tích hợp trên bộ khung của băng tải vớt, dự kiến tăng độ rộng khi làm việc lên 1,5 ~ 2 lần, để thực hiện yêu cầu này có thể sử dụng bốn phương án thiết kế ở Hình 7.



Hình 7. Các phương án về cơ cấu đề xuất cho cụm băng tải vớt lực bình

Kết quả nghiên cứu, phân tích và đánh giá thực tiễn, phương án tối ưu được trình bày ở Hình 8, đảm bảo được khả năng cứng vững, tính linh hoạt và giảm khối lượng cho Module vớt lực bình. Phân tích phương án này thì: tay gom (1), (4) được lắp đặt trên khung của Module vớt và điều chỉnh góc độ hoạt động thông qua hai xy lanh thủy lực (2, 3). Bề mặt tiếp xúc với lực bình được thiết kế với dạng mắt lưới nhằm giảm lực cản của nước sinh ra trong quá trình thu gom lực bình. Khả năng mở rộng chức năng của cụm tay gom trong thiết kế sẽ tích hợp băng tải xích, cụm dao cắt phân luồng để tăng dòng di chuyển lực bình hỗ trợ quá trình phá tảng lực bình kết khối.

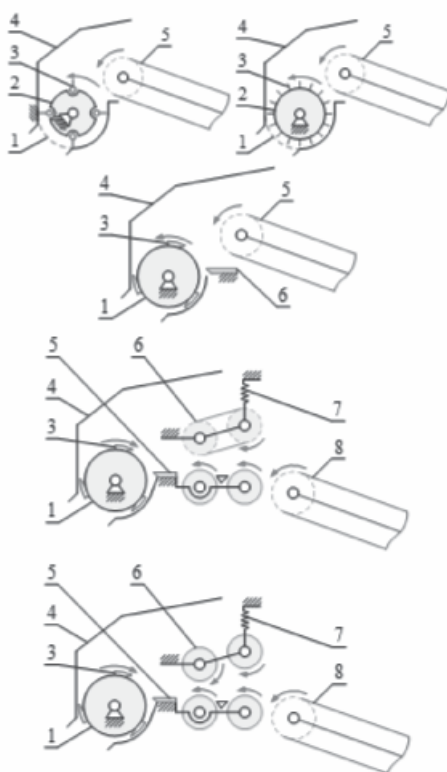




Hình 8. Cơ cấu tay gom lục bình

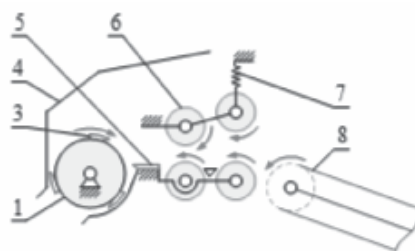
b. Module cắt thái lục bình thứ cấp

Module cắt thái lục bình thứ cấp là cụm công tác được bố trí liền kề với Module vớt lục bình, có chức năng xử lý, cắt thái lục bình đã vớt thành các mảnh nhỏ có kích thước $< 50\text{mm}$, năng suất thái đối với lục bình vớt lên 200 tấn/giờ, trọng lượng 400kg, công suất thái 25Hp. Để thực hiện yêu cầu này, có thể sử dụng năm phương án trình bày ở Hình 9.



Hình 9. Các phương án thiết kế cho Module cắt thái lục bình thứ cấp

Kết quả phân tích và đánh giá thực tiễn, phương án phù hợp cho thiết kế sẽ theo nguyên lý ở Hình 10, với phương án này đảm bảo được khả năng cắt thái, tiếp liệu định lượng để chất lượng thái đạt được kích thước vật thái thành phẩm $< 50\text{mm}$. Lục bình sau khi thái sẽ được tải về Module băng tải chứa và vận chuyển để chứa và tháo liệu lên hai bên bờ, tháo tải qua phương tiện chứa trung gian hoặc tháo tải tại vị trí tập kết.



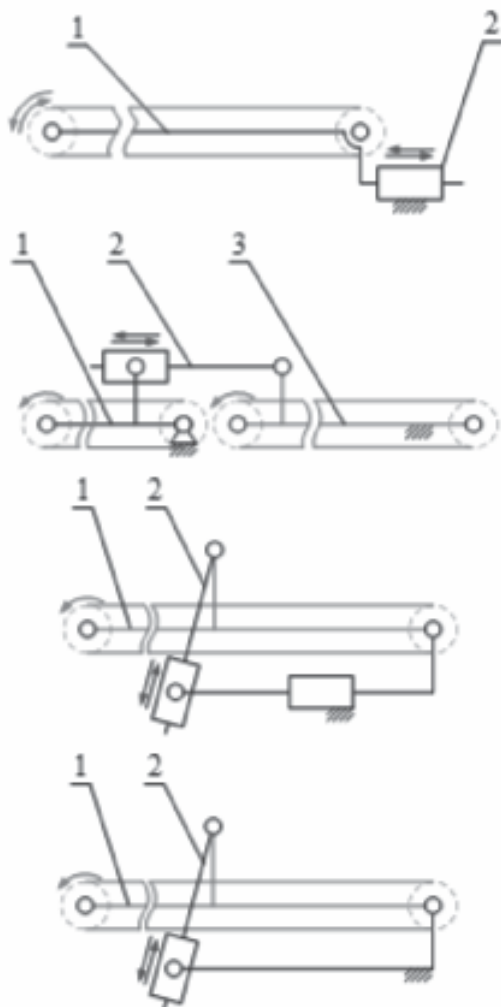
Hình 10. Thiết kế máy thái lục bình thứ cấp

Theo nguyên lý cắt thái có tám kê kết hợp với cấp liệu liên tục có định lượng, lục bình sau khi được vận chuyển lên bằng băng tải vớt (8) sẽ qua hệ thống cuộn ép bao gồm các rulo cuộn (6) để cung cấp vật liệu cho quá trình thái của trống thái xoắn (3) một cách đồng đều và liên tục, đồng thời quá trình cuộn ép sẽ khiến cho lục bình mất nước giúp thuận lợi hơn cho quá trình chứa. Trống dao xoắn phối hợp với tám kê (5) để cắt thái lục bình.

c. Module băng tải chứa và vận chuyển

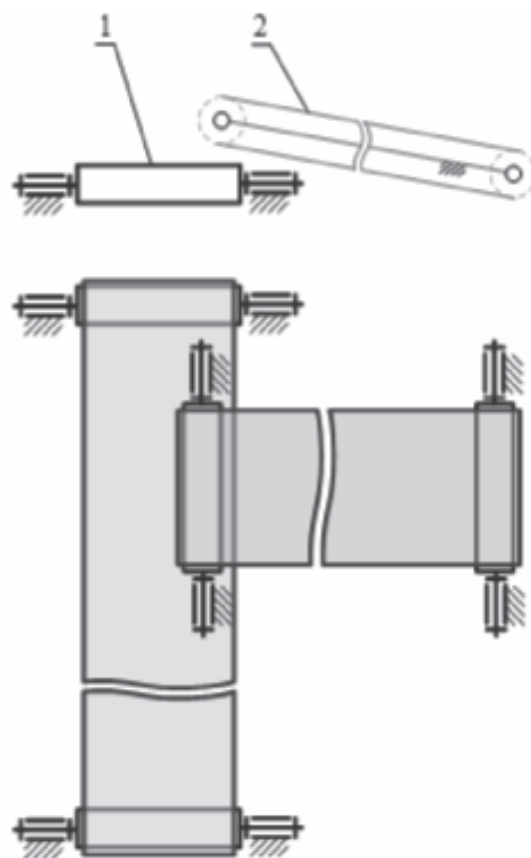
Module băng tải chứa và vận chuyển được thiết kế thực hiện chức năng chứa vật liệu sau khi thái và tháo liệu lên hai bên bờ, tháo tải qua phương tiện chứa trung gian hoặc tháo tải tại vị trí tập kết. Trong phân tích thiết kế yêu cầu các phương án đề xuất có khả năng chứa lục bình sau thái 100 tấn/giờ, công suất Module băng tải chứa và vận chuyển lục bình 30Hp, bố trí tối ưu không gian

trên diện tích hẹp. Đảm bảo các yêu cầu trên, có thể đề xuất bốn phương án thực hiện ở Hình 11.



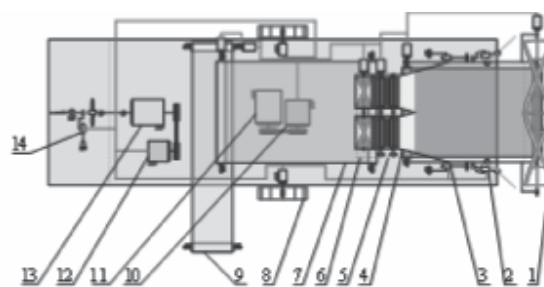
Hình 11. Nhóm phương án thiết kế Module băng tải chứa và vận chuyển

Phân tích và chọn phương án thiết kế cho Module băng tải chứa và vận chuyển được trình bày ở Hình 12. Trong phương án bao gồm: một thùng chứa (1) nằm nghiêng, cố định để tích trữ lực bình đã thái, lực bình được phân bố đều bên trong thùng chứa thông qua băng tải xích cào nằm dưới đáy thùng chứa, một băng tải cao su được bố trí nằm ngang (2) để thuận tiện cho quá trình thải liệu.



Hình 12. Thiết kế chọn cho Module băng tải chứa và vận chuyển

Phương án thiết kế bố trí chung cho tổ hợp tàu phá kết hợp trực vớt: Từ quá trình nghiên cứu, xây dựng phương án cho tàu vớt lục bình, phương án tổng thể phù hợp nhất với điều kiện kênh, rạch trên địa bàn tỉnh Long An đã được thể hiện bằng Hình 13.



Hình 13. Bố trí chung tổ hợp tàu phá kết hợp trực vớt

Phương án thiết kế có thể biến đổi theo thực trạng của các kênh khi vận hành. Phương án có thể tùy biến thay đổi theo nhu cầu trục vớt hoặc băm phá để mở đường do trong phương án đã thực hiện việc module hóa các cụm chức năng. Cụ thể, nếu muốn thay đổi máy phá lục bình thành máy vớt thì tích hợp thêm các module như: Băng tải vớt, Băng tải tháo liệu.

Phương án thiết kế triển khai sản phẩm theo module sẽ cho phép giải quyết được các bài toán thực tiễn với các kênh có bề rộng nhỏ hơn 20m, phát triển các tổ hợp vớt có công suất cao hơn, áp dụng cho các sông chính có bề rộng < 80m. Tốc độ di chuyển từ nơi neo đậu đến nơi công tác sẽ thực hiện di chuyển với vận tốc từ 12 km/h ~ 14 km/h. Tốc độ thực hiện trục vớt tối đa từ 2 km/h ~ 3 km/h trong điều kiện lục bình kết khối. Trong thực tiễn, với một ca làm việc thì quá trình xả liệu từ mặt nước lên bờ có thể chiếm từ 30% đến 35% thời gian làm việc của một ca và quá trình di chuyển không tải đến điểm tập kết từ 20% đến 25% tổng thời gian làm việc, vì vậy thực tế quá trình trục vớt phải có năng suất cao để bù vào các khoảng thời gian trống khi tổ hợp thực hiện công tác xả liệu lục bình.

Phương án trục vớt: trống phá của máy thực hiện đánh tan các tảng lục bình kết khối, sau đó băng tải sẽ thực hiện thu gom và chuyển về cụm thái và thùng chứa và được phóng lên hai bên bờ kênh. Thời gian làm việc của máy 2 ca/ngày, công nhân phục vụ là 2 công. Thời gian làm việc của máy vớt trong năm sẽ phụ thuộc vào nhu cầu xử lý thực tế.

3. KẾT LUẬN

Bài báo đề xuất nhóm các phương án, giải pháp định hướng giải quyết vấn đề lục bình kết khối đặc trong kênh, rạch và thông

thoáng dòng chảy trên sông lớn cấp nguồn chính. Phương án thiết kế tàu phá và tàu vớt kết hợp liên hoàn phù hợp với điều kiện làm việc khi lục bình trong kênh, rạch có kết khối đặc, phương án này còn có thể áp dụng cho sông cấp nguồn chính để thực hiện khai thông dòng chảy với bề rộng khai thông đến > 50m. Phương án thiết kế bố trí chung cho tổ hợp tàu phá kết hợp trục vớt theo đề xuất phù hợp với điều kiện lục bình trong kênh không có kết khối đặc, phù hợp với công tác thực hiện trục vớt thông thoáng kênh có bề rộng < 80m. Để có được phương án phù hợp và tối ưu cho từng địa hình làm việc của kênh, rạch thì cần nghiên cứu thực nghiệm đánh giá.

Lời cảm ơn:

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ Khoa học và Công nghệ trong khuôn khổ Đề tài mã số ĐTĐL.CN-26/21. Chúng tôi xin cảm ơn Phòng Thí nghiệm trọng điểm Điều khiển Số và Kỹ thuật Hệ thống, Trường Đại học Bách khoa và Công ty Cổ phần Cấp nước và Dịch vụ đô thị Vĩnh Hưng đã hỗ trợ thời gian, phương tiện và cơ sở vật chất cho nghiên cứu này. ❖

Ngày nhận bài: **22/8/2023**

Ngày phản biện: **05/9/2023**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. T.M.Vượng, N.T.M.Thuận; *Máy phục vụ chăn nuôi*. NXB. Giáo dục, 1999.
- [2]. С.В. МЕЛЬНИКОВ, МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ФЕРМ, КОЛОС, ЛЕНИНГРАД, 1978.
- [3]. C.N.Bắc, H.V.Chiến, V.Đ.Hải; *Giáo trình Cơ khí Nông nghiệp*, NXB. Nông nghiệp, 2008.
- [4]. Bùi Trung Thành; *Nghiên cứu thiết kế, chế tạo hệ thống máy, thiết bị cắt rong, cỏ dại, vớt bèo tây, rác thải nổi trong lòng kênh, mương, hồ*

- chứa nước. Báo cáo tổng kết đề tài cấp Nhà nước mã số KC 05-1/06-10, 2009.
- [5]. Nguyễn Thiên San; *Thiết kế máy vớt lục bình*. Luận văn đại học, Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh, 2017.
- [6]. Elliott R. Donnelley (180), *Aquatic Weed Cutter*. U.S. Patent 4196566.
- [7]. Mujingni Epse Cho, Jenette Tifuh, *Quantification of the Impacts of Water Hyacinth on Riparian Communities in Cameroon and Assessment of An Appropriate Method of Control: the Case of the Wouri River Basin*. World Maritime University Dissertations, 2012.
- [8]. Điệp C. N.,; *Phân lập vi sinh vật tổng hợp kích thích tăng trưởng (Phytohormone) và ứng dụng trong sản xuất nông nghiệp*, Tạp chí Nghiên cứu Khoa học, Trường Đại học Cần thơ, 2006.
- [9]. Elham A. Ghabbour; *Metal Binding by Humic Acids Isolated from Water Hyacinth Plants in the Nile Delta*, Egypt. Elsevier Publisher, 2004.
- [10]. Minh, D., *Phương pháp chủng nấm Trichoderma dùng xử lý chất thải hữu cơ*, Trường Đại học Cần thơ, Tài liệu nội bộ, 2006.
- [11]. Minh, D. và ctv; 2006; *Tác động của các chủng nấm đối kháng Trichoderma nội địa trong việc phòng trị*, Tạp chí Nghiên cứu Khoa học, Trường Đại học Cần thơ, 2006.
- [12]. Richard J. Cyr., Judith A. Jernstedt; 1988. *Root Contraction in Hyacinth. In Changes in Tubulin Levels, Microtubule Number and Orientation Associated with Differential Cell Expansion*, Planta, Springer-Verlag, 1988.
- [13]. Lê Phát Quới; *Nghiên cứu sản xuất phân hữu cơ từ lục bình*, Sở Khoa học và Công nghệ tỉnh Long An, 2011.
- [14]. Nguyễn Công Nguyên và cộng sự; *Nghiên cứu thực trạng lục bình kết khối tại huyện Vĩnh Hưng, tỉnh Long An*, Tạp chí Cơ khí Việt Nam.

NGHIÊN CỨU THUẬT TOÁN TÌM ĐƯỜNG ĐI TỐI ƯU CHO ROBOT CÓ KHẢ NĂNG TRÁNH VẬT CẢN TRONG MÔI TRƯỜNG BIẾT TRƯỚC

MOBILE ROBOT FAST PATH PLANNING ALGORITHM FOR OBSTACLE
AVOIDING IN KNOWN ENVIRONMEN

Nguyễn Văn Hưởng, TS. Nguyễn Trọng Doanh

Trường Cơ khí, Đại học Bách khoa Hà Nội

TÓM TẮT

Thiết lập đường đi cho robot di động có khả năng tránh vật cản là một trong những chủ đề thú vị của các nhà nghiên cứu trong quá khứ, cũng như ngày nay. Tuy nhiên, các công trình nghiên cứu trước đây chủ yếu tập trung vào việc tìm ra quãng đường ngắn nhất giữa vị trí ban đầu của robot và vị trí mục tiêu của robot trong môi trường biết trước. Con đường tối ưu của robot không chỉ phụ thuộc vào quãng đường đi ngắn nhất mà còn phụ thuộc vào tốc độ di chuyển của robot để đến được vị trí mục tiêu. Lập kế hoạch tìm đường đi tối ưu cho robot với một tốc độ giới hạn có thể cho phép robot di động đến mục tiêu trong khoảng thời gian nhanh nhất. Bài báo này đề xuất một thuật toán lập kế hoạch đường đi với thời gian di chuyển đến mục tiêu nhanh nhất.

Từ khóa: Robot di động; Thuật toán; Tránh vật cản; Lập kế hoạch đường đi.

ABSTRACT

The mobile robot path planning for avoiding obstacles is one of the most interesting researching topics. Actual research works concentrate to find the shortest path between the initial robot position and target position in known or dynamic environment. The optimal path depends not only on the shortest path, but also in speed of mobile robot to goal achieving. To find fast path planning with speed constrain can allow a mobile robot achieve target position in the shortest time. This paper proposed a new fast path planning algorithm for avoiding obstacles with the shortest time target achieving.

Keywords: Mobile Robot; Algorithm; Path Planning; Obstacle Avoidance.

1. TỔNG QUAN

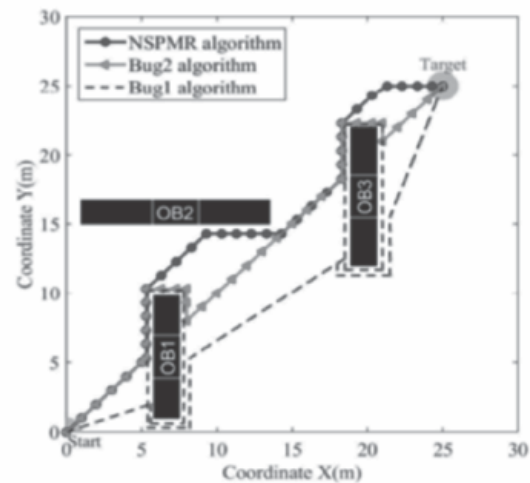
Tìm đường đi ngắn nhất và tối ưu nhất cho robot di động luôn là vấn đề nóng trong lĩnh vực điều khiển robot. Bài toán lập quỹ đạo di chuyển cho robot tự hành có thể chia làm hai dạng: bài toán toàn cục (global) và bài toán cục bộ (local). Trong bài toán toàn cục, môi trường làm việc của robot hoàn toàn đã biết, robot dựa vào đó để tìm quãng đường di chuyển sao cho đúng mục đích của người nghiên cứu. Trong bài toán cục bộ, môi trường làm việc của robot hoàn toàn chưa biết, đối với trường hợp này cần sử dụng đến các cảm biến gắn trên robot để tránh vật cản. Do vậy, thường có hai sự lựa chọn cho đề tài này:

- Một là, robot di chuyển trong môi trường đã biết.
- Hai là, robot di chuyển trong môi trường động hay môi trường không xác định.

Đã có rất nhiều các nghiên cứu liên quan đến thuật toán tìm đường đi tối ưu cho robot như: Thuật toán Dijkstra [7], Bug 1 [5, 7, 9], Bug 2 [5, 7, 9], Thuật toán theo dõi khoảng cách FGA [8], Thuật toán theo dõi khoảng cách thông minh IFGM [3], Thuật toán tìm đường ngẫu nhiên RRT [5, 11], Thuật toán A* [5, 8, 12, 14]. Các công trình nghiên cứu đều tập trung tìm đường đi ngắn nhất cho robot mà không chú ý đến tốc độ di chuyển. Các chương ngại vật có rất nhiều các hình dạng khác nhau, một số trường hợp rất dễ tìm đường như chữ U, chữ H, hình chữ nhật, tam giác. Tuy nhiên, việc tìm đường mất rất nhiều thời gian và không phải con đường tối ưu.

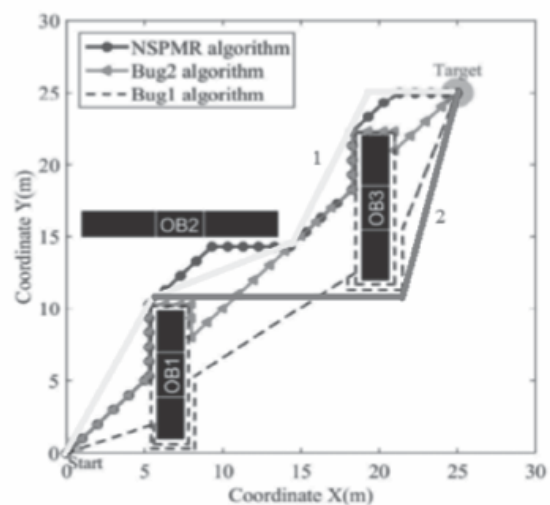
Dựa trên thuật toán phân tích đường đi toàn cục cho robot [9], thuật toán của tác giả Lê Xuân Hải cho kết quả tốt hơn so với hai thuật

toán cổ điển Bug1 và Bug2.



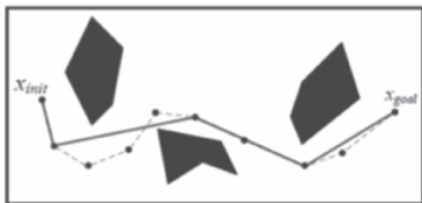
Hình 1.1. Kết quả đường đi của thuật toán NSPMR

Tuy nhiên đây vẫn chưa phải con đường đi ngắn nhất và thời gian đến đích ngắn nhất. Vẫn còn con đường đi tối ưu hơn khi xét đến vận tốc của robot. Đường số 1 màu vàng gồm 4 đoạn thẳng và 3 đoạn cua, đường số 2 gồm 3 đoạn thẳng và 2 đoạn cua. Có thể thấy rằng đường màu vàng có quãng đường di chuyển ngắn hơn tuy nhiên khi xét đến vận tốc chạy của robot thì đường màu đỏ lại có thời gian di chuyển đến đích là nhanh hơn.



Hình 1.2. Đề xuất đường đi mới 1

Dựa vào thuật toán RRT*, Qi và các cộng sự [11] đã thực hiện một số sửa đổi và đã đạt được một kết quả tốt hơn.



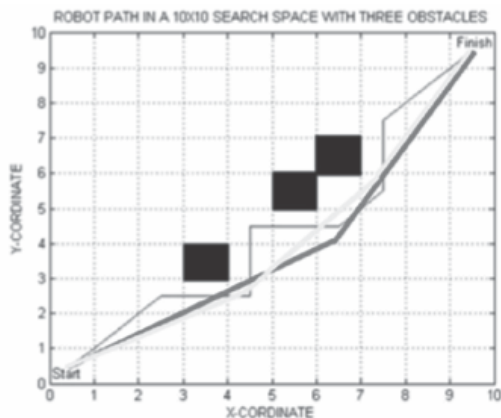
Hình 1.3. Kết quả đường đi của thuật toán RRT*

Việc tìm kiếm đường đi được tối ưu hóa bằng thuật toán MOD-RRT* ngắn hơn so với thuật toán RRT ban đầu. Tuy nhiên vẫn còn các giải pháp tốt hơn như đường màu vàng và đỏ trong hình dưới.



Hình 1.4. Đề xuất đường đi mới 2

Tương tự đối với thuật toán PSO của Adamu và các cộng sự [2], ta có thể tìm được con đường đi tối ưu hơn.



Hình 1.5. Đề xuất đường đi mới 3

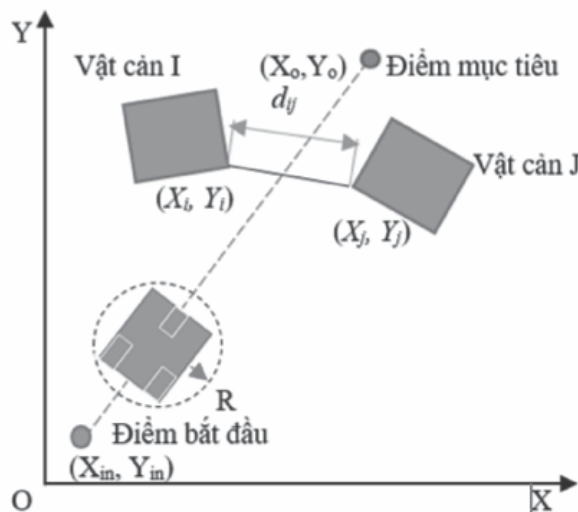
Việc xét đến tốc độ của robot là một yếu tố quan trọng để giảm thiểu thời gian di chuyển tới đích. Bài báo này sẽ xây dựng một thuật toán mới giúp robot di chuyển đến đích nhanh nhất, robot sẽ di chuyển với tốc độ tối đa ở các cung đường thẳng và sẽ di chuyển với vận tốc bằng 70% vận tốc tối đa ở các cung đường cua.

2. ĐỀ XUẤT THUẬT TOÁN TÌM ĐƯỜNG ĐI TỐI ƯU MỚI

2.1. Cơ sở lý thuyết

Thuật toán tránh vật cản với thời gian di chuyển nhanh nhất được giả thuyết như sau:

- Bề mặt phẳng, không trượt;
- Môi trường làm việc đã biết;
- Vị trí, hình dạng của chướng ngại vật xác định;
- Kích thước của robot được xác định bằng hình tròn có bán kính đã biết;
- Tốc độ di chuyển tối đa và tốc độ góc đã biết.



Hình 2.1. Mô hình hóa hệ thống

Đường đi tối ưu nhất là đường thẳng nối điểm ban đầu và điểm mục tiêu. Do đó,

khoảng cách giữa hai vật cản là yếu tố quan trọng quyết định xem robot có thể đi qua giữa các chướng ngại vật hay không. Nếu khoảng cách giữa hai chướng ngại vật lớn hơn hai lần bán kính của robot thì cho phép robot di chuyển qua các chướng ngại vật.

Khoảng cách hay khoảng cách nhỏ nhất giữa hai chướng ngại vật được xác định bằng công thức:

$$d_{ij} = \sqrt{(X_i - X_j)^2 + (Y_i - Y_j)^2} \quad (1)$$

$$2R < d_{ij} \quad (2)$$

Phương trình đường mục tiêu (là đường thẳng nối từ điểm bắt đầu đến điểm kết thúc):

$$Y = \frac{Y_o - Y_{in}}{X_o - X_{in}} X + b \quad (3)$$

Phương trình tiếp tuyến từ một điểm đến các điểm đầu mút của vật cản được bao bởi đường tròn có bán kính R tính từ tâm của robot:

$$Y_i = \frac{Y_o - Y_{iobs}}{X_o - X_{iobs}} X_i + b_i \quad (4)$$

2.2. Sơ đồ khối thuật toán

Thuật toán tìm đường di chuyển tối ưu được thực hiện như sau:

- Bước 1: Thiết lập bản đồ, xác định số vật cản trong môi trường làm việc (N_0), xác định điểm bắt đầu (init_point) và điểm kết thúc (final_point).

- Bước 2: Xác định phương trình đường thẳng từ điểm bắt đầu và điểm kết thúc (đường mục tiêu Y).

- Bước 3: Giải quyết bài toán:

- ▶ Trường hợp 1: Không có vật cản ($N_0 = 0$) => Đường tối ưu nhất là đường thẳng đi qua điểm bắt đầu và điểm kết thúc.

- ▶ Trường hợp 2: Có N là số vật cản ($N_0 = N$).

Kiểm tra xem đường mục tiêu có cắt vật cản không và tính khoảng cách nhỏ nhất từ vật cản đến đường mục tiêu. Nếu đường mục tiêu không cắt vật cản và khoảng cách nhỏ nhất từ vật cản đến đường mục tiêu lớn hơn R thì đường đi tối ưu là đường mục tiêu Y. Ngược lại, nếu đường mục tiêu cắt vật cản hoặc khoảng cách nhỏ nhất từ vật cản đến đường mục tiêu:

- Xác định các đường tròn tâm I bán kính ($R + 0.1R$); trong đó I là đỉnh các đầu mút của vật cản, R là bán kính của robot; 0.1R là hệ số an toàn.

- Tạo danh sách các tiếp điểm; trong đó ls_init là danh sách các tiếp điểm kể từ điểm bắt đầu đến đường tròn tâm I; ls_final là danh sách các tiếp điểm kể từ điểm kết thúc đến đường tròn tâm I.

- Lưu các tiếp điểm p_1 vào ls_init với p_1 thỏa mãn điều kiện: Đoạn thẳng (init_point; p_1) không cắt bất kỳ vật cản nào và đường thẳng này không cắt bất kỳ cạnh nào đối với vật cản đang xét.

- Lưu các tiếp điểm p_2 vào ls_final với p_2 thỏa mãn điều kiện: Đoạn thẳng (final_point; p_2) không cắt bất kỳ vật cản nào và đường thẳng này không cắt bất kỳ cạnh nào đối với vật cản đang xét.

- Xác định giao điểm (intersec_point) giữa hai đường thẳng (init_point; p_1) với (final_point; p_2).



+ Nếu tồn tại giao điểm (intersec_point) thỏa mãn điều kiện: Đoạn thẳng (init_point; intersec_point) không cắt vật cản nào và khoảng cách từ đoạn thẳng này đến vật cản lớn hơn R; đồng thời đoạn thẳng (final_point; intersec_point) không cắt vật cản nào và khoảng cách từ đoạn thẳng này đến vật cản lớn hơn R.

+ Tính khoảng cách từ init_point đến điểm giao và điểm final_point (distance_path).

+ Tính khoảng cách từ điểm init_point tới P_1 + khoảng cách p_1 tới p_2 + khoảng cách từ p_2 tới final_point (distance_over_tangent_point).

+ Nếu $distance_path - distance_over_tangent_point \leq 6R$ thì thêm intersec_point vào danh sách ls_tangent_p và ngược lại.

- ls_tangent > 0 thì:

+ Tính toán quãng đường di chuyển.

+ Tính thời gian di chuyển với giả thiết đến khúc cua vận tốc di chuyển của robot bằng 70% vận tốc tối đa khi di chuyển trên đoạn thẳng.

$$v = v_{\max}(1 - 0.7\cos\alpha)$$

Trong đó, α là góc quay của robot.

+ So sánh thời gian di chuyển và chọn quãng đường di chuyển có thời gian ngắn nhất.

- Nếu ls_tangent = 0 thì:

+ Xác định $p_{1_tangent}$, $p_{2_tangent}$ lần lượt là tiếp điểm giữa hai đường tròn có tiếp điểm trong danh sách của ls_init và ls_final.

+ Xác định p_{1_new} là giao điểm của hai đường thẳng (init_point; p_1) và ($p_{1_tangent}$, $p_{2_tangent}$).

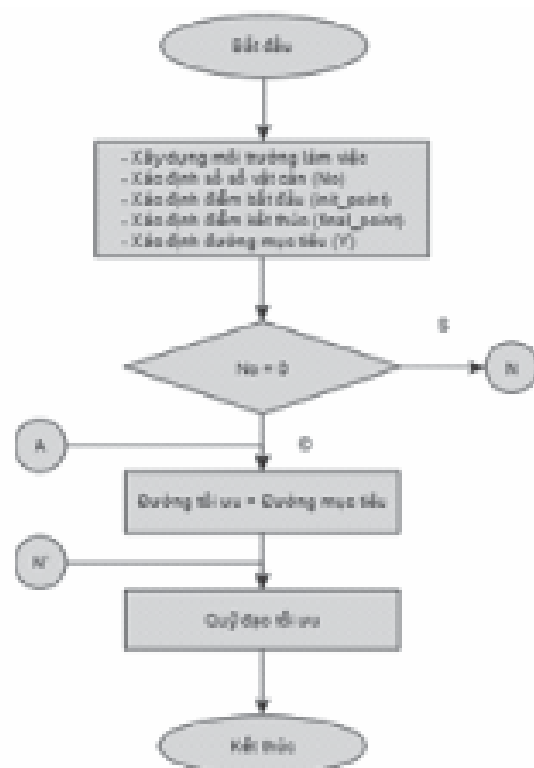
+ Xác định p_{2_new} là giao điểm của hai đường thẳng (final_point; p_2) và ($p_{1_tangent}$, $p_{2_tangent}$).

Đoạn thẳng (p_{1_new} ; p_{2_new}) thỏa mãn điều kiện: Không cắt bất kỳ vật cản nào và khoảng cách giữa đoạn thẳng này so với vật cản phải lớn hơn R).

+ Tính khoảng cách từ điểm init point tới p_{1_new} + khoảng cách p_{1_new} tới p_{2_new} + khoảng cách từ p_{2_new} tới final point.

+ Tính thời gian di chuyển.

+ So sánh thời gian di chuyển và chọn quãng đường di chuyển có thời gian ngắn nhất.





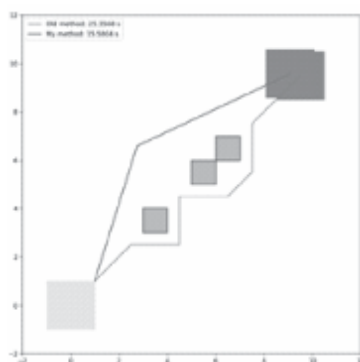
Hình 2.2. Sơ đồ khối của thuật toán

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Tiến hành mô phỏng thuật toán với các thông số đầu vào như sau:

- Bán kính của robot: $R = 1$;
- Vận tốc max: $v_{\max} = 1$;
- Vận tốc khúc cua $v = 70\%v_{\max}$.

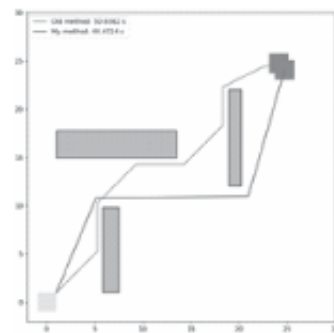
❖ Đối với thuật toán PSO của Adamu và các cộng sự:



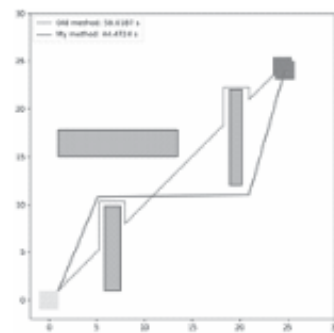
Hình 2.3. Kết quả đường đi so với PSO

⇒ Thuật toán đưa ra quãng đường đi chỉ với 1 khúc cua, trong khi thuật toán PSO đưa ra quãng đường di chuyển với 6 khúc cua, điều đó dẫn đến thời gian di chuyển của thuật toán mới là 15.6s còn thuật toán PSO di chuyển với thời gian 25.4s.

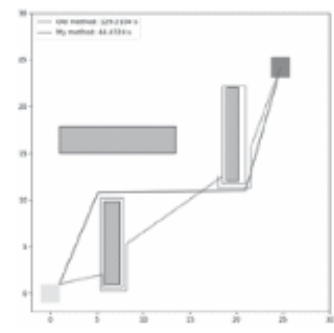
Đối với thuật toán NSPRM của Lê Xuân Hải và các cộng sự:



Thuật toán NSPRM



Thuật toán Bug1



Thuật toán Bug2

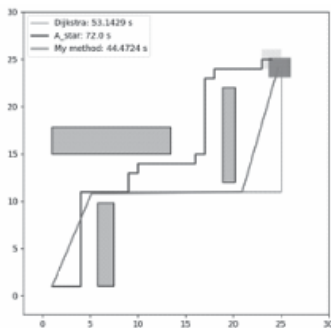
Hình 2.4. Kết quả đường đi so với NSPRM, Bug1, Bug2

Ta có bảng so sánh các thuật toán như sau:

Bảng 1.1. Bảng so sánh thời gian di chuyển giữa các thuật toán

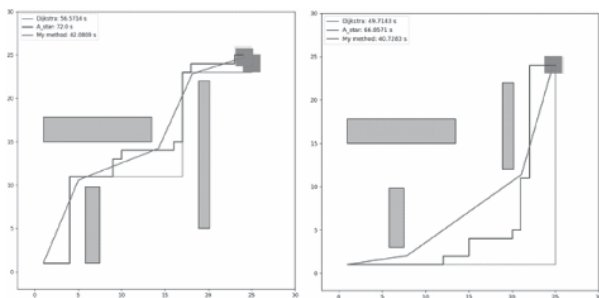
Thuật toán	My method	NSPRM	Bug2	Bug1
Thời gian (s)	45.5	50.7	58	129.2

Bên cạnh đó, tôi cũng thực hiện so sánh thuật toán của mình với các thuật toán cổ điển như A start, Dijkstra và đều thu được kết quả tốt hơn:



Hình 2.5. Kết quả đường đi so với thuật toán A và Dijkstra*

Một số trường hợp khác của thuật toán:



Hình 2.6. Một số trường hợp tìm đường khác

4. KẾT LUẬN

Thuật toán mới tìm đường đi tối ưu cho robot mang một ý tưởng mới mẻ, sử dụng hình học để giải quyết bài toán. Và kết quả của thuật

toán này luôn cho thời gian di chuyển tốt hơn so với các thuật toán cổ điển trước đây như A*, RRT, Bug1, Bug2.... Ta có thể áp dụng thuật toán này vào các công việc của đời sống hàng ngày rất hiệu quả, đặc biệt là trong chiến đấu và tác chiến điện tử khi yêu cầu cần thời gian di chuyển đến đích nhanh nhất từ các đơn vị chỉ huy.

Lời cảm ơn:

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Cơ khí. Tác giả xin cảm ơn Trường Cơ khí, Đại học Bách Khoa Hà Nội đã hỗ trợ thời gian và cơ sở vật chất cho nghiên cứu này. ❖

Ngày nhận bài: **15/9/2023**

Ngày phản biện: **09/10/2023**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. P.I. Adamu, H.I. Okabue, P.E. Oguntunde, *Fast and Optimal Path Planning Algorithm for a Mobile Robot*, *Wireless Personal Communications*, Springer online published 14 february 2019 44.
- [2]. M. Basavanna, M. Shivakumar, *An Overview of Path Planning and Obstacle Avoidance Algorithm in Mobile Robot*, *IJERT* 81S120252, Vo. 8, I. 12, 2019, p 478-482.
- [3]. R. Tirumalapudi, R. Vedaraj, *A New Shortest Path Planning Algorithm For Mobile Robot Navigation In Known Terrain*, *IJSTR*, Vo 9, Is.03, 2020, pp 1044-1047.
- [4]. A. Janis, A. Bade, *Path Planning Algorithm in Complex Environment: A Survey*, *Transaction on Science and Technology*, 2016, Vo. 3, Is.1, pp31-40.
- [5]. Hoc Thai Nguyen, Hai Xuan Le, *Path Planning and Obstacle Avoidance Approaches for Mobile Robot*, *IJCSI*, Vo.13, Is. 4, July 2016, p 1-10.
- [6]. J. Qi, H. Yang, H. Sun, *MOD_RRT*: A Sampling-based algorithm for robot path planning in dynamic environment*, *IEEE Transaction on Industrial Electronics*.
- [7]. F. A Raheem, M. I. Abdulkareem, *Development of A* Algorithm for robot path planning based on modified probabilistic roadmap and artificial potential field*, *Journal of Engineering Science and Technology*, Taylor's University, Vo. 15.No. 5, 2020, p. 3034-3054.

THIẾT KẾ THIẾT BỊ GẤP CÁNH ĐUÔI ĐỘNG CƠ TRONG QUÁ TRÌNH BẢO DƯỠNG, SỬA CHỮA ĐẠN PHẢN LỰC 9M-22Y

DESIGNING THE TAIL ENGINE FOLDING DEVICE FOR THE MAINTENANCE AND REPAIR OF THE 9M-22Y JET ENGINE

ThS. Nguyễn Văn Cương, ThS. Nguyễn Quang Huy
Học viện Kỹ thuật Quân sự

TÓM TẮT

Đề tài "Nghiên cứu thiết kế thiết bị gấp cánh đuôi động cơ trong quá trình bảo dưỡng, sửa chữa đạn phản lực 9M-22Y theo nguyên lý cam" nhấn mạnh vào việc phát triển một thiết bị chuyên dụng để thực hiện thao tác gấp cánh đuôi động cơ trên đạn phản lực 9M-22Y trong quá trình bảo dưỡng và sửa chữa nhằm cải thiện hiệu suất và an toàn trong quá trình bảo dưỡng. Đây là một đề tài có ý nghĩa lý thuyết và thực tiễn cao, mang lại sự tiện lợi và đảm bảo tính toàn vẹn của đạn phản lực trong quá trình bảo quản sử dụng.

Từ khoá: Thiết bị gấp cánh; Sửa chữa đạn phản lực; Nguyên lý cam.

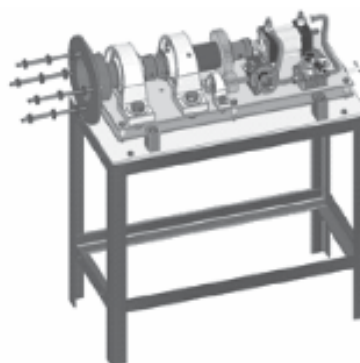
ABSTRACT

The research topic "Design of a cam-based tail engine wing-folding device for maintenance and repair of 9M-22Y jet engines" emphasizes the development of a specialized device for performing the task of folding the tail engine wings on the 9M-22Y jet engine during maintenance and repair. This operation is currently carried out manually or through makeshift equipment, leading to issues such as labor accidents and damage to the engine's tail wings.

Keywords: Wing folding device; Jet engine maintenance; Cam principle.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong quá trình bảo dưỡng và sửa chữa động cơ đạn phản lực 9M-22Y, việc gấp cánh đuôi động cơ hiện đang thực hiện thủ công hoặc qua các thiết bị tự chế. Điều này gây ra vấn đề về độ chính xác, an toàn, và thời gian. Vì vậy, việc phát triển một thiết bị tự động dựa trên nguyên lý cam và khí nén để hỗ trợ quá trình này trở nên quan trọng. Thiết bị này giúp nâng cao hiệu quả, an toàn, và sự sẵn sàng của động cơ, đồng thời giảm nguy cơ hỏng hóc và tai nạn lao động [1, 3].



Hình 1. Thiết bị gấp cánh đuôi động cơ đạn phản lực 9M-22Y

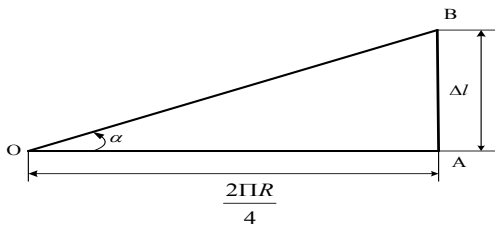
2. THIẾT BỊ GẬP CÁNH ĐUÔI ĐỘNG CƠ TRONG QUÁ TRÌNH BẢO DƯỠNG, SỬA CHỮA ĐẠN PHẢN LỰC 9M-22Y

2.1. Xác định độ nghiêng rãnh cam, bán kính ống rãnh cam

Mối quan hệ giữa góc nghiêng của rãnh cam α , bán kính ống rãnh cam R và hành trình chuyển động tịnh tiến của cánh Δl được thể hiện trong hình 2.

Từ hình 2, ta xác định được:

$$\tan \alpha = \frac{AB}{OA} = \frac{4\Delta l}{2\pi R} \Rightarrow \alpha = \arctan\left(\frac{2\Delta l}{\pi R}\right) \quad (2.1)$$



Hình 2. Mối quan hệ độ nghiêng rãnh cam và bán kính ống rãnh cam

Từ công thức 2.1, ta lập được bảng giá trị mối quan hệ giữa α , R như bảng 2.1, ta chọn góc $\alpha \approx 10^\circ$, $R = 25\text{mm}$.

Bảng 2. 1. Giá trị mối quan hệ giữa α , R

STT	α (độ)	R (mm)	STT	α (độ)	R (mm)
1	41.7	5	4	12.5	20*
2	24	10	5	10	25**
3	16.5	15*	6	8.4	30

2.2. Xây dựng mô hình tính toán và tính toán lực đẩy pittong

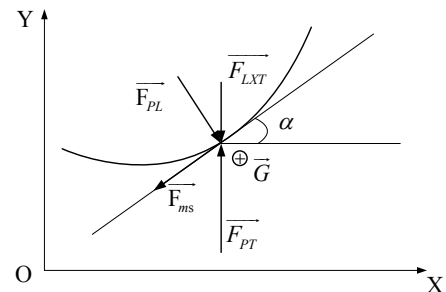
Xét cơ hệ gồm chi tiết dẫn hướng dạng cam và trục pittong.

Ta ký hiệu: $\vec{F}_{PT}$ là lực đẩy của pittong; $\vec{F}_{LXT}$ là lực lò xo dọc; $\vec{F}_{MS}$ là lực ma sát; $\vec{G}$ là trọng lực; $\vec{F}_{PL}$ là phản lực rãnh cam; α là góc nghiêng của rãnh cam; Δl là hành trình chuyển động tịnh tiến của cánh; θ là góc quay của cánh quanh trục của nó; R là bán kính ống rãnh cam; μ là hệ số ma sát.

Các lực tác dụng lên trục pittong được thể hiện như trong hình 3.

$$\vec{F} = \vec{F}_{PT} + \vec{F}_{LXT} + \vec{F}_{MS} + \vec{F}_{PL} + \vec{G} \quad (2.2)$$

Gọi $\vec{F}_T = \vec{F}_{PT} + \vec{F}_{LXT}$, $\vec{F}_T$ được phân tích thành hai thành phần. Một là lực theo phương vuông góc với tiếp tuyến của rãnh cam tại vị trí xét, tạo ra lực ma sát ($\vec{F}_{MS}$) cản trở chuyển động của pittong. Hai là lực trùng với tiếp tuyến của rãnh cam tại vị trí xét, tạo ra lực làm pittong chuyển động tịnh tiến về phía trước [2, 4, 5].



Hình 3. Sơ đồ lực tác dụng lên trục pittong

Khi đó, ta có:

$$\vec{F} = \vec{F}_T + \vec{F}_{MS} + \vec{F}_{PL} + \vec{G} \quad (2.4)$$

Xét công thức (2.4) trên phương chuyển động của chất điểm, ta có:

$$F = F_T \cdot \sin \alpha - F_T \cdot \cos \alpha \cdot \mu \quad (2.5)$$

Các momen tác dụng lên cánh động cơ:

Momen do lò xo $\vec{M}_{LX}$; Momen do thành phần

tiếp tuyến của lực đẩy $\vec{M}_T$.

Ta có: $\vec{M} = \vec{M}_{LX} + \vec{M}_T$

Xét trên chiều quay của cánh, ta có:

$$M = M_T - M_{LX}$$

Trong đó:

$$M_T = F_{TC} \cdot \Delta l_c = \frac{F_T \cdot \sin \alpha \cdot R}{\Delta l_c + R} \cdot \Delta l_c \quad (2.6)$$

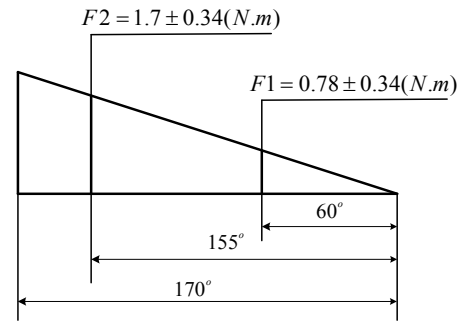
F_{TC} là lực từ vòng bi tỷ lên cánh, Δl_c là khoảng cách từ vị trí tiếp xúc của vòng bi.

Từ (2.5) và (2.6), ta có điều kiện để cơ cấu hoạt động là:

$$\begin{cases} \sin \alpha > \cos \alpha \cdot \mu \\ F_{PT} > M_{LX} \cdot \frac{\Delta l_c + R}{\Delta l_c \cdot R \cdot \sin \alpha} + F_{LXT} \end{cases} \quad (2.7)$$

Ta thấy F_{PT} đạt giá trị max khi Δl_c đạt giá trị min (với $\Delta l_c = 15 \div 70$ mm).

Thông số đầu vào là $\alpha = 10^\circ$, $R = 25$ (mm), $\Delta l_c = 15$ (mm), $\mu = 0.07$, F_{LXT} (Max) = 1400 (N), M_{LX} được thể hiện theo hình 4. M_{LX} (Max) = 2,04 (Nm). Điều kiện hoạt động của cơ cấu là:



Hình 4. Sơ đồ lực lò xo

$$\begin{cases} \sin \alpha > \cos \alpha \cdot \mu = 0.17 > 0.069 \\ F_{PT} > 4 \cdot M_{LX} \cdot \frac{\Delta l_c + R}{\Delta l_c \cdot R \cdot \sin \alpha} + F_{LXT} \approx 6353 (N) \end{cases}$$

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Khảo sát với R từ 15 mm đến 30 mm, ta thấy với góc $\alpha = 10^\circ$, $R = 25$ (mm), không xảy ra hiện tượng tự hãm, dễ chế tạo. Lực đẩy đạt mức 6353 (N), là một giá trị tương đối lớn. Phương án nghiên cứu và đưa ra được góc nghiêng rãnh xoắn và bán kính tối ưu, tuy nhiên lực đẩy cần cung cấp là khá lớn, không phù hợp trong điều kiện thực tế. ❖

Ngày nhận bài: 10/9/2023

Ngày phản biện: 22/10/2023

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Phan Hữu Phùng; “Kỹ thuật máy bay”.
- [2]. Đào Văn Phát; “Công nghệ chế tạo máy”.
- [3]. N. T. Domotenko, A. S. Kravets “Aircraft powerplants. Systems and components”.
- [4]. S. R. Majumdar; “Pneumatic Systems Handbook”.
- [5]. Neil Sclater and Nicholas P. Chironis, “Mechanisms and Mechanical Devices Sourcebook”.

NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM VỀ ẢNH HƯỞNG CÁC THÔNG SỐ CÔNG NGHỆ IN 3D KIM LOẠI ĐẾN CHẤT LƯỢNG SẢN PHẨM IN

EXPERIMENTAL RESEARCH ON THE EFFECT OF 3D PRINTING PROCESS PARAMETERS TO THE PRINTED PART QUALITY

Nguyễn Thái Sơn¹, Trần Ngọc Hiền²

¹Trung tâm Khoa học Công nghệ Giao thông Vận tải, Trường Đại học Giao thông Vận tải

²Khoa Cơ khí, Trường Đại học Giao thông Vận tải

TÓM TẮT

In 3D cho phép tạo các sản phẩm chuyên dụng đã và đang được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực. Nghiên cứu bộ thông số công nghệ in tới chất lượng sản phẩm in là rất cần thiết. Bài báo trình bày các kết quả nghiên cứu thực nghiệm của phương pháp in bồi đắp lắng đọng (FDM) sử dụng rô bốt hàn. Các mô hình toán thể hiện mối liên hệ giữa chế độ in khi in vật liệu hợp kim Titan với độ nhám bề mặt, độ cứng của mẫu in đã được thiết lập. Các kết quả thực nghiệm cho thấy các giá trị độ nhám bề mặt và độ cứng của các mẫu in nằm trong giới hạn cơ tính của vật liệu hợp kim Titan. Kết quả nghiên cứu là cơ sở để lựa chọn các bộ thông số công nghệ hợp lý khi in 3D đối với các vật liệu khó gia công.

Từ khóa: Mô hình hoá bồi đắp lắng đọng; In 3D; Thông số công nghệ in; Nhám bề mặt; Độ cứng.

ABSTRACT

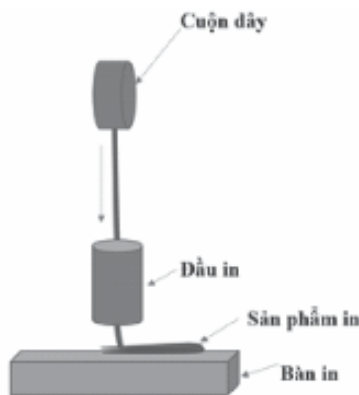
3D printing allows creating specialized products that have been applied in many fields. Research on the set of printing parameters to determine the quality of printed products is necessity. This article presents the results of experimental research on the fused deposition modelling (FDM) using the welding robot. Mathematical models showing the relationship between the printing parameters when printing Titanium alloy material and the surface roughness, and the hardness of the printed sample have been established. Experimental results show that the surface roughness and hardness values of the printed samples are within the mechanical properties limit of Titanium alloy material. The research results are the basis for choosing appropriate technological parameter sets when 3D printing difficult-to-process materials.

Keywords: Fused deposition modelling; 3D printing; Printing process parameters; Surface roughness; Hardness.

1. IN 3D KIM LOẠI VÀ BỘ THÔNG SỐ CÔNG NGHỆ

1.1. In 3D kim loại sử dụng robot hàn

Sản xuất bồi đắp (Additive Manufacturing – AM) hay in 3D đã được áp dụng thành công cho nhiều lĩnh vực bao gồm thời trang, hàng không vũ trụ, hàng không và quốc phòng, y tế và xây dựng [1]. Mặc dù gần đây sự phát triển cho thấy việc sử dụng ngày càng tăng các hệ thống AM để chế tạo các cấu trúc quy mô lớn. Phương pháp in mô hình hoá bồi đắp lắng đọng – FDM được thể hiện trên Hình 1.



Hình 1. Phương pháp in mô hình hoá bồi đắp lắng đọng – FDM

Với phương pháp in này, dây hợp kim Titan từ cuộn dây được cấp tới đầu in, đầu in gia nhiệt vật liệu đến trạng thái chảy để tạo lớp in trên tấm nền được đặt trên bàn in. Các hệ thống máy AM dạng này phần lớn ở dạng ba trục và thường in sản phẩm vật liệu nhựa [2–3]. Tùy thuộc vào hình dạng và kích thước của vật thể, các cấu trúc hỗ trợ có thể được yêu cầu dẫn đến tăng thời gian chế tạo, tiêu thụ nguyên liệu và chi phí chế tạo [4]. Hơn nữa, các máy sản xuất bồi đắp ba trục được liên kết với phương pháp chế tạo từng lớp nghiêm ngặt, tạo ra các vật thể có hiệu ứng bậc thang điển hình [5]. Từ

những lợi ích và hạn chế của các ứng dụng sản xuất bồi đắp thông thường, các phương pháp sản xuất AM được điều khiển bằng rô bốt đa trục được sử dụng cho phép mang lại chất lượng, tính linh hoạt, và năng suất hơn [6–9]. Việc sử dụng kết hợp hệ thống rô bốt đa trục và công nghệ sản xuất bồi đắp mang lại khả năng sản xuất bồi đắp đa trục và chế tạo các hình học phức tạp trong các môi trường sản xuất khác nhau. Phần lớn các hệ thống dựa trên phương pháp đùn vật liệu được hỗ trợ bằng rô bốt đang được sử dụng để tạo ra các hình dạng phức tạp và thường là các vật thể lớn. Zhang và cộng sự [10] đã sử dụng robot ABB để điều khiển đầu in đùn. Một nền tảng tính toán có tên Robot Studio (do ABB phát triển) đã được sử dụng để cho phép mô phỏng, tối ưu hóa và trực quan hóa quá trình chế tạo. Các chi tiết sử dụng vật liệu ABS đã được sản xuất nhưng hệ thống này có thể được mở rộng sang các vật liệu khác, chẳng hạn như việc sử dụng sợi carbon để sản xuất các chi tiết bằng composite. Tương tự, Wu và cộng sự [11] đã sử dụng cánh tay rô bốt 6-DOF UR3 để sản xuất các chi tiết vật liệu polyme từ PLA ở dạng sợi, với cấu trúc hỗ trợ tối thiểu hoặc không có cấu trúc hỗ trợ. Một công cụ tính toán đã được phát triển bằng C++ để phân tách các mô hình thành nhiều mô hình con hỗ trợ, được in theo trình tự không xung đột.

Bài báo này trình bày các kết quả nghiên cứu thực nghiệm xác định ảnh hưởng bộ thông số công nghệ in 3D kim loại đến chất lượng sản phẩm in sử dụng phương pháp in FDM trên rô bốt.

1.2. Bộ thông số công nghệ

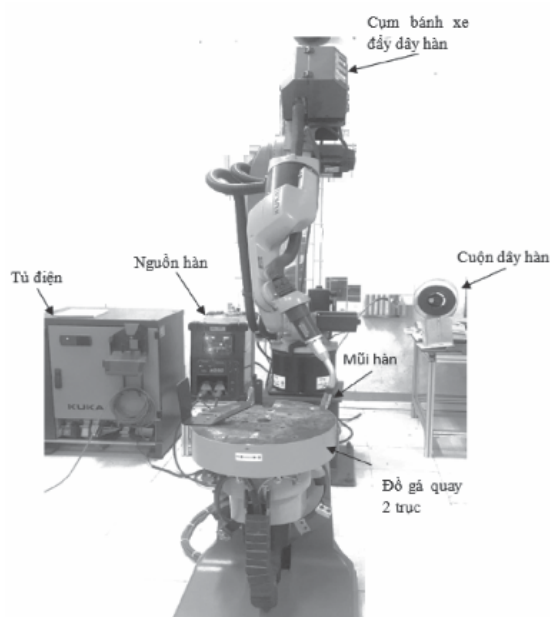
Quá trình in 3D có sự hỗ trợ cánh tay robot công nghiệp thông thường yêu cầu bộ thông số công nghệ chính: (1) Lập kế hoạch

quy trình in, (2) Kiểm soát các thành phần của đầu in (ví dụ: ép đùn, bộ gia nhiệt, quạt, tốc độ trục xoay), (3) Kiểm soát đường dẫn in thông qua bộ điều khiển cánh tay robot và (4) Giao tiếp giữa bộ điều khiển cánh tay rô bốt và cả đầu in. Vấn đề quan trọng là bộ điều khiển cánh tay rô bốt và bộ điều khiển đầu cộng/trừ có thể đồng bộ hóa và giao tiếp để cung cấp các lớp in chất lượng cao và năng suất. Trong giới hạn nghiên cứu này, các mẫu in kim loại có hình dạng hình hộp chữ nhật được thiết kế với kích thước 35x60x35mm. Các đường chuyển động của cánh tay rô bốt được tạo ra dựa trên hệ thống tích hợp sẵn trên cánh tay rô bốt hàn công nghiệp KUKA.

2. THIẾT LẬP THỰC NGHIỆM

2.1. Rô bốt hàn và các thông số thực nghiệm

Rô bốt hàn sử dụng cho quy trình thực nghiệm được thể hiện như trong Hình 2. Cánh tay rô bốt nặng 291kg và có khả năng tải 8kg với tầm với 2101mm.



Hình 2. Cánh tay rô bốt hàn công nghiệp KUKA

Các thông số công nghệ chính được thể hiện như trong Bảng 1. Trong nghiên cứu này, ba thông số công nghệ được sử dụng để nghiên cứu đó là: Cường độ dòng điện I (A); Điện áp hàn U (V); Vận tốc hàn S (cm/phút). Để đánh giá ảnh hưởng các thông số quá trình đến chất lượng in, 08 mẫu được thực hiện với các giá trị thay đổi của bộ ba thông số nêu trên. Các giá trị này được lựa chọn phù hợp với khả năng hoạt động hiệu quả của cánh tay rô bốt hàn công nghiệp và các điều kiện thực tế thí nghiệm: nhiệt độ nóng chảy của kim loại in, chi phí in, thời gian thực nghiệm in.

Bảng 1. Thông số đầu vào quá trình thực nghiệm.

Thông số	Ký hiệu	Đơn vị	Giá trị nhỏ nhất (-)	Giá trị lớn nhất (+)
Cường độ dòng điện	I	A	160	180
Điện áp hàn	U	V	26	28
Vận tốc hàn	S	cm/phút	10.57	13.4

2.2. Vật liệu in và mẫu in thực nghiệm

Hợp kim titan là hợp kim có chứa hỗn hợp titan và các nguyên tố hóa học khác. Vật liệu hợp kim titan có độ cứng cao, thuộc nhóm vật liệu khó gia công. Chúng có trọng lượng nhẹ, có khả năng chống ăn mòn đặc biệt và khả năng chịu được nhiệt độ khắc nghiệt. Tuy nhiên, do chi phí cao của cả nguyên liệu thô và quá trình gia công chế tạo đã hạn chế việc sử dụng.

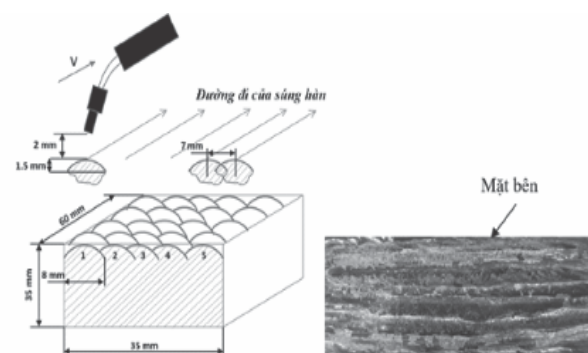
dụng chúng trong các ứng dụng quân sự, máy bay, tàu vũ trụ, xe đạp, thiết bị y tế, đồ trang sức, các bộ phận chịu ứng suất cao như thanh kết nối trên ô tô thể thao đắt tiền và một số thiết bị thể thao cao cấp và thiết bị điện tử tiêu dùng. Với mục tiêu đánh giá khả năng chế tạo các chi tiết sử dụng vật liệu titan bằng công nghệ in 3D, trong nghiên cứu này đã sử dụng vật liệu in là vật liệu Titan – Gr2 dạng sợi, có đường kính 2.4 mm được cuộn thành các cuộn có khối lượng 2kg. Thành phần hóa học của loại hợp kim này được trình bày trong Bảng 2.

Bảng 2. Thành phần hóa học hợp kim titan – Gr2

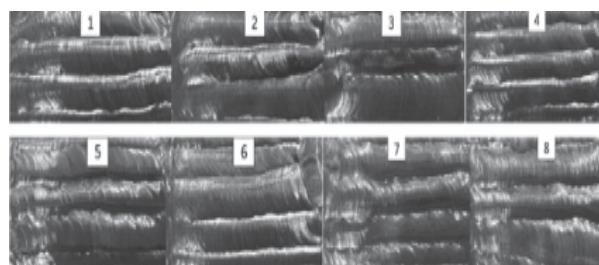
Thành phần	Tỷ trọng (%)
Titanium, Ti	≥ 98.9
Iron, Fe	≤ 0.30
Oxygen, O	≤ 0.25
Carbon, C	≤ 0.080

Theo bảng thông số thiết lập cho quy trình thực nghiệm 08 mẫu in bằng vật liệu Titan được tiến hành với kích thước 35x60x35mm. Quy trình in được thực hiện như sau, súng hàn mang theo sợi Titan được gia nhiệt tới trạng thái lỏng và phun liên tục trong quá trình in, cánh tay rô bốt mang theo súng hàn di chuyển theo quỹ đạo là các đường thẳng và đi theo cùng một hướng với vận tốc không đổi (vận tốc hàn) (Hình 3). Khoảng cách giữa hai đường đi liên tiếp của súng hàn được bằng 0.8 lần kích thước vũng kim loại lỏng trên bề mặt tương

ứng với giá trị khoảng cách 6.4 mm. Kết quả thực nghiệm được trình bày như trong Hình 4.



Hình 3. Quá trình in mẫu theo phương pháp FDM



Hình 4. Kết quả thực nghiệm mẫu in 3D sử dụng cánh tay rô bốt

Với mục đích thiết lập mô hình hồi quy thể hiện mối liên hệ giữa thông số công nghệ in với các thông số đầu ra là độ nhám bề mặt và độ cứng, phương pháp thiết kế thí nghiệm với yếu tố hai mức đầy đủ như thể hiện trên Bảng 3. Với 02 mức và 03 yếu tố đầu vào, tổng cộng có 08 thí nghiệm được thiết lập. Sử dụng máy đo độ cứng DTR 200, với phương pháp thử TCVN 257-11:2007 (ISO 6508-1:2005) cho giá trị độ cứng HRB của các mẫu tương ứng. Về độ nhám bề mặt, sau khi xử lý sau in bề mặt, độ nhám các mẫu được đo sử dụng thiết bị đo độ nhám bề mặt TR210. Giá trị độ nhám này làm cơ sở để tiến hành các công nghệ sau in đối với chi tiết in như phun phủ bề mặt sản phẩm in.

Bảng 3. Kết quả đầu ra về độ cứng và độ nhám của 08 mẫu in

Mẫu in	Cường độ dòng điện I (A)	Điện áp hàn U (V)	Vận tốc hàn S (cm/phút)	Độ nhám Ra (μm)	Độ cứng HRB
1	160	26	13.40	1.339	73.8
2	180	26	10.57	1.525	74.3
3	180	26	13.40	1.324	75.4
4	180	28	13.40	1.256	78.8
5	160	28	13.40	1.435	75.5
6	160	28	10.57	1.351	74.2
7	160	26	10.57	1.755	68.5
8	180	28	10.57	1.835	73.5

3. ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CỦA BỘ THÔNG SỐ CÔNG NGHỆ ĐẾN CHẤT LƯỢNG IN

Các mô hình hồi quy tuyến tính bậc nhất đã được thiết lập ứng dụng Minitab. Các mô hình này thể hiện mối liên hệ giữa chế độ công nghệ in bao gồm cường độ dòng điện, điện áp và tốc độ in với độ nhám bề mặt và với độ cứng của mẫu in.

3.1. Ảnh hưởng của chế độ in tới độ nhám bề mặt

Mẫu in sau khi được xử lý sau in bằng nguyên công mài đã được đánh giá độ nhám bề mặt nhằm làm cơ sở triển khai các giải pháp công nghệ khác trên mẫu in. Xét ảnh hưởng độc lập của các yếu tố đến độ nhám bề mặt của mẫu in:

$$Ra = 2.75 + 0.00075 \cdot I - 0.00825 \cdot U - 0.09823 \cdot S \quad (1)$$

Xét ảnh hưởng tương quan của các yếu

tố đến độ nhám bề mặt của mẫu in:

$$Ra = 29.73 - 0.1374 \cdot I - 1.3062 \cdot U + 0.2836 \cdot S + 0.00687 \cdot I \cdot U - 0.00396 \cdot I \cdot S + 0.0108 \cdot U \cdot S \quad (2)$$

3.2. Ảnh hưởng của chế độ in tới độ cứng của sản phẩm

Xét ảnh hưởng độc lập của các yếu tố đến độ cứng của mẫu in:

$$HRB = 5.4863 + 0.125 \cdot I + 1.25 \cdot U + 1.1484 \cdot S \quad (3)$$

Xét ảnh hưởng tương quan của các yếu tố đến độ cứng của mẫu in:

$$HRB = -267.796 + 1.76617 \cdot I + 11.2383 \cdot U + 0.9717 \cdot S - 0.06 \cdot I \cdot U - 0.00177 \cdot I \cdot S + 0.01767 \cdot U \cdot S \quad (4)$$

3.3. Bàn luận kết quả

Các mô hình hồi quy cho phép xác định được bộ thông số công nghệ khi in sử dụng cánh tay rô bốt công nghiệp. Kết quả đầu ra của các mô hình này phù hợp với dải giá trị cho

phép của vật liệu hợp kim Titan – Grade 2. Cụ thể giá trị HRB trong phạm vi giá trị của Titan – Grade 2 là 75 HRB và cơ tính của nhóm vật liệu khó gia công.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu thực nghiệm quá trình in 3D theo phương pháp FDM sử dụng rô bốt công nghiệp cho phép thiết lập được các mô hình hồi quy thể hiện mối liên hệ giữa thông số công nghệ in với độ nhám bề mặt và độ cứng của mẫu in. Các mô hình toán từ 1 đến 4 cho phép xác định được bộ thông số công nghệ in hợp lý đảm bảo các mục tiêu đầu ra theo yêu cầu. Các nghiên cứu về cấu trúc tế vi mẫu in và cơ tính khác là những nghiên cứu tiếp theo nhằm đảm bảo các yêu cầu chất lượng của sản phẩm in đối với các ứng dụng công nghiệp.

Lời cảm ơn:

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Giao thông Vận tải (ĐHGTVT) trong đề tài mã số T2023-TTKHCN-001.❖

Ngày nhận bài: 15/10/2023

Ngày phản biện: 16/11/2023

Tài liệu tham khảo:

- [1]. B. Wang, *The future of manufacturing: a new perspective*, Engineering (2018), <https://doi.org/10.1016/J.ENG.2018.07.020>.
- [2]. S.W. Williams, F. Martina, A.C. Addison, J. Ding, G. Pardal, P. Colegrove, Wire arc additive manufacturing, *Mater. Sci. Technol.* (2015), <https://doi.org/10.1179/1743284715Y.000000007>.
- [3]. G.Q. Zhang, X. Li, R. Boca, J. Newkirk, B. Zhang, T.a Fuhlbrigge, H.K. Feng, N.J. Hunt, *Use of industrial robots in additive manufacturing - A survey and feasibility study*, Proceedings for the ISR/ROBOTIK 2014.
- [4]. M. Vaezi, S. Chianrabutra, B. Mellor, S. Yang, *Multiple material additive manufacturing – Part 1: A review*, *Virt. Phys. Prototyp.* 8 (2013) 19–50 <https://doi.org/10.1080/17452759.2013.778175>.
- [5]. F. Wulle, D. Coupek, F. Schöffner, A. Verl, F. Oberhofer, T. Maier, *Workpiece and machine design in additive manufacturing for multi-axis fused deposition modeling*, (2017) <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.01.046>.
- [6]. P. Neto, *Off-line programming and simulation from CAD drawings: robot-assisted sheet metal bending*, IECON 2013, <https://doi.org/10.1109/IECON.2013.6699815>.
- [7]. R. Ahmad, P. Plapper, *Safe and automated assembly process using vision assisted robot manipulator*, *Procedia CIRP* (2016), <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.12.129>.
- [8]. S. Neudecker, C. Bruns, R. Gerbers, J. Heyn, F. Dietrich, K. Dröder, A. Raatz, H. Kloft, *A new robotic spray technology for generative manufacturing of complex concrete structures without formwork*, *Procedia CIRP* (2016), <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.02.107>.
- [9]. M. Morioka, S. Sakakibara, *A new cell production assembly system with human - robot cooperation*, *CIRP Ann.* 59 (2010), <https://doi.org/10.1016/J.CIRP.2010.03.044>.
- [10]. G.Q. Zhang, A. Spaak, C. Martinez, D.T. Lasko, B. Zhang, T.A. Fuhlbrigge, *Robotic additive manufacturing process simulation-towards design and analysis with building parameter in consideration*, *Int. Conf. Autom. Sci. Eng.* 2016, <https://doi.org/10.1109/COASE.2016.7743457>.
- [11]. C. Wu, C. Dai, G. Fang, Y.J. Liu, C.C.L.L. Wang, *RoboFDM: A robotic system for support-free fabrication using FDM*, *2017 IEEE Int. Conf. Robot. Autom.* 2017, pp.1175–1180 <https://doi.org/10.1109/ICRA.2017.7989140>.

NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP TIẾT KIỆM NĂNG LƯỢNG HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN THỦY LỰC DÙNG VAN SERVO

A STUDY ON ENERGY SAVING FOR A SERVO VALVE HYDRAULIC SYSTEM

Hồ Triết Hưng¹, Vũ Đình Hải²

¹Khoa Cơ khí, Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia thành phố Hồ Chí Minh

²Khoa Cơ khí, Trường Đại học Công nghệ Sài Gòn

TÓM TẮT

Bài báo tập trung giải quyết vấn đề nâng cao hiệu suất sử dụng năng lượng của hệ thống thủy lực servo van nhưng đảm bảo đặc điểm đáp ứng nhanh và chính xác của hệ. Bài báo đề xuất phương pháp điều khiển áp suất cấp cho van phụ thuộc vào tín hiệu áp suất hồi tiếp từ xy lanh. Bằng phương pháp này, công suất thủy lực cấp cho xy lanh được điều khiển, qua đó hạn chế tổn thất năng lượng cung cấp từ nguồn. Ứng dụng điều khiển tốc độ bơm nhằm điều khiển áp suất nguồn cấp là phương pháp mới nên cần nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm. Bài báo đã đề xuất ý tưởng, thực nghiệm kiểm chứng. Kết quả thực nghiệm ban đầu cho thấy hiệu suất của hệ cải thiện đáng kể so với phương pháp điều khiển áp suất truyền thống.

Từ khóa: *Hệ thủy lực van servo; Hệ thống thủy lực Load sensing; Cơ cấu chấp hành điện thủy lực.*

ABSTRACT

The article focuses on solving the problem of improving the energy efficiency of the servo valve hydraulic system but ensuring the fast and accurate response characteristics of the system. The article proposes a method to control the pressure applied to the valve depending on the feedback pressure signal from the cylinder. By this method, the hydraulic power supplied to the cylinder is controlled, thereby limiting the loss of energy supplied from the source. Applying pump speed control to control supply pressure is a new method, so theoretical and experimental research is needed. The article has proposed ideas and tested them experimentally. Initial experimental results show that the performance of the system is significantly improved compared to traditional pressure control methods.

Keywords: *Hydraulic servo systems; Load sensing systems; EHA.*

1. GIỚI THIỆU

Hệ thống điều khiển thủy lực dùng van servo được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp do các ưu điểm nổi bật như chính xác, đáp ứng nhanh [1]. Tuy nhiên, hạn chế lớn nhất của các hệ thống này là hiệu suất sử dụng năng lượng không cao khi so sánh với các hệ thống Load sensing hay EHA (Electrical-hydraulic Actuator) [2, 3]. Để nâng cao hiệu suất của hệ thống thủy lực servo van, thông thường bơm thay đổi lưu lượng được sử dụng thay thế cho bơm có lưu lượng cố định. Bằng cách này, hiệu suất của hệ tăng đáng kể, tuy nhiên hạn chế lớn nhất của giải pháp này chính là khó xác định giá trị áp suất giới hạn của van tràn trên bơm [4, 5]. Khắc phục hạn chế này, Load sensing được đề xuất, bằng cách thay đổi giá trị áp suất cài đặt thông qua việc hồi tiếp giá trị áp suất của tải. Hạn chế lớn nhất của hệ thống này chính là tính ổn định và giá thành của bơm [6, 7].

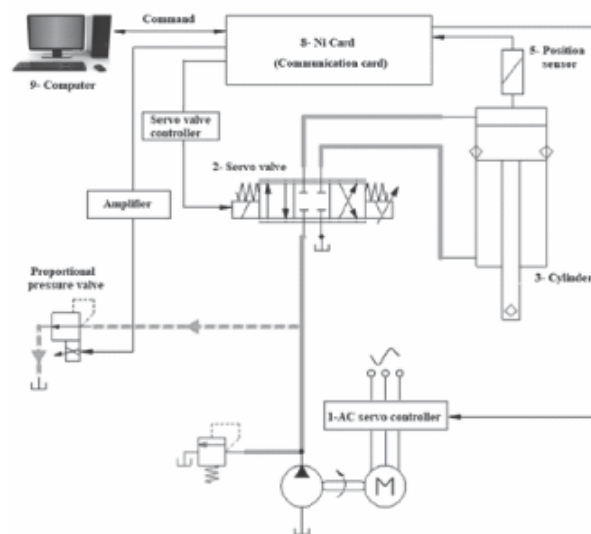
Khắc phục các hạn chế trên, giải pháp được đưa ra trong nghiên cứu này là sử dụng bơm có thể tích riêng không đổi kết hợp với động cơ AC servo thay đổi vận tốc để điều khiển áp suất ngõ ra của bơm. Van servo được sử dụng để điều khiển vận tốc của xy lanh. Với sự kết hợp này, cả đáp ứng và hiệu suất sử dụng năng lượng đều được đảm bảo.

Nội dung của bài báo này bao gồm các nội dung: Đề xuất mạch thủy lực và tiến hành làm thực nghiệm kiểm chứng. Các kết luận quan trọng được đưa ra.

2. ĐỀ XUẤT MẠCH THỦY LỰC

Hệ thống đề xuất được trình bày trong Hình 1. Hệ thống sử dụng một xy lanh tác động kép được vận hành bởi van servo 4/3. Bơm nguồn thủy lực trong hệ thống là loại bơm biến

đổi lưu lượng bằng cách thay đổi vận tốc quay của trục bơm thông qua việc điều khiển động cơ servo AC.



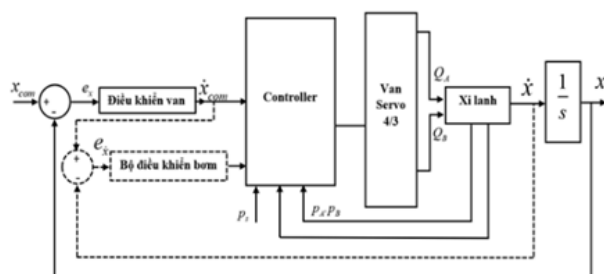
Hình 1. Hệ thống thủy lực đề xuất

Điểm khác biệt của hệ thống chính là bơm có thể tích riêng cố định kết hợp với động cơ thay đổi tốc độ bằng biến tần được sử dụng. Bằng cách này lưu lượng của bơm được thay đổi tùy theo yêu cầu của xy lanh. Việc điều khiển lưu lượng này được thực hiện gián tiếp qua hồi tiếp áp suất cấp vào van servo đảm bảo chênh lệch áp vừa đủ để van hoạt động tốt và hạn chế tổn thất năng lượng thủy lực thất thoát qua van tràn.

3. THIẾT KẾ HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN

Bộ điều khiển hệ thống được mô tả trên hình 2. Bộ điều khiển hệ thống gồm hai biến điều khiển độc lập, biến điều khiển DK_1 điều khiển chính xác vị trí của xy lanh thông qua van servo, biến điều khiển DK_2 điều khiển đảm bảo chênh lệch áp suất trước và sau van servo bằng hằng số. Vai trò của biến điều khiển DK_2 chính là điều khiển chính xác lưu lượng cần thiết cho xy lanh với áp suất thay đổi tùy thuộc vào tải

trọng của xy lanh. Hay nói cách khác, biến điều khiển DK_2 chính là biến điều khiển công suất của hệ thống. Bằng cách này, hạn chế tối đa sự chênh lệch công suất của hệ thống thủy lực servo van. Kết quả của quá trình điều khiển này làm giảm năng lượng tiêu hao của mạch thủy lực.



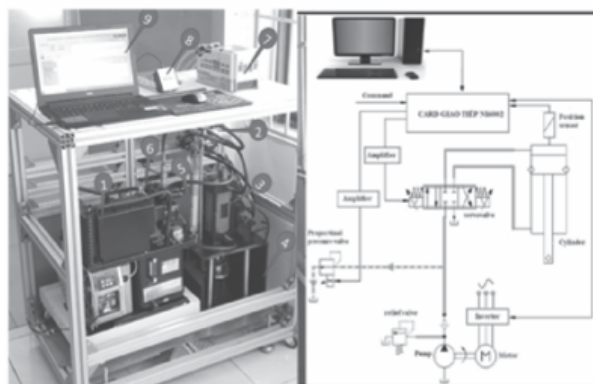
Hình 2. Sơ đồ điều khiển hệ thống thủy lực servo van

Trong nghiên cứu này, bộ điều khiển cơ bản PID được dùng với các hệ số K_p , K_i , và K_d được xác định bằng phương pháp thử sai.

4. THỰC NGHIỆM KIỂM CHỨNG

4.1. Mô hình thực nghiệm

Mô hình thực nghiệm hệ thống được mô tả trong hình 3. Bảng thông số các thiết bị được mô tả trong bảng 1. Số liệu được thu thập dùng thiết bị NI và phần mềm LabView.



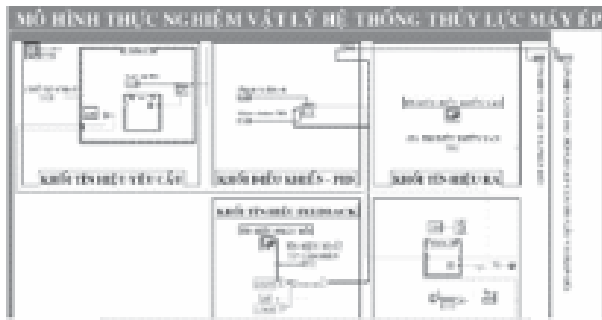
Hình 3. Mô hình thực nghiệm hệ thống

Bảng 1. Thông số kỹ thuật của mô hình

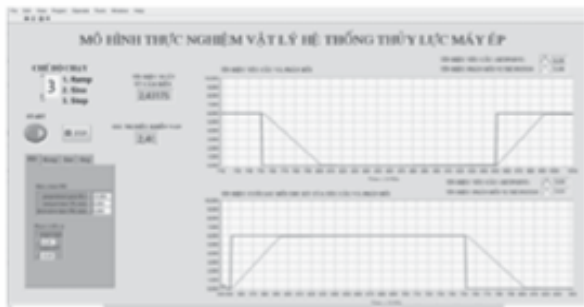
Ký hiệu	Thiết bị	Thông số kỹ thuật
1	Máy tính	Dùng phần mềm Labview, giao tiếp qua cổng USB
2	Van servo 4/3	Hãng sản xuất: MOOG, Nhật Bản. -Model: D633; Áp suất max: 350 bar; Lưu lượng: 65 LPM; Điện áp vào: 24VDC; Tín hiệu vào: +/- 10V; Tín hiệu ra: 4-20mA
3	Xy lanh thủy lực tác động kép	-Đường kính 100mm; Đường kính cần piston 32mm; Hành trình 150mm.
4	Van điều khiển áp suất	- Hãng sản xuất: Daikin, Nhật Bản. - Model: LPV-02; Áp suất max: 250 bar.
5	Bơm thủy lực	-Thể tích riêng: 5.8 cm ³ /rev; Áp suất max: 70 bar; Vận tốc lớn nhất n_{max} = 4400 rev/min.
6	Cảm biến vị trí hành trình piston	- Độ chính xác: $\pm 0.05\%$.
7	Biến tần A1000 của Hãng Yakawa, Nhật Bản	-Hãng SX: YAKAWA, Nhật Bản. -Model: A1000: Dòng biến tần có chức năng điều khiển động cơ IPM có hồi tiếp (Động cơ AC servo)
8	Card giao tiếp máy tính Ni6002	-Hãng SX: NATIONAL INSTRUMENTS - Model: Ni-6002; Input: 0-10VDC, 4-20mA; Output: 0-10VDC, 4-20mA
9	Cảm biến áp suất (pressure ransducer)	-Hãng SX: Nagano Keiki, Nhật Bản. - Model: KH-15; Áp suất: 0-100bar; Output: 0-5VDC

4.2. Kết quả thí nghiệm

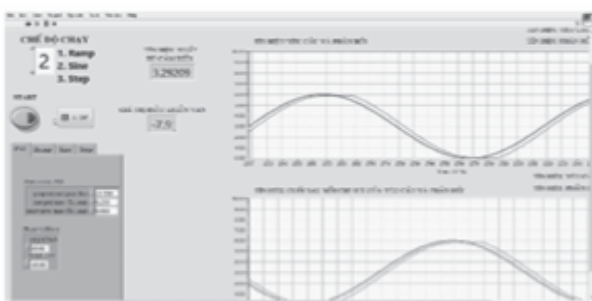
Giao diện của phần điều khiển được mô tả trên hình 4. Các hằng số được chọn bằng cách thử-sai cho đến khi kết quả chấp nhận được. Thực nghiệm điều khiển vị trí được mô tả trên hình 5a, 5b và 5c cho các đáp ứng step, sin và hỗn hợp tương ứng. Trong đó, đường màu đỏ là tín hiệu mong muốn, đường màu xanh là kết quả thực nghiệm.



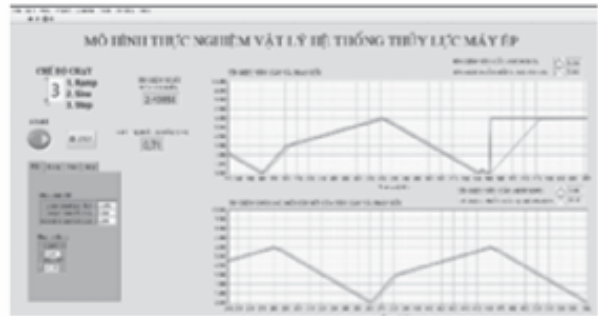
Hình 4. Giao diện điều khiển trên LabView



Hình 5a. Kết quả thực nghiệm với tín hiệu đầu vào dạng step



Hình 5b. Kết quả thực nghiệm với tín hiệu đầu vào dạng sin



Hình 5c. Kết quả thực nghiệm với tín hiệu đầu vào dạng hỗn hợp

5. PHÂN TÍCH ĐÁNH GIÁ

5.1. Phân tích đáp ứng

Kết quả thực nghiệm đối với các tín hiệu step, sin và hỗn hợp được mô tả trên các hình 5a, 5b và 5c cho thấy với phương pháp điều khiển cơ bản PID thì sai số chấp nhận được. Có thể nâng cao độ chính xác bằng cách tinh chỉnh các giá trị của bộ điều khiển.

5.2. Phân tích hiệu suất sử dụng năng lượng

Năng lượng hệ thống khảo sát trong 30s được thu thập dữ liệu, lập hàm tính toán và hiển thị như biểu đồ Hình 6, hình 7a, 7b cho trường hợp hàm ram với năng lượng tiêu thụ, hiệu suất trong hai trường hợp áp suất bằng hằng số và áp suất thay đổi theo tải với chênh lệch áp suất bằng hằng số và bằng 10 bar. Trong đó, năng lượng đầu ra của hệ thống được xác định bằng công thức 1:

$$E_{out} = \int_{t_1}^{t_2} P_{out}(t) dt \quad (1)$$

E_{out} – Là năng lượng đầu ra của hệ thống (W).

P_{out} – Là công suất đầu ra của hệ thống (W/h).

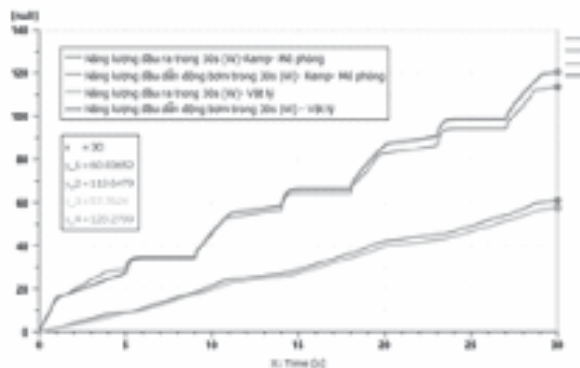


Năng lượng đầu vào của hệ thống được xác định bằng công thức 2:

$$E_{in} = \int_{t_1}^{t_2} P_{in}(t) dt \quad (2)$$

E_{in} – Là năng lượng đầu vào của hệ thống (W).

P_{in} – Là công suất đầu vào của hệ thống (W/h).



Hình 6. Năng lượng hệ thống.

Trong sơ đồ 7, đường màu xanh lá biểu thị năng lượng dẫn động bơm thủy lực ở mô hình thực nghiệm vật lý. Giá trị năng lượng này được xác định bằng cách đo gián tiếp thông qua tín hiệu dòng điện và điện thế cấp vào động cơ điện dẫn động bơm và tính toán, xác định trong khoảng thời gian xét là 30s. Giá trị xác định được là 120,27W. Ta thấy có sự sai lệch nhỏ (6%) so với kết quả từ mô phỏng là 113,64W được biểu thị bằng đường màu xanh (blue) trên đồ thị. Sự khác chênh lệch này có thể được giải thích là xuất phát từ phương pháp đo. Trên mô hình mô phỏng, năng lượng được xác định bằng cách lập hàm tính từ 2 thông số là mô men xoắn trên trục bơm và vận tốc trục bơm. Trong khi đó, trên mô hình vật lý thì năng lượng được xác định từ đại lượng dòng điện và điện áp đo được thông qua bộ biến tần điều khiển động cơ quay trục bơm. Do đó, kết quả này có thể chấp nhận được.

Năng lượng đầu ra trong thực nghiệm trên mô hình vật lý được xác định bằng cách gián tiếp thông qua giá trị vận tốc piston và giá trị lực đẩy thủy lực (lấy giá trị áp suất đo được từ cảm biến áp suất tuyến tính nhân với tiết diện xy lanh). Kết quả xác định được là 57,76W. Kết quả này cũng có sự sai lệch nhỏ so với kết quả mô phỏng là 60,83W (sai lệch 3,07%). Kết quả này cũng có thể chấp nhận được.

Hiệu suất năng lượng của cả hai hệ thống được xác định dựa vào năng lượng ra và năng lượng đầu vào của hệ thống và được xác định bằng công thức sau:

$$\mu(t) = \frac{\int_{t_1}^{t_2} P_{out}(t) dt}{\int_{t_1}^{t_2} P_{in}(t) dt} = \frac{E_{out}}{E_{in}} \quad (3)$$

$\mu(t)$ là hiệu suất năng lượng trung bình của hệ thống (%).

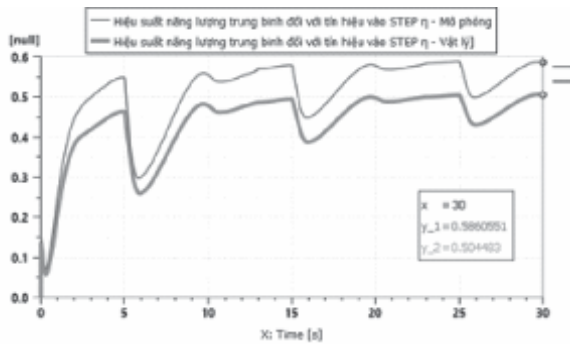
$E_{out} = \int_{t_1}^{t_2} P_{out}(t) dt$ là năng lượng đầu ra của hệ thống.

$E_{in} = \int_{t_1}^{t_2} P_{in}(t) dt$ là năng lượng đầu vào của hệ thống.

P_{out} là công suất đầu ra của hệ thống (W/h).

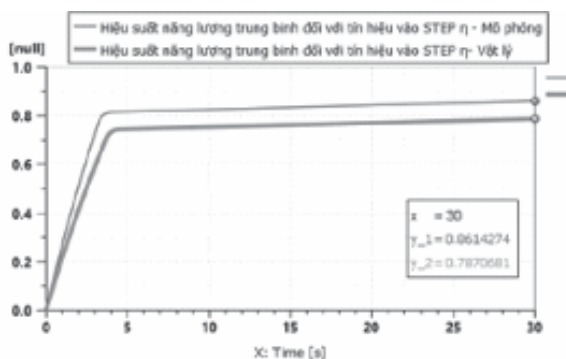
P_{in} là công suất đầu vào của hệ thống (W/h).

Hiệu suất năng lượng trung bình của hệ thống trong 30s: Hiệu suất năng lượng trong trường hợp này cũng được xác định từ phương trình (3) và được thể hiện bằng biểu đồ Hình 7a. Quan sát biểu đồ hình 7a, ta thấy hiệu suất năng lượng trung bình của hệ thống mô phỏng là 58,60 (thể hiện bằng đường màu đỏ) tốt hơn kết quả thực nghiệm trên mô hình vật lý là 50,44% (thể hiện bằng đường màu xanh lá). Sự chênh lệch là 8,16% và điều này cũng được lý giải với nguyên nhân tương tự như trường hợp trên.



Hình 7a. Hiệu suất của mạch khi áp suất bằng hằng số

Hiệu suất năng lượng trung bình của hệ thống trong 30s: Hiệu suất năng lượng trong trường hợp áp suất thay đổi theo tải này cũng được xác định từ phương trình (3) và được thể hiện bằng biểu đồ Hình 7b.



Hình 7b. Hiệu suất năng lượng hệ thống khi áp suất điều khiển thay đổi theo tải

Từ biểu đồ Hình 7b, ta thấy hiệu suất năng lượng trung bình của hệ thống mô phỏng là 86,14% (thể hiện bằng đường màu đỏ), cao hơn kết quả thực nghiệm trên mô hình vật lý là 78,7% (thể hiện bằng đường màu xanh lá), và hiệu suất này tăng đáng kể so với giá trị trung bình khoảng 50% trong điều kiện áp suất bằng hằng số.

6. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này giải quyết vấn đề nâng

cao hiệu suất của hệ thống thủy lực servo van bằng cách điều khiển công suất của bơm thông qua áp suất hồi tiếp. Bằng cách sử dụng bơm có thể tích riêng cố định kết hợp với động cơ AC servo điều khiển tốc độ kết hợp với van servo thủy lực hệ thống đảm bảo hai tính chất đáp ứng nhanh và chính xác của van cũng như nâng cao hiệu suất của hệ. Với điều kiện thí nghiệm, hệ thống tăng 20% hiệu suất khi so sánh với phương pháp điều khiển áp suất bằng hằng số truyền thống. ❖

Ngày nhận bài: 17/9/2023

Ngày phản biện: 25/10/2023

Tài liệu tham khảo:

- [1]. J. Mohieddine, K. Andreas, *Hydraulic Servo-Systems*, Springer, Verlag: London Ltd, 2004.
- [2]. C. M. Shern; R. Ghazali; C. S. Horng; C. C. Soon, *Performance Evaluation of EHA System in the Presence of Mass and Pressure Variation using MOPSO-SMC*, 2021 11th IEEE International Conference on Control System, Computing and Engineering (ICCSCE).
- [3]. K. Thiha; Y. Fu; X. Qi, *Integration design and performance analysis of EHA system*, 2010 International Conference on Information, Networking and Automation (ICINA).
- [4]. H. Shimoyama, S. Ikeo, E. Koyabu, K. Ichiryu, Suck-kyu Lee, *Study on Hybrid Vehicle Using Constant Pressure Hydraulic System with Flywheel for Energy Storage*, SAE Technical Paper 2004-01-3064, 2004, <https://doi.org/10.4271/2004-01-3064>.
- [5]. K. K. Ahn, H.T. Hung, D. Q. Truong, *University of Ulsan. A Study on Energy Saving Potential of Hydraulic Control System Using Switching Type Closed Loop Constant Pressure System*, Proceedings of the JFPS International Symposium on Fluid Power 2008(7-2).
- [6]. P. Casoli, F. Scolari, C.M. Vescovini and M. Rundo, *Energy Comparison between a Load Sensing System and Electro-Hydraulic Solutions Applied to a 9-Ton Excavator*, *Energies* 2022, 15, 2583. <https://doi.org/10.3390/en15072583>.
- [7]. A. C. Mahato, S. K Ghoshal, *Energy-saving strategies on power hydraulic system: An overview*, <https://doi.org/10.1177/0959651820931627>.

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ MÁY KHOAN CỌC NHỒI TRÊN MÁY CƠ SỞ CUMMINS M11C310

STUDY AND DESIGN A BORED PILE DRILLING BASE ON CUMMINS M11C310
MACHINE

Huỳnh Công Lớn*, Lương Văn Tới

Khoa Cơ khí, Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

TÓM TẮT

Bài báo này trình bày quá trình tính toán thiết kế các bộ phận trên bộ công tác của máy khoan cọc nhồi chuyên dụng dạng cần hộp nhằm mục đích nghiên cứu và xây dựng mô hình của máy. Thiết kế bộ công tác máy khoan cọc nhồi bao gồm việc thiết kế các bộ phận theo thứ tự như gầu khoan, mâm xoay, tời nâng hạ, cần hộp và các chi tiết phụ khác. Việc thiết kế trên cần xác định được công suất cần thiết của mâm xoay thông qua lý thuyết khoan xoay để tính toán. Ngoài ra cần dựa vào các thông số và điều kiện làm việc như đường kính và chiều sâu khoan, loại đất và khí hậu, phương pháp khoan dùng ống vách và dung dịch khoan, quy trình thi công... Các bộ phận có cấu tạo phức tạp như gầu khoan và cần hộp cần được mô phỏng và phân tích trên phần mềm chuyên dụng để hỗ trợ tính toán sức bền.

Từ khóa: Máy khoan cọc nhồi kiểu gầu xoay; Máy khoan cọc nhồi dạng cần hộp.

ABSTRACT

This article presents the design process of parts on the working set of a specialized pile drilling machine with mast for the purpose of researching and building that model. Designing the pile drilling machine work set includes the design of parts in order such as drilling bucket, rotary head, lifting winch, mast and other auxiliary details. The design work needs to determine the driving power required work of the rotary head through rotary drilling theory to calculate. In addition, it is necessary to rely on working parameters and conditions such as diameter and depth, soil type and climate, casing drilling method and drilling application, construction process, etc. Structural parts complex structure such as drilling buckets and mast need to be simulated and analyzed on specialized software to support strength calculations.

Keywords: Bucket drilling machine; Pile drilling machine; Rotary drilling rig.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Xây dựng các công trình nhà cao tầng, công trình có quy mô lớn đòi hỏi phải có kỹ thuật thi công nền móng thích hợp và hiệu quả. Để đáp ứng những yêu cầu đó, ngành xây dựng không những cần đến trình độ tay nghề của công nhân, trình độ quản lý của các kỹ sư mà còn phải đầu tư những trang thiết bị máy móc kỹ thuật. Vì vậy, máy xây dựng là một phần tất yếu của công tác xây dựng, trong đó máy khoan cọc nhồi là một trong các thiết bị quan trọng không thể thiếu. Công tác cải tạo và thiết kế các máy xây dựng một cách hợp lý và khoa học phù hợp với đặc thù công việc, thuận lợi cho công việc tổ chức thi công các công trình xây dựng nhằm phát huy lợi thế thi công là một trong những yếu tố vô cùng quan trọng cấu thành nên sự thành công của một công trình xây dựng. Để làm chủ công nghệ, chủ động trong khai thác vận hành máy và tiến tới thiết kế chế tạo một phần hay toàn bộ máy khoan cọc nhồi là việc làm hết sức có ý nghĩa và cần thiết.

2. NỘI DUNG QUÁ TRÌNH NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ

2.1. Xác định lực cản tác dụng lên gầu khoan trong quá trình khoan đất

Ở hầu hết các gầu khoan hiện nay, răng gầu hay còn gọi là lưỡi cắt có dạng hình chêm. Cũng như các loại lưỡi cắt của máy làm đất khác, răng gầu có các thông số chính như góc sắc β , góc trước γ và góc cắt δ . Trên gầu khoan, các răng gầu được bố trí từ mép ngoài của gầu vào tâm thành hai phần theo bán kính và có chiều ngược nhau. Giữa răng gầu và đáy gầu có khe hở để khi gầu quay, răng gầu tiến hành cắt đất và đồng thời đất sẽ theo khe hở đi vào trong gầu. Do khoảng cách giữa các răng gầu là rất nhỏ so với chiều dài của một răng cắt nên

có thể coi như trên mặt dưới của gầu có gắn hai lưỡi cắt có chiều dài bằng bán kính của gầu.

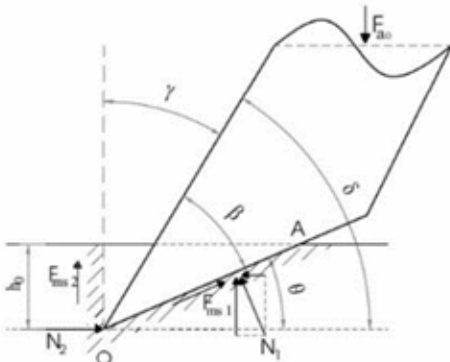
Trong lý thuyết về công nghệ khoan xoay, cho thấy quá trình phá vỡ đất đá được thực hiện là do lực tác dụng của vật thể cứng mà ở đây là lưỡi cắt của khoan vào đất đá mềm hơn. Trong khi khoan, dưới tác dụng của lực dọc trục và mô-men quay, lưỡi cắt vừa chuyển động tịnh tiến, vừa chuyển động quay tròn theo quỹ đạo xoắn vít để cắt và phá vỡ đá. Nếu gặp đất mềm thì lưỡi cắt phá vỡ đất theo từng lớp. Khi đó, lực tác dụng của lưỡi cắt trong quá trình phá vỡ đất thay đổi không đáng kể. Nếu gặp đất đá cứng thì lực tác dụng của lưỡi cắt trong quá trình phá vỡ đất đá sẽ thay đổi theo chu kỳ từ giá trị cực đại xuống giá trị cực tiểu. Các thành phần lực cản tiếp tuyến và pháp tuyến tác dụng lên dao cắt được tính toán dựa trên cơ sở ứng suất giới hạn chịu nén của đất. Riêng thành phần lực cản tiếp tuyến, để kể đến đặc điểm phá vỡ đất đá ở mặt trước của lưỡi cắt không chỉ do lực nén của lưỡi cắt mà còn do đất bị trượt lở nên thành phần lực này thường được lấy giảm đi thông qua một hệ số $k = 0,5 \div 0,7$. Thông số làm việc của máy: Đường kính lỗ khoan $d = 1,2$ m; chiều sâu lỗ khoan $l_{\max} = 46$ m; tốc độ khoan $n_{\max} = 30$ vòng/phút; cấp đất IV. Thiết bị cơ sở là máy xúc thủy lực Cummins M11C310 của hãng BUMA.

2.1.1. Xác định lực cần thiết để lưỡi cắt xâm nhập vào nền đất tạo chiều dày phoi cắt

Khi khoan, các răng gầu thực hiện quá trình cắt đất đá dưới tác dụng của lực dọc trục F_{ao} và mô-men xoắn M truyền qua cần khoan đến gầu. Lực dọc trục F_{ao} thường được tạo ra nhờ trọng lượng bản thân gầu và cần khoan, nhiều trường hợp còn có thêm lực ép của xy-lanh thủy lực hay của tời thông qua pa-lăng cáp. Khi này, lực dọc trục F_{ao} phải khắc phục

lực kháng của đất đá tác dụng lên phần diện tích mặt đầu của lưỡi cắt khi lưỡi cắt ấn vào đất. Mô-men xoắn M cần phải vượt qua lực cản ở phần trước của lưỡi cắt để làm vỡ đất đá.

Hình 1 thể hiện sơ đồ ấn lưỡi cắt vào nền đất. Sự tách rời của các hạt đất đá dưới đáy hố khoan trong quá trình khoan xảy ra do sự tác động liên tục của lực ấn F_{ao} và mô-men quay do cần khoan tạo ra. Việc tách, cắt phá đất đá dưới đáy hố khoan trong quá trình khoan xảy ra do tác động liên tục và đồng thời của lực ấn dọc trục và mô-men quay tác động từ cần khoan lên các lưỡi cắt.



Hình 1. Sơ đồ lực tác dụng của răng gầu khi ấn mũi dao vào nền

Dưới tác dụng của lực F_{ao} , lưỡi cắt bị ấn vào nền đất với độ sâu h_0 . Sự thâm nhập của lưỡi cắt vào nền đất chỉ xảy ra khi:

$$F_{ao} > S_0 \cdot \sigma \quad (1)$$

Trong đó: $S_0 = l \cdot b_0$ (cm²) là diện tích bề mặt của lưỡi cắt; l (cm) là chiều dài của lưỡi cắt, gần bằng bán kính của gầu; b_0 (cm) là chiều rộng của lưỡi cắt, phần tiếp xúc với lưỡi cắt; σ (N/cm²) là giới hạn bền nén của đất đá.

Lưỡi cắt xâm nhập vào nền đất xảy ra khi: $F_{ao}/S_0 > \sigma$, tức là khi áp lực tác dụng lên

nền đất lớn hơn sức kháng của nền trong quá trình khoan. Lực tác dụng sẽ phải tăng lên khi độ mài mòn của lưỡi cắt tăng do nó làm tăng diện tích bề mặt tiếp xúc với đất đá.

Khi bắt đầu khoan, lực ấn gầu vào nền là F_a trên một lưỡi cắt có:

$$F_{ao} = F_a/m \quad (2)$$

Trong đó: m là số lưỡi cắt trên gầu khoan; N_1, N_2 (hình 1) là các thành phần lực do đất tác dụng lên mặt sau và mặt trước của lưỡi cắt.

Chống lại sự đi xuống của lưỡi cắt còn có các thành phần lực ma sát F_{ms1} của đất với mặt sau và F_{ms2} của đất với mặt trước của lưỡi cắt. Mối quan hệ giữa các thành phần lực này như sau:

$$\begin{aligned} F_{ms1} &= N_1 \cdot \mu = N_1 \cdot \tan \varphi \\ F_{ms2} &= N_2 \cdot \mu = N_2 \cdot \tan \varphi \end{aligned} \quad (3)$$

Trong đó: $\mu = \tan \varphi$ là hệ số ma sát giữa đất và dao cắt.

Lấy phương trình cân bằng lực theo phương ngang:

$$N_2 - N_1 \cdot \sin \theta + F_{ms1} \cdot \cos \theta = 0 \quad (4)$$

Thay giá trị F_{ms} từ (3) vào (4) và rút N_2 ra:

$$\begin{aligned} N_2 &= N_1 (\sin \theta - \tan \varphi \cdot \cos \theta) \\ &= N_1 \cdot \frac{\sin \theta \cdot \cos \varphi - \sin \varphi \cdot \cos \theta}{\cos \varphi} = N_1 \cdot \frac{\sin(\theta - \varphi)}{\cos \varphi} \end{aligned} \quad (5)$$

Lấy phương trình cân bằng lực theo phương đứng:

$$F_{ao} - F_{ms2} - N_1 \cdot \cos \theta - F_{ms1} \cdot \sin \theta = 0 \quad (6)$$

Thay F_{ms1} , F_{ms2} từ (3) và N_2 từ (5) vào (6) có:

$$F_{ao} = N_1 \cdot \left[\frac{\sin(\theta - \varphi)}{\cos \varphi} \cdot tg\varphi + tg\varphi \cdot \sin\theta + \cos\theta \right] \quad (7)$$

Với: $\sigma_n = \sigma \cdot \cos\theta$ (N/cm²) là ứng suất nén theo phương tiếp tuyến với mặt sau lưỡi cắt, ta có:

$$N_1 = l \cdot A_0 \cdot \sigma_n = l \cdot \frac{h_0}{\sin\theta} \cdot \sigma \cdot \cos\theta = l \cdot \sigma \cdot \frac{h_0}{tg\theta} \quad (N) \quad (8)$$

Thay (8) vào (7) có:

$$F_{ao} = l \cdot \sigma \cdot \frac{h_0}{tg\theta} \cdot \left[\frac{\sin(\theta - \varphi)}{\cos \varphi} \cdot tg\varphi + tg\varphi \cdot \sin\theta + \cos\theta \right] \quad (9)$$

Đặt:

$$\eta = \frac{\sin(\theta - \varphi)}{\cos \varphi} \cdot tg\varphi + tg\varphi \cdot \sin\theta + \cos\theta \quad (10)$$

$$\text{Rút ra: } h_0 = \frac{F_{ao}}{\eta \cdot l \cdot \sigma} \cdot tg\theta \quad (11)$$

Hệ số phụ thuộc vào các thông số hình học của răng gầu và góc ma sát giữa răng gầu với nền đất. Thay các giá trị góc ma sát $\varphi = 30^\circ$, góc sắc $\beta = 20^\circ$, góc cắt $\delta = 55^\circ$ tương ứng với góc sau $\theta = 35^\circ$ vào biểu thức (10) nhận được $\eta = (1,112 - 1,285)$.

Do góc ma sát giữa răng gầu với nền đất φ , sức kháng của nền đất đối với răng gầu σ khó có thể xác định được một cách chính xác nên để đơn giản trong tính toán, ta có thể lấy $\eta = 1,3$. Khi đó, ta có:

$$F_{ao} = 1,3 \cdot l \cdot \sigma \cdot \frac{h_0}{tg\theta} \quad (12)$$

Lực cần thiết để nhấn gầu vào nền đất với chiều sâu h_0 là:

$$F_a = m \cdot F_{ao} = 1,3 \cdot m \cdot l \cdot \sigma \cdot \frac{h_0}{tg\theta} = 1,3 \cdot 2,55 \cdot 140 \cdot \frac{2,5}{tg 35^\circ} = 71479 \text{ (N)} \quad (13)$$

Khi cho trước lực ấn gầu F_a có thể xác

định được chiều sâu phoi cắt là:

$$h_0 = \frac{F_a \cdot tg\theta}{1,3 \cdot m \cdot l \cdot \sigma_n} \quad (14)$$

Lực ấn F_a được phân đều ra các dao cắt trên gầu khoan, khi đó lực ấn lên mỗi lưỡi cắt trên gầu khoan phải đảm bảo điều kiện:

$$F_{ao} = \frac{F_a}{m} > S_o \cdot \sigma$$

2.1.2. Quãng đường, chiều sâu phoi cắt và vận tốc khoan

Quãng đường lưỡi cắt thâm nhập vào nền đất sau một vòng quay là:

$$h_{av} = h_0 \cdot m = 2,5 \cdot 2 = 5 \text{ (cm)} \quad (15)$$

Tốc độ tiến dao của gầu khoan:

$$V_{av} = \frac{h_{av}}{t_r} = h_0 \cdot m \cdot n = 2,5 \cdot 2 \cdot 30 = 150 \text{ (cm/ph)} \quad (16)$$

Trong đó: t_r (phút) là thời gian một vòng quay và n (vg/ph) là tốc độ quay của gầu.

Với một thời gian cho trước t , thì chiều sâu H của lưỡi cắt thâm nhập vào nền đất là:

$$H = h_0 \cdot m \cdot n \cdot t \text{ (cm)} \quad (17)$$

Khi dao cắt làm việc, độ mòn cùn của dao cắt phụ thuộc tuyến tính theo thời gian, sự thâm nhập của dao cắt vào nền đất sẽ giảm đi, khi này chiều sâu phoi cắt thực tế của lưỡi dao sẽ là: $h = h_0 - y$, trong đó y là lượng mòn của dao theo hướng ăn dao. Tốc độ khoan thực tế khi này là:

$$V_{tt} = h \cdot m \cdot n = (h_0 - y) \cdot m \cdot n = (2,5 - 0,3) \cdot 2 \cdot 30 = 132 \text{ (cm/ph)} \quad (18)$$

Độ ấn sâu của gầu vào nền đất sau một vòng quay là:

$$h = \frac{V_{tt}}{m.n} = \frac{120}{2.30} = 2,2 \text{ (cm/vg)} \quad (19)$$

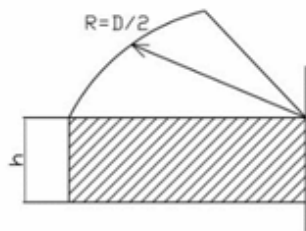
2.1.3. Công suất cần thiết để quay gầu khi cắt và tích đất vào gầu

Công suất cần thiết để khoan được xác định theo biểu thức:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 \text{ (kW)} \quad (20)$$

Trong đó: P_1 là công suất cần thiết để phá vỡ đất; P_2 là công suất cần thiết để thắng lực cản ma sát giữa bộ phận công tác với nền đất; P_3 là công suất cần thiết để quay cần và gầu khoan khắc phục lực cản của dung dịch khoan; P_4 là công suất cần thiết để thắng các lực cản do quá trình đưa phoi đất vào gầu; P_5 là công suất cần thiết để thắng lực cản của dao cắt thành bên.

a) Công suất cần thiết để phá vỡ đất



Hình 2. Phoi cắt khi tính lực cản phá vỡ đất

Khi nằm ở độ sâu h và chuyển động quay theo gầu để cắt đất, lưỡi cắt gặp phải sức kháng tiếp tuyến của nền đất:

$$T_0 = \frac{h \cdot k_p \cdot D}{2} \text{ (N)}$$

Trong đó: k_p (N/cm²) là lực cản cắt riêng của đất; h (cm) là chiều sâu ấn của lưỡi cắt vào nền đất; D (cm) là đường kính ứng với

mép ngoài của lưỡi cắt.

Sức kháng tiếp tuyến của gầu, với số lưỡi cắt m là:

$$T = m \cdot T_0 = m \cdot h \cdot k_p \cdot D/2 \text{ (N)}$$

Công suất cần thiết để tách các hạt đất đá là:

$$P_1 = T \cdot v/1000 \text{ (kW)} \quad (21)$$

Trong đó: v (cm/s) là vận tốc theo phương tiếp tuyến của điểm đặt lực T . Coi điểm đặt lực nằm tại vị trí cách tâm $2/3$ bán kính tính đến mép của dao cắt nên ta có:

$$v = \frac{2}{3} \cdot \frac{D \cdot n \cdot \pi}{60 \cdot 100} \text{ (cm/s)} \quad (22)$$

Từ đó có công suất cần thiết để tách các hạt đất đá là:

$$P_1 = \frac{T \cdot v}{1000} = \frac{m \cdot h \cdot k_p \cdot D}{2 \cdot 1000} \cdot \frac{D \cdot n \cdot \pi}{90 \cdot 100} = \frac{m \cdot h \cdot k_p \cdot D^2 \cdot n \cdot \pi}{180 \cdot 10^5} \text{ (kW)} \quad (23)$$

Đặt:

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{\pi \cdot 110^2}{4} \text{ có: } P_1 = \frac{m \cdot h \cdot k_p \cdot n \cdot A}{45 \cdot 10^5} \text{ (kW)} \quad (24)$$

Do địa tầng của đất không đồng đều vì vậy lực cản của nền cũng không đồng đều, nên công suất cần thiết để phá vỡ đất đá được điều chỉnh thông qua hệ số k_0 và được xác định như sau:

$$P_1 = k_0 \cdot \frac{m \cdot h \cdot k_p \cdot n \cdot A}{45 \cdot 10^5} \text{ (kW)} \quad (25)$$

Trong đó: k_0 là hệ số điều chỉnh kể đến sự không đồng nhất của nền đất ($k_0 > 1$) thường lấy $k_0 = 2$, thay giá trị của h từ (19) vào (25), ta được:

$$P_1 = k_0 \cdot k_p \cdot \frac{V_{tt} \cdot A}{45 \cdot 10^5} = 2 \cdot 20 \cdot \frac{132 \cdot 9503}{45 \cdot 10^5} = 11,15 \text{ (kW)} \quad (26)$$

b) Công suất cần thiết để thắng lực ma sát giữa bộ phận công tác với nền đất

Trong khi khoan, lực ma sát xuất hiện trên bề mặt phía sau và mặt bên của lưỡi cắt.

Lực ma sát trên bề mặt phía sau của lưỡi cắt là:

$$F_f = \mu \cdot F_a \quad (\text{N}) \quad (27)$$

Trong đó: μ là hệ số ma sát giữa dao và nền đất, $\mu = 0,6$; F_a là lực ấn gầu khoan vào nền đất tương ứng với chiều sâu ấn dao là h .

Để kể thêm đến ma sát mép bên của lưỡi cắt đối với thành đứng hố khoan, tổng lực ma sát giữa bộ phận công tác với nền đất được tính bằng cách nhân thêm hệ số k (lấy $k = 1,2$) vào công thức (27), ta được:

$$F_f = k \cdot \mu \cdot F_a \quad (\text{N}) \quad (28)$$

Công suất cần thiết để thắng lực ma sát lên bộ phận công tác là:

$$P_2 = F_f \cdot v / 1000 = k \cdot \mu \cdot F_a \cdot v / 1000 \quad (\text{kW}) \quad (29)$$

Thay giá trị của v từ (22) vào (29), ta được:

$$P_2 = \frac{\pi \cdot k \cdot \mu \cdot n \cdot D \cdot F_a}{9 \cdot 10^6} = \frac{\pi \cdot 1,2 \cdot 0,6 \cdot 30 \cdot 110 \cdot 71479}{9 \cdot 10^6} = 59,28 \quad (\text{kW}) \quad (30)$$

c) Công suất cần thiết để thắng lực cản của dung dịch khoan

Trong quá trình khoan, cần khoan và gầu nằm trong khối dung dịch khoan chứa trong hố khoan. Khi quay, chúng có chuyển động tương đối với dung dịch khoan, do đó xuất hiện mô-men cản ma sát giữa bộ phận công tác với dung dịch khoan. Công suất để thắng lực cản của dung dịch khoan có thể áp dụng công thức thực nghiệm sau:

$$P_3 = \alpha \cdot \gamma \cdot L \cdot d^2 \cdot n \cdot \sqrt[3]{n} = 9 \cdot 10^{-7} \cdot 1,05 \cdot 10 \cdot 110^2 \cdot 30 \cdot \sqrt[3]{30} = 10,66 \quad (\text{kW}) \quad (31)$$

Trong đó: $\gamma = 1,05 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ là tỷ trọng của dung dịch khoan, phụ thuộc vào môi trường khoan; $L = 10 \text{ (m)}$ là chiều dài của cần khoan ngập trong môi trường thủy lực; $d = 110 \text{ (cm)}$ là đường kính ngoài của gầu khoan; $n = 30 \text{ (vg/ph)}$ là tốc độ quay cần khoan; α là hệ số thực nghiệm.

d) Công suất cần thiết để thắng các lực cản do quá trình đưa phoi đất vào gầu khoan

Công suất cần thiết để thắng được các lực cản do quá trình đưa phoi vào gầu khoan được xác định bằng biểu thức sau:

$$P_4 = P_{41} + P_{42} \quad (32)$$

Trong đó: P_{41} là công suất để thắng lực cản ma sát khi phoi cắt trượt trên lưỡi cắt để đi vào gầu; P_{42} là công suất tiêu tốn để nâng đất vào gầu được tính ở cuối giai đoạn đầy gầu.

Công suất để thắng lực cản ma sát khi phoi cắt trượt trên răng gầu:

$$P_{41} = \frac{F_{ms} \cdot v}{1000} \quad (\text{kW}) \quad (33)$$

Trong đó: v là vận tốc tiếp tuyến được lấy theo công thức (22), với: $F_{ms} = T \cdot \mu = m \cdot h \cdot k_p \cdot \text{tg}\varphi \cdot D/2 \quad (\text{N})$.

$$P_{41} = m \cdot h \cdot k_p \cdot \text{tg}\varphi \cdot \frac{\pi \cdot n \cdot D^2}{18 \cdot 10^6} = 2,2 \cdot 2,20 \cdot 0,6 \cdot \frac{\pi \cdot 30 \cdot 110^2}{18 \cdot 10^6} = 3,35 \quad (\text{kW}) \quad (34)$$

Công suất tiêu tốn để đưa đất vào gầu ở cuối giai đoạn đầy gầu được xác định như sau:

Lực cản để nâng đất lên độ cao của lớp đất trên cùng khi đầy gầu H_g là:

$$T_{n1} = m \cdot h \cdot H_g \cdot \gamma_d \cdot D/2 \quad (\text{N}) \quad (35)$$

Lực cản ma sát do có sự trượt tương đối giữa đất với đất trong quá trình làm đầy gầu:

$$T_{n2} = m \cdot H_g^2 \cdot \gamma_d \cdot k_1 \cdot D/2 \quad (\text{N}) \quad (36)$$

Trong đó: φ_1 là góc ma sát trong của đất; γ_d (N/cm³) là trọng lượng riêng của đất đá; k_1 là hệ số phụ thuộc vào góc ma sát trong của đất, với:

$$k_1 = \frac{tg\varphi_1}{1 + tg^2\varphi_1} = 0,3$$

Công suất tiêu tốn để đưa đất vào gầu ở cuối giai đoạn đầy gầu là:

$$P_{42} = \frac{T_{n1} + T_{n2}}{1000} \cdot v \quad (\text{kW}) \quad (37)$$

Với: v được xác định theo biểu thức (22), cuối cùng ta được:

$$P_{42} = (h \cdot H_g + k_1 \cdot H_g^2) \cdot \frac{\pi \cdot n \cdot m \cdot \gamma_d \cdot D^2}{18 \cdot 10^6} \\ = (2,2 \cdot 100 + 0,3 \cdot 100^2) \cdot \frac{\pi \cdot 30 \cdot 2 \cdot 18 \cdot 10^{-3} \cdot 110^2}{18 \cdot 10^6} = 7,34 \quad (\text{kW})$$

Thay vào biểu thức (32), ta được:

$$P_4 = P_{41} + P_{42} = 3,35 + 7,34 = 10,69 \quad (\text{kW}).$$

e) Công suất cần thiết để thắng lực cản của dao cắt thành bên

$$P_5 = \frac{2k_p \cdot B \cdot C \cdot v'}{1000} = \frac{2 \cdot 20 \cdot 10 \cdot 5 \cdot 1,88}{1000} = 3,76 \quad (\text{kW})$$

Trong đó: $B = 10$ cm là bề rộng phoi đất mở rộng; $C = 5$ cm là độ dày phoi đất mở rộng; v' (cm/s) là vận tốc theo phương tiếp tuyến của điểm đặt lực.

$$v' = \frac{D_2 \cdot n \cdot \pi}{60 \cdot 100} = \frac{120 \cdot 30 \cdot \pi}{60 \cdot 100} = 1,88 \quad (\text{cm/s})$$

Vậy, tổng công suất là:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 = 11,15 + 59,28 + 10,66 + 10,69 + 4,5 = 96,28 \quad (\text{kW})$$

Mô-men cần tính toán trên cần Kelly từ tổng công suất cần và tốc độ quay cần Kelly:

$$M = \frac{9550 \cdot P}{n} = \frac{9550 \cdot 96,28}{30} = 30649,13 \quad (\text{Nm}) \approx 31 \quad \text{kNm}$$

2.2. Giới thiệu về cần khoan

Cần khoan hay còn gọi là thanh Kelly, nó bao gồm các đoạn nối với nhau theo kiểu ống lồng dạng ống ten. Chức năng của nó là truyền mô-men xoắn từ mâm xoay thủy lực và tổng lực nén dọc trục xuống gầu khoan để thực hiện cắt và tích đất vào gầu. Cấu tạo cần khoan bao gồm 2 đến 5 ống lồng vào nhau, trên bề mặt ngoài của ống có hàn các vấu truyền lực mô-men và gờ hình thang vuông để khóa các thanh Kelly lại với nhau cũng như để nhận và truyền lực dọc trục cho gầu khoan. Trong quá trình làm việc, cần khoan chịu xoắn và nén dọc trục, ngoài ra chúng còn chịu lực va đập và rung động từ mâm xoay và gầu khoan.



Hình 3. Quá trình phân tích mô phỏng cần khoan từ Công ty SIP&T Foundation Drilling Tools

2.3. Mô phỏng điều kiện làm việc để tính toán sức bền của gầu khoan

Thông số cơ bản của gầu: Đường kính thành gầu $D_1 = 1100\text{mm}$; đường kính lỗ khoan $D_2 = 1200\text{mm}$; chiều cao $H = 1000\text{mm}$; thể tích gầu $V_G \approx 0,95\text{m}^3$; khối lượng gầu $M \approx 700\text{Kg}$; chiều dày thành gầu $b = 20\text{mm}$. Loại gầu 2 lưỡi cắt và có 8 răng cắt.

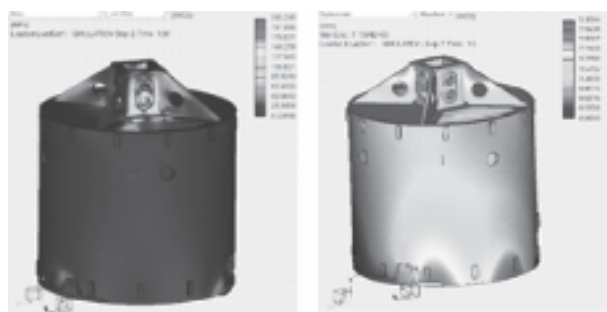
Vì kết cấu gầu khá phức tạp nên ta dùng phần mềm để xây dựng mô hình và mô phỏng để hỗ trợ tính toán sức bền của gầu. Trong quá trình xây dựng mô hình thì toàn bộ gầu được coi là đồng nhất về vật liệu, chất lượng mối hàn của gầu đạt tiêu chuẩn.

Vật liệu chế tạo gầu là thép CT3 có các thông số như sau: $\sigma_k = 450\text{ MPa}$; $\sigma_{ch} = 250\text{ MPa}$; $E = 206\text{ GPa}$; hệ số Poisson là 0,3.



Hình 4. Lực nén và xoắn tác dụng lên cổ gầu

Kết quả mô phỏng và phân tích trên phần mềm Creo Parametric:



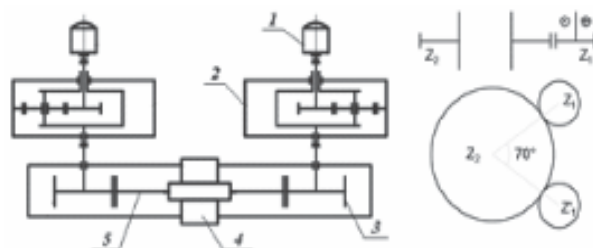
Hình 5. Phân bố ứng suất và chuyển vị trên gầu khi làm việc

Ứng suất lớn nhất nằm ở vị trí liên kết giữa cổ gầu và thân gầu, giá trị ứng suất là 213 MPa, với vật liệu chế tạo gầu là thép CT3 và chất lượng mối hàn thì gầu đảm bảo điều kiện làm việc.

Chuyển vị lớn nhất của gầu khi làm việc là 3,16 mm. Với giá trị này, gầu vẫn thỏa điều kiện làm việc.

2.4. Mâm xoay dẫn động cần khoan

Bộ truyền cơ khí dẫn động cho mâm xoay là cụm chi tiết máy gồm có hộp giảm tốc bánh răng hành tinh, cặp bánh răng trụ, các ổ lăn và khớp nối. Bộ truyền có nhiệm vụ truyền công suất từ động cơ thủy lực đến mâm xoay để quay thanh Kelly và gầu khoan, tiến hành thực hiện cắt và tích đất vào gầu.



Hình 6. Sơ đồ bộ truyền dẫn động cho mâm xoay

1. Động cơ thủy lực;
2. Hộp giảm tốc hành tinh;
3. Bánh răng chủ động;
4. Trục dẫn động cần khoan;
5. Bánh răng bị động

Phân phối tỉ số truyền: $u_{HGT} = 30$; $u_{BRT} = 3$.

Thông số của động cơ thủy lực: Mô-men trên trục động cơ $M_{DC} = 700\text{ Nm}$; số vòng quay $n_{DC} = 900\text{ vg/ph}$ (có thể thay đổi được từ 450 đến 950 vòng/phút); công suất $P_{DC} = 70\text{ kW}$.

Phương pháp tính toán ứng suất trên trục dẫn động:

Ứng suất uốn:

$$\sigma_b = \frac{32M}{\pi d_0^3 (1-C^4)} \quad (38)$$

Ứng suất do lực dọc trục:

$$\sigma_a = \frac{4F_a}{\pi d_0^2 (1-C^2)} \quad (39)$$

Ứng suất do mô-men xoắn:

$$\tau = \frac{16T}{\pi d_0^3 (1-C^4)} \quad (40)$$

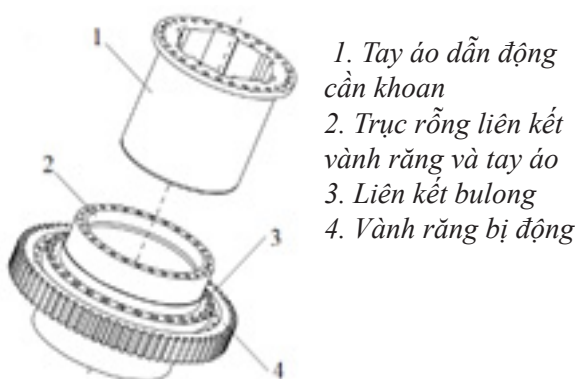
Ứng suất tương đương:

$$\sigma_{td} = \frac{k_b \cdot \sigma_b + \sigma_a}{2} + \sqrt{\left(\frac{k_b \cdot \sigma_b + \sigma_a}{2}\right)^2 + (k_t \cdot \tau)^2} \quad (41)$$

Ứng suất cắt cực đại:

$$\tau_c = \sqrt{\left(\frac{k_b \cdot \sigma_b + \sigma_a}{2}\right)^2 + (k_t \cdot \tau)^2} \quad (42)$$

Trong đó: $C = d_i/d_o$ (d_i là đường kính trong của trục, d_o là đường kính ngoài của trục); k_b là hệ số kết hợp giữa sức và mô đối với trục chịu uốn; k_t là hệ số kết hợp giữa sức và mô đối với trục chịu xoắn.



Hình 7. Cụm dẫn động cần khoan

2.5. Mô phỏng điều kiện làm việc để tính toán sức bền của cần hộp

Cần hộp bao gồm phần thân chia thành ba phần và hệ pully đối hướng. Phần thân hàn từ tấm kim loại dày 15 mm được uốn dạng chữ U dọc suốt chiều dài với một tấm kim loại khác để tạo thành tiết diện hình chữ nhật rỗng, bên trong được hàn các tấm gân tăng cứng. Các bộ phận chính của cần hộp được liên kết với nhau bằng bản lề để có thể gấp gọn lại khi di chuyển và bulong khi làm việc. Trong quá trình xây dựng mô hình thì toàn bộ cần được coi là đồng nhất về vật liệu, chất lượng mối hàn của cần hộp đạt tiêu chuẩn. Vật liệu chế tạo cần hộp là thép CT3 có các thông số như sau: $\sigma_k = 450$ MPa; $\sigma_{ch} = 250$ MPa; $E = 206$ Gpa; khối lượng riêng $\gamma = 7850$ kg/m³; hệ số Poisson là 0,3.



Hình 8. Kết cấu của cần hộp và liên kết bulong ở khớp bản lề

Điều kiện biên: Coi hai vị trí lỗ liên kết cần hộp với xy-lanh và giá đỡ là liên kết Pin (liên kết chốt, cho phép quay quanh trục nhưng không di chuyển tịnh tiến dọc trục).

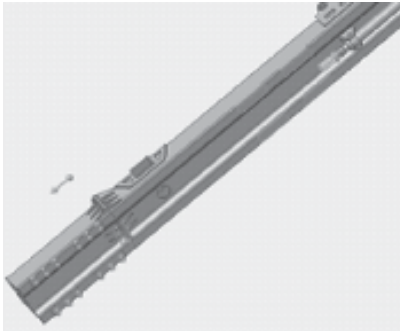
Kết quả mô phỏng và phân tích hai trường hợp làm việc của cần hộp trên phần mềm Creo Parametric:

2.5.1. Trường hợp 1: Khi đang khoan đất

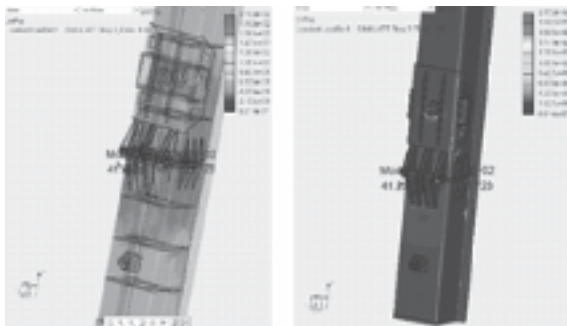
Các lực tác dụng lên cần hộp là:

- Trọng lượng bản thân cần hộp phân bố đều trên chiều dài của nó;
- Tải trọng gió ở độ cao dưới và trên 10m được phân bố đều trên chiều dài của cần;

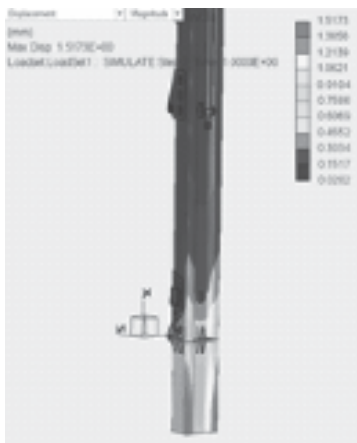
- Lực ép xuống của xy-lanh thủy lực;
- Mô-men xoắn do mâm xoay tác dụng lên cần hộp.



Hình 9. Các lực tác dụng lên cần hộp



Hình 10. Phân bố ứng suất trên cần hộp khi khoan



Hình 11. Chuyển vị trên cần khi khoan

Ứng suất lớn nhất của cần nằm ở lỗ lắp chốt bản lề nối giữa vằn thân giữa và thân dưới. Giá trị ứng suất là 211MPa với vật liệu thép CT3 đáp ứng yêu cầu làm việc.

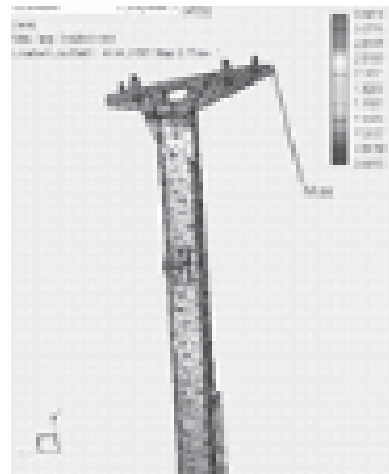
Chuyển vị lớn nhất của cần nằm ở hai đoạn cuối của ray dẫn hướng mâm xoay với độ lớn là 1,52mm thì cần hộp vẫn thỏa điều kiện làm việc.

2.5.2. Trường hợp 2: Khi rút cần khoan lên

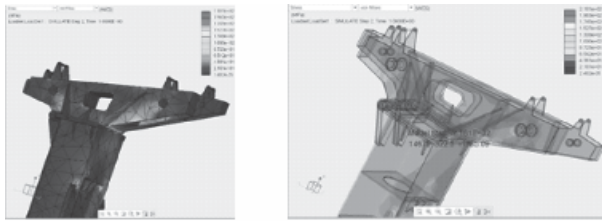
Thời điểm bắt đầu được rút lên gầu ở vị trí sâu nhất (46m), gầu chứa đầy đất và đang ngập trong dung dịch Bentonite. Khi rút gầu khoan, dung dịch theo khe hở giữa gầu và thành lỗ khoan chảy xuống phía dưới gầu. Lực ma sát của dung dịch lên gầu khoan thực tế rất nhỏ so với các thành phần khác nên có thể bỏ qua. Theo kết quả tính toán thì hợp lực tác dụng lên ba trục puly đổi hướng của tời chính lần lượt là $S_1 = 179 \text{ kN}$; $S_2 = 170 \text{ kN}$ và $S_3 = 55 \text{ kN}$. Phân bố ứng suất và chuyển vị của cần được thể hiện ở hình 12 và hình 13.



Hình 12. Các lực tác dụng lên cần hộp



Hình 13. Chuyển vị trên cần hộp khi kéo gầu



Hình 14. Phân bố ứng suất trên cần hộp khi kéo gầu lên

Chuyển vị lớn nhất nằm ở tám kim loại thẳng đứng của hệ pully với giá trị là 3,64mm thì cần hộp thỏa điều kiện làm việc.

Ứng suất lớn nhất là ở góc lượn trên tám thép của hệ pully nằm gần mặt phẳng tiếp xúc của thân giữa cần hộp và hệ pully. Giá trị ứng suất là 218MPa với vật liệu thép CT3 thì cần hộp thỏa điều kiện làm việc. Thông qua mô phỏng trạng thái ứng suất của cần hộp khi lực nâng lớn nhất và mô-men xoắn lớn nhất thì các ứng suất phân bố trên toàn bộ cần hộp đều nhỏ hơn so với giới hạn chảy của vật liệu.

3. KẾT LUẬN

Xác định lực và mô-men cản của đất tác dụng lên bộ công tác của máy khoan cọc nhồi kiểu gầu sẽ là cơ sở để tính toán kết cấu gầu và hệ dẫn động cho gầu khoan cũng như lựa chọn chế độ vận hành phù hợp của máy khi cấp đất và đường kính lỗ khoan thay đổi. Đã tiến hành xác định các trường hợp làm việc của máy nhằm xác định các điều kiện cho việc phân tích phần tử hữu hạn cần hộp. Sau đó sử dụng phần mềm Creo Parametric để phân tích kết cấu và

nhận được kết quả thể hiện các điểm làm việc bất lợi của cần hộp, từ đó thấy được kết cấu mô hình đưa ra đảm bảo khả năng chịu lực và đáp ứng nhu cầu công việc của máy. Các kết quả tính toán và đề xuất kết cấu của bộ công tác khoan có thể sử dụng để triển khai chế tạo trong nước nhằm mục tiêu giảm giá thành so với nhập khẩu. ❖

Ngày nhận bài: **16/9/2023**

Ngày phản biện: **27/10/2023**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Trịnh Chất, Lê Văn Uyển (2007); *Tính toán thiết kế hệ dẫn động cơ khí*, NXB. Giáo dục.
- [2]. Trương Quốc Thành, Nguyễn Văn Mạnh (2014); *Tính toán lực công tác lên thiết bị khoan cọc nhồi kiểu gầu*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng.
- [3]. Vũ Liêm Chính (2002); *Cơ sở thiết kế máy xây dựng*, NXB. Xây dựng.
- [4]. Nguyễn Bá Kế (2010); *Thi công cọc khoan nhồi*, NXB. Xây dựng.
- [5]. Hoa Văn Ngũ, Lưu Bá Thuận (2012); *Máy làm đất*, NXB. Khoa học và Kỹ thuật.
- [6]. Jian Qin, Yimin Ma (2015); *Structural analysis mast of special rotary drilling rig for transmission line*, Atlantis Press.
- [7]. Lưu Bá Thuận (2014); *Sổ tay máy làm đất và làm đường thi công cọc gia cố móng*, NXB. Khoa học và Kỹ thuật.
- [8]. Nguyễn Văn Hùng (2001); *Máy và thiết bị xây dựng*, NXB. Xây dựng.
- [9]. Nguyễn Văn Hợp, Phạm Thị Nghĩa (2006); *Kết cấu thép máy xây dựng – Xếp dỡ*, NXB. Giao thông Vận tải.

THIẾT KẾ VÀ PHÁT TRIỂN BÀN TAY ROBOT ĐÁNH ĐÀN PIANO

DESIGN AND DEVELOPMENT OF BOTH HANDS ROBOT PLAYING PIANO

Trịnh Đức Cường, Nguyễn Trường Thịnh

Viện Công nghệ Thông minh và Tương tác, Trường Đại học Kinh tế
Thành phố Hồ Chí Minh – UEH

TÓM TẮT

Bài báo này mô tả quá trình thiết kế và phát triển robot đánh đàn piano. Robot được thiết kế trên nền tảng của cơ cấu 4 khâu bản lề để tạo nên các ngón tay có thể hoạt động trên phím đàn. Hệ thống robot gồm có 2 bàn tay có thể trượt theo chiều dài của đàn và có thể thực hiện phối hợp hai bàn tay và các ngón tay trên phím đàn nhằm tạo ra những bản nhạc theo yêu cầu. Quá trình thiết kế, lập trình, phân tích và mô phỏng khả năng đánh đàn trên phím đàn thật dựa theo một file midi đã được mô phỏng mang lại khả năng linh động hơn cho robot đánh đàn piano, robot đánh piano sẽ có khả năng thực hiện nhiều bài nhạc nhất có thể mà chỉ cần một người làm mẫu trên phím đàn một vài lần. Kết quả thực nghiệm cho thấy, robot có thể thực hiện biểu diễn các bản nhạc trên đàn piano một cách linh hoạt và chính xác cao.

Từ khóa: Robot đánh piano; Cơ cấu 4 khâu bản lề; Robot âm nhạc; Cánh tay robot.

ABSTRACT

This paper describes the design and development of a piano-playing robot. The robot is designed on the basis of a 4-link mechanism to create fingers, which can operate on the keyboard. The robotic system includes two hands sliding along the length of the piano and cooperating with these two hands and the fingers on the keyboard to create music as required. The designing, programming, analyzing, and simulating of the ability to play on the keyboard of a real piano based on a MIDI file brings more flexibility to the piano-playing robot. The piano-playing robot can play many songs based on the learning from the player playing on the keyboard several times. The experimental results show that the robot can perform music on the piano flexibly and with high accuracy.

Keywords: Piano-playing robot; 4-link mechanism; Musical robot; Manipulator.



1. TỔNG QUAN

Hiện nay, cùng với tốc độ tăng trưởng nhanh của nhu cầu về phát triển robot trong môi trường công nghiệp và dịch vụ thì trong lĩnh vực nghệ thuật cũng đang được nghiên cứu và triển khai ứng dụng robot [1]. Ngoài lĩnh vực công nghiệp và dịch vụ thì robot trong nghệ thuật chưa có nhiều kết quả bởi lẽ vì đây là một môi trường đặc thù mang tính cảm xúc thì robot khó có khả năng mang lại được những hiệu ứng trên sân khấu như một người nghệ sĩ thực thụ [2]. Để đáp ứng nhu cầu về vấn đề trên thì việc ứng dụng robot vừa có khả năng sử dụng nhạc cụ theo cảm xúc thì đó là định hướng nghiên cứu nhằm triển khai các ứng dụng của robot trong cuộc sống [3]. Do đó, bài báo này sẽ tập trung đề cập đến nghiên cứu và phát triển một robot chơi đàn piano với những đặc tính robot như sau: Robot khi đánh piano thì có thể biểu cảm bằng khuôn mặt trong quá trình biểu diễn để từ đó tăng khả năng tương tác đến khán giả; Robot có thể thực hiện biểu diễn nhiều bài nhạc đa dạng [4]. Robot dễ lắp ghép và có tính linh hoạt cao, có thể dễ dàng di chuyển và sử dụng tại nhiều môi trường khác nhau; Robot có thể thực hiện nhiều thao tác đánh phím đàn khác nhau với độ chính xác và tốc độ cao; Robot mang tính độc đáo nên có thể sử dụng nhiều trong thương mại, lẫn kinh doanh cho một số doanh nghiệp đặc thù. Bên cạnh đó, robot vẫn tồn tại một số nhược điểm như: Cần đến không gian hoạt động rộng lớn để có thể bố trí vị trí tay, ảnh hưởng bởi tiếng ồn trong quá trình di chuyển các ngón tay trên bộ truyền... Những khuyết điểm cũng đã được giảm thiểu bởi lẽ robot chơi piano có thể sử dụng thêm loa để tăng âm lượng và sắp xếp một vị trí rộng lớn để bố trí robot hoạt động thoải mái. Nghiên cứu này nhằm nghiên cứu và phát triển robot chơi đàn piano làm cho robot kết nối đến với môi trường nghệ thuật theo cách gần gũi và mang nhiều cảm xúc [5].

Sự hình thành sơ khai của robot chơi đàn bắt đầu từ những năm 1800 đầu tiên trên thế giới được gọi là “The Musician” và được phát triển bởi nhà phát minh Pierre Jaquet-Droz [6]. The Musician là một loại robot tự động có thể chơi piano bằng cách sử dụng các bộ phận cơ học và cơ chế đặc biệt. Đây là một sáng kiến công nghệ đột phá tại thời điểm đó và đã gây sự chú ý lớn trong giới âm nhạc. Cùng lúc đó The Maillardet's Automaton được tạo ra bởi Henri Maillardet là một robot tự động có khả năng chơi nhạc trên đàn piano [7]. Automaton này có thể nhấn các phím piano một cách tự động để tạo ra âm thanh. Nó hiện đang được trưng bày tại một số bảo tàng nổi tiếng như Bảo tàng Franklin ở Philadelphia và Bảo tàng Quốc gia của Scotland. Nghiên cứu liên quan đến robot chơi đàn piano cho thấy sự phát triển và sự quan tâm đáng kể từ các nước trong việc khai thác tiềm năng của công nghệ robot trong lĩnh vực âm nhạc. Các nghiên cứu và dự án trong lĩnh vực này đang tạo ra những tiến bộ đáng kể và đưa robot chơi đàn piano ngày càng gần hơn với khả năng chơi nhạc chuyên nghiệp và tương tác với con người. Hoa Kỳ là một trong những quốc gia tiên phong trong nghiên cứu và phát triển robot chơi đàn piano. Arpeggio là sản phẩm trí tuệ của Nick Morris, chủ sở hữu của Majestic Piano Works ở California. Được trang bị một số công nghệ tiên tiến nhất hiện có và có hệ thống tái tạo Live Performance LX của Wayne Stahnke. Hợp âm rải có thể tái tạo màn trình diễn piano của con người với tất cả độ động và sắc thái của nghệ sĩ piano đẳng cấp thế giới. Có nhiều trường đại học và tổ chức nghiên cứu như Đại học UC Riverside, Georgia Tech và các công ty công nghệ đang thúc đẩy sự phát triển của robot chơi đàn piano ở nước này. Robot sử dụng bộ nhớ RAM hoạt động bằng khí để chơi đàn piano, robot mềm vẫn dựa phụ thuộc vào điện tử cứng để hoạt động, nhưng một phát minh mới có thể giảm bớt sự cần thiết

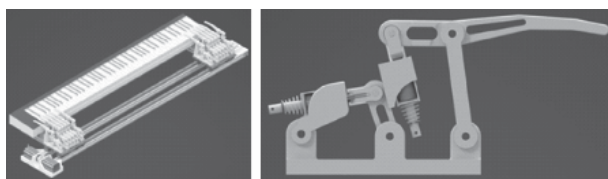
của việc sử dụng chip không linh hoạt. Các nhà nghiên cứu tại Đại học UC Riverside đã phát triển bộ nhớ máy tính khí nén được sử dụng để giúp một robot mềm chơi đàn piano. Thay vì sử dụng các bộ khuếch đại và mạch điện thông thường, bộ nhớ "hoạt động bằng khí" dựa trên van microfluidic để điều khiển luồng không khí. Nhật Bản cũng là một quốc gia tiên phong trong lĩnh vực robot và âm nhạc. Có nhiều dự án và nghiên cứu tại các trường đại học như Đại học Tokyo và các công ty công nghệ Nhật Bản như Yamaha đang phát triển robot chơi đàn piano có khả năng tương tác và chơi nhạc chuyên nghiệp. "RIBA-II: Robot for Interactive Body Assistance" của Đại học Tokyo (Nhật Bản): RIBA-II là một robot đa nhiệm được thiết kế để hỗ trợ con người trong các hoạt động hàng ngày, bao gồm chơi piano [8]. Robot này có khả năng chạm vào các phím piano và tạo ra âm thanh. Châu Âu cũng đang có sự phát triển đáng chú ý trong ngành robot chơi đàn piano. Các nước như Anh, Ý và Đức có nhiều dự án nghiên cứu và phát triển robot đánh đàn piano thông qua sự kết hợp của các trường đại học, viện nghiên cứu và các công ty công nghệ. "RoboPiano" của Đại học Hertfordshire (Anh): RoboPiano là một robot đàn piano tự động có thể chơi các bản nhạc phức tạp. Robot này sử dụng các cảm biến và thuật toán để nhận biết các nốt nhạc và điều chỉnh các động tác chơi piano.

2. THIẾT KẾ BÀN TAY ROBOT CHƠI PIANO

Cơ sở để thiết kế robot chơi đàn piano cần phải đảm bảo thỏa mãn các yêu cầu đề ra, đó là: Độ chính xác; Linh hoạt; Tính ổn định; Tính tương tác và khả năng học. Do đó, cấu tạo của robot chơi đàn piano phụ thuộc vào thiết kế cụ thể và công nghệ sử dụng [9]. Trong nghiên cứu này, robot chơi đàn piano thường có một

khung chắc chắn để giữ cơ cấu chuyển động và các thành phần khác. Cơ cấu chuyển động bao gồm bàn tay, ngón tay và các khớp để cho phép robot di chuyển và chạm vào các phím piano [10]. Cơ cấu chuyển động này có thể được điều khiển bằng các động cơ, bộ truyền động hoặc hệ thống khí nén. Robot được điều khiển bằng phần mềm và các thuật toán điều khiển để thực hiện các động tác chơi nhạc. Hệ thống điều khiển này có thể được lập trình để tạo ra các nốt nhạc, động tác và các yếu tố khác của một bản nhạc [11]. Nó có thể xử lý dữ liệu từ các cảm biến và điều chỉnh các động tác chơi piano tương ứng. Trong nghiên cứu này, một thiết kế bàn tay robot chơi đàn piano di chuyển và chơi đàn bằng Solenoid (như hình 1). Với thiết kế này đảm bảo việc đánh được hầu hết các phím đàn ở trên đàn piano tại nhiều thời điểm khác nhau, cũng như hạn chế được phần nào màn trình diễn của robot chơi đàn piano trở nên quá cứng trong suốt quá trình biểu diễn và dễ dàng sử dụng trên nhiều loại đàn khác nhau, có thể đánh được cả vị trí nốt đen và nốt trắng ở hầu hết các vị trí ở trên phím đàn. Nếu robot sử dụng thiết kế này sẽ đa dạng trong việc trình diễn nhiều bài nhạc khác nhau mà không bị hạn chế bởi vị trí cố định bàn tay chơi piano. Tuy nhiên, thiết kế này có một số nhược điểm như sau: Độ phức tạp trong quá trình lập trình để thực hiện di chuyển cao; sai số tích lũy dẫn đến sai số vị trí ở những yêu cầu sau; yêu cầu gia công phức tạp và mất nhiều thời gian để thiết kế, tính toán, chế tạo, thử nghiệm; Solenoid đem lại tiếng ồn lớn trong quá trình hoạt động. Dựa vào các kích thước tiêu chuẩn phím đàn của nhà sản xuất, ta có thể cho trước được một số kích thước để thiết kế ngón tay dựa vào cơ cấu 4 khâu bản lề. Vì cơ cấu 4 khâu bản lề khó tìm được kích thước phù hợp trên từng khâu, vậy nên dựa vào kích thước phím đàn tiêu chuẩn và ta chọn được một số kích thước nhất định.



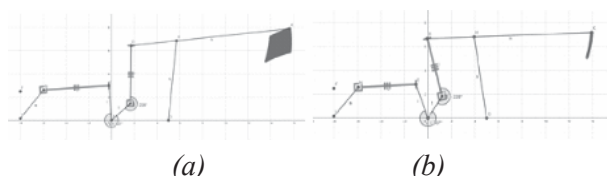


Hình 1. Mô hình hóa hai bàn tay (a) và ngón tay (b) của robot đánh đàn piano được thiết kế.



Hình 2. Kích thước tiêu chuẩn của phím đàn.

Từ các kích thước của phím đàn (Hình 2) và kích thước của cả đàn, chúng ta có thể thiết kế với nguyên lý 4 khâu bản lề. Cơ cấu thanh phẳng toàn khớp thấp là cơ cấu phẳng, trong đó khớp động nối giữa các khâu là khớp thấp (khớp tịnh tiến loại 5 hay khớp bản lề) [2]. Từ đó có thể mô phỏng động học trên phần mềm Geogebra, tìm ra được không gian hoạt động và từ đó suy ra được quỹ đạo di chuyển của đầu công tác.



Hình 3. Không gian hoạt động của đầu ngón tay mô phỏng (a) cũng như hành trình đánh nốt trắng (b) trên phần mềm Geogebra.

Phần màu đen như trên hình 3(a) là không gian hoạt động của đầu công tác khi cả hai Solenoid cùng hoạt động ngẫu nhiên, khác thời điểm để tạo ra, sau đó ta sẽ mô phỏng lại đúng trình tự hoạt động của Solenoid để tìm ra hành trình của đầu công tác, theo phần màu đen thì mỗi hành trình đi của đầu công tác là khoảng 20mm, đây là điều kiện đủ để nhấn

được phím đàn. Đàn piano có thể có cấu trúc và thiết kế khác nhau, lực nhấn của phím đàn piano thường nằm trong khoảng 45-60gram tùy vào các loại đàn khác nhau, do đó lực cần thiết để nhấn một phím có thể có sự khác biệt. Dựa vào thông số bề rộng của mỗi phím đàn là 22 (mm), ta nên thiết kế bề rộng to nhất của ngón tay là 20 (mm) để đảm bảo khoảng cách an toàn tối thiểu giữa hai ngón liền kề 2 (mm) không chạm vào nhau, tránh gặp sự cố hoặc hư hỏng khi chúng hoạt động. Đồng thời, ta phải tính toán, bố trí tất cả các ngón trên bàn tay tối ưu nhất để chơi đầy đủ các hợp âm, tạo ra được nhiều bài nhạc hay hơn. Việc tính toán và thiết kế vị trí đặt ngón tay dựa trên hợp âm trưởng và hợp âm thứ trong hợp âm chơi đàn piano, làm sao cho các vị trí đặt ngón tay có hành trình di chuyển ít nhất và có thể thỏa mãn được tất cả các hợp âm trưởng và hợp âm thứ xuất hiện trong một bài chơi đàn piano.

3. KẾT QUẢ VÀ THỰC NGHIỆM

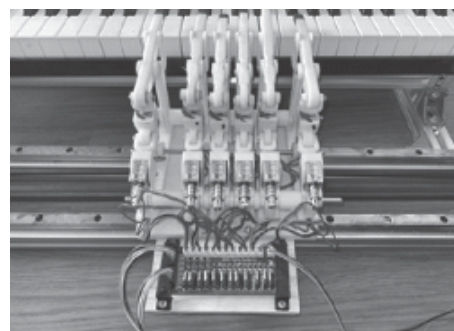
Mô hình đã được tạo thành sau quá trình thiết kế và thực nghiệm:



Hình 4. Hai bàn tay robot đánh đàn piano.

Quá trình thực nghiệm cho phép robot chơi đàn piano dựa trên thuật toán giải mã tập tin midi, thuật toán đã được áp dụng thành công dựa trên tập tin midi đơn giản đã cho trước để tìm ra được các nốt cần nhấn, thời gian nhấn và thời gian thả các nốt đó [12]. Đồng thời, thuật toán cũng tìm ra được giá trị của các phím đàn tiếp theo cần phải nhấn và sau đó đưa tất cả các dữ liệu trên vào thuật toán di chuyển cánh tay trên từng bàn tay chơi đàn piano. Các nốt cần nhấn, thời gian nhấn và thời gian thả được thực hiện sau quá trình lọc dữ liệu, từ đó thuật toán đã tìm ra được tay phải cần nhấn nốt cũng như thời gian giữ. Với kết quả này, thuật toán đã cung cấp chi tiết các thông tin cần có, cho phép robot đưa vào thuật toán tìm quãng đường di chuyển cho bàn tay robot để có thể đánh đúng nốt nhạc theo tập tin midi cung cấp. Các kết quả này có thể được áp dụng cho mọi bộ đầu vào tương tự và đảm bảo tính chính xác và hiệu suất trong việc điều khiển robot để chơi nhạc trên đàn piano một cách tự động. Sau khi chạy thử nghiệm thuật toán từ các tập tin midi đơn giản, ta có thể đánh giá được hiệu suất và tính đúng đắn, và kết quả cho thấy thuật toán của chúng ta hoạt động tốt trong việc phân tích và lọc ra các dữ liệu cần thiết từ tập tin midi đơn giản để cung cấp cho thuật toán tìm quãng đường di chuyển cho bàn tay robot. Tuy nhiên, việc áp dụng thuật toán trên các bộ dữ liệu lớn hoặc các tình huống phức tạp khác cần được tiếp tục nghiên cứu và đánh giá để xây dựng hoàn thiện tính ứng dụng và hiệu quả của thuật toán này. Trong phần kết quả được in ra sau khi chạy thuật toán, thuật toán của chúng ta đã được áp dụng thành công để tìm ra quãng đường di chuyển ngắn nhất và vị trí các ngón tay cần nhấn trên đàn piano dựa trên các nốt nhạc đã được đánh và các nốt nhạc tiếp theo cần đánh. Với kết quả này, thuật toán đã cho phép chúng ta tìm ra quãng đường di chuyển ngắn nhất và vị trí các ngón tay cần nhấn để

chơi đúng nốt nhạc trên đàn piano [13]. Các kết quả này có thể được áp dụng cho mọi bộ đầu vào tương tự và đảm bảo tính chính xác và hiệu suất trong việc điều khiển robot để chơi nhạc trên đàn piano một cách tự động. Sau khi chạy thử nghiệm thuật toán từ các tập tin midi đơn giản, ta có thể đánh giá được hiệu suất và tính đúng đắn, và kết quả cho thấy thuật toán của chúng ta hoạt động tốt trong việc tìm quãng đường di chuyển ngắn nhất và vị trí các ngón tay cần nhấn. Tuy nhiên, việc áp dụng thuật toán trên các bộ dữ liệu lớn hoặc các tình huống phức tạp khác cần được tiếp tục nghiên cứu và đánh giá để xây dựng hoàn thiện tính ứng dụng và hiệu quả của thuật toán. Sau khi cấp điện, đo và ghi lại các giá trị dòng điện và điện áp tại các điểm quan trọng trong mạch, bao gồm dòng điện base, điện áp base-emitter, dòng điện collector và điện áp collector-emitter, ta có thể đảm bảo rằng chất lượng in mạch thực sự tốt và mạch hoạt động bình thường, sau đó mới hàn các linh kiện điện tử và đưa vào sử dụng. Điện trở phụ nằm giữa chân Base (B) và chân tín hiệu của PCF8574 có vai trò giới hạn dòng điện vào Transistor TIP120. Với mạch thiết kế như trên, chúng ta có thể kích hoạt Solenoid 24V bằng cách cung cấp tín hiệu từ mạch PCF8574. Sau khi chạy thử nghiệm mạch để kích các Solenoid trên bàn tay, kết quả thu được cho thấy tín hiệu mạch điện nhanh, có tính ổn định cao, nhiệt độ hoạt động ổn định.



Hình 5. Mạch điện được lắp vào điều khiển các ngón tay trên mô hình thực tế.



Bảng 1 trình bày thống kê các thông số sau khi cho robot chạy thực nghiệm trên phím đàn thật. Đánh giá kết quả thực nghiệm, ta nhận thấy kết quả cho ra thông số tốt, tỉ lệ đánh trúng

các vị trí phím đàn cao, chiếm tỉ lệ $\geq 97\%$. Đối với các bài nhạc dễ dàng, chậm và thông dụng thì kết quả cho ra có phần tốt hơn khi tỉ lệ đánh trúng của phím đàn là $\approx 100\%$.

Bảng 1. Thống kê kết quả chơi đàn chạy thực nghiệm

Bài nhạc	Số liệu thu được	Số phím đàn đánh được	Số phím đàn đánh lỗi	Tỉ lệ hoàn thành
	Lần thử			
Let it go	1	136	3	97.84%
	2	137	2	98.56%
	3	137	2	98.56%
	4	138	1	99.28 %
	5	138	1	99.28%
See you again	1	126	4	96.92%
	2	126	4	96.92%
	3	127	3	97.69%
	4	127	3	97.69%
	5	128	2	98.46%
Happy birthday	1	69	1	98.57%
	2	70	0	100%
	3	70	0	100%
	4	70	0	100%
	5	70	0	100%

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã hoàn thành và chế tạo thành công hai bàn tay robot đánh đàn piano thông qua quá trình thiết kế, lập trình, phân tích và mô phỏng khả năng chơi đàn trên phím thật. Robot chơi đàn piano đạt được hiệu suất cao và chính xác, ngoài ra robot còn có khả năng biểu diễn cảm xúc và tương tác với khán giả. Hệ thống robot được thiết kế và phát triển cung cấp khả năng thông minh và linh hoạt cho phép nó chơi được nhiều bài nhạc khác nhau và thích nghi với yêu cầu của khán giả.

Lời cảm ơn:

Nghiên cứu này được sự hỗ trợ về tài chính của Trường Đại học Kinh tế Thành phố Hồ Chí Minh – UEH. Bài báo này là sản phẩm của đề tài nghiên cứu khoa học công nghệ cấp trường có mã số CTD-2023-07 được tài trợ bởi Trường Đại học Kinh tế Thành phố Hồ Chí Minh.❖

Ngày nhận bài: **28/9/2023**

Ngày phản biện: **19/10/2023**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Sugano, Shigeki, et al. "*Autonomic Limb Control of the Information Processing Robot – Movement control system of robot musician ‘WABOT-2’*". Journal of the Robotics Society of Japan 3.4 (1985): 339-353.
- [2]. Solis, Jorge, et al. "*Development of Waseda flutist robot WF-4RIV: Implementation of auditory feedback system*". 2008 IEEE International Conference on Robotics and Automation. IEEE, 2008.
- [3]. Weinberg, Gil, and Scott Driscoll. "*The interactive robotic percussionist: new developments in form, mechanics, perception and interaction design*". Proceedings of the ACM/IEEE international conference on Human-robot interaction. 2007.
- [4]. Lin, Jen-Chang, et al. "*Electronic piano playing robot*". 2010 International Symposium on Computer, Communication, Control and Automation (3CA). Vol. 2. IEEE, 2010.
- [5]. Zhang, Dan, et al. "*Design and analysis of a piano playing robot*". 2009 International Conference on Information and Automation. IEEE, 2009.
- [6]. Teresa, Zielinska. "*History of service robots*". Robotics: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications. IGI Global, 2014. 1-14.
- [6]. Jen-Chang, Lin, et al. "*Design of piano-playing robotic hand*". IAES International Journal of Robotics and Automation 3.2 (2014): 118.
- [7]. Brooks, Rodney. "*Humanoid robots*". Communications of the ACM 45.3 (2002): 33-38.
- [8]. Ruiz-Vanoye, Jorge A., et al. "*Editorial for Volume 10 Number 3: Can Machines Play Musical Instruments?*". International Journal of Combinatorial Optimization Problems and Informatics 10.3 (2019): 1.
- [9]. Hughes, J. A. E., P. Maiolino, and Fumiya Iida. "*An anthropomorphic soft skeleton hand exploiting conditional models for piano playing*". Science Robotics 3.25 (2018): eaau3098.
- [10]. Li, Yen-Fang, and Chi-Yi Lai. "*Intelligent algorithm for music playing robot – Applied to the anthropomorphic piano robot control*". 2014 IEEE 23rd International Symposium on Industrial Electronics (ISIE). IEEE, 2014.
- [11]. Aukkhosuwat, Wuttichon, and Wannarat Suntiamorntut. "*Experimental Piano – Playing Robot Hand*". 2021 25th International Computer Science and Engineering Conference (ICSEC). IEEE, 2021.
- [12]. Li, Yen-Fang, and Li-Lan Chuang. "*Controller design for music playing robot – Applied to the anthropomorphic piano robot*". 2013 IEEE 10th International Conference on Power Electronics and Drive Systems (PEDS). IEEE, 2013.
- [13]. Gao, Guang, et al. "*An intelligent piano playing algorithm applied to the humanoid robot*". 2022 12th International Conference on CYBER Technology in Automation, Control, and Intelligent Systems (CYBER). IEEE, 2022.

THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO ROBOT BẦY ĐÀN ỨNG DỤNG TRONG NGHIÊN CỨU

DESIGN AND FABRICATE SWARM ROBOT FOR RESEARCH APPLICATION

Đặng Trí Dũng, Nguyễn Minh Triều, Nguyễn Trường Thịnh*

Viện Công nghệ Thông minh và Tương tác, Trường Đại học Kinh tế Thành phố Hồ Chí Minh

TÓM TẮT

Swarm robotics là một lĩnh vực nghiên cứu đa ngành tập trung vào vấn đề xây dựng các bộ điều khiển phi tập trung được lấy cảm hứng từ các loài sinh vật sống thành bầy trong tự nhiên để điều khiển một số lượng lớn các robot cùng phối hợp thực hiện một nhiệm vụ chung. Phần lớn các đánh giá của những giải thuật này yêu cầu phải thực hiện trên bầy robot có số lượng cá thể lớn, dẫn đến việc các thực nghiệm robot bầy đàn trở nên khá tốn kém. Bài báo này trình bày về quá trình thiết kế và chế tạo một bầy đàn robot với mục đích ứng dụng trong nghiên cứu. Các robot trong bầy đàn này được phát triển để có khả năng tự tổ chức và làm việc cùng nhau để thực hiện các nhiệm vụ nghiên cứu phức tạp. Bài báo bao gồm thông tin về quá trình thiết kế, điều khiển và tích hợp các cảm biến, cũng như về việc áp dụng bầy đàn robot này trong các ứng dụng nghiên cứu cụ thể. Các kết quả và lợi ích của việc ứng dụng robot bầy đàn trong nghiên cứu cũng được thảo luận trong bài báo.

Từ khóa: Robot; Bầy đàn; Thiết kế; Chế tạo.

ABSTRACT

Swarm robotics is a multidisciplinary research field focused on the development of decentralized controllers inspired by natural organisms that live in swarms, aiming to control a large number of robots collaboratively in performing common tasks. Most evaluations of these algorithms require testing on large groups of robots, making swarm robotics experiments relatively costly. This paper presents the process of designing and manufacturing a swarm of robots for research purposes. These robots are developed to possess self-organization capabilities and work together to perform complex research tasks. The paper includes information about the design, control, sensor integration, as well as the application of this robot swarm in specific research scenarios. The results and benefits of applying swarm robotics in research are also discussed in the paper.

Keywords: Robot; Swarm; Design; Fabricate.

1. TỔNG QUAN

Trong lĩnh vực điều khiển hệ đa robot, việc điều phối một lượng lớn các robot, từ vài chục đến vài nghìn cá thể, thông qua các bộ điều khiển phi tập trung dựa trên khả năng giao tiếp cục bộ của chúng, đang được coi là một hướng tiếp cận mới với robot bầy đàn. Cách tiếp cận này thường lấy cảm hứng từ các hành vi tập thể của sinh vật tự nhiên, như các loài sống thành bầy, có khả năng tự tổ chức. Tính tự tổ chức này đang được nghiên cứu và ứng dụng trong hệ điều khiển đa robot, tuy vẫn còn khá mới và chưa phổ biến rộng rãi. Hệ điều khiển của robot bầy đàn không tập trung vào một hệ thống xử lý trung tâm. Thay vào đó, nó dựa vào khả năng giao tiếp giữa các robot để họ có thể trao đổi thông tin và hợp tác để hoàn thành nhiệm vụ chung. Loại hệ điều khiển này được gọi là hệ điều khiển phân tán. Nhờ vào tính tự tổ chức và hệ điều khiển phân tán, hệ robot bầy đàn có ba ưu điểm nổi trội so với các hệ đa robot khác: khả năng mở rộng, tính linh hoạt và tính ổn định [1]. Kilobot là một robot cực kì thích hợp trong việc phục vụ nghiên cứu bộ điều khiển phi tập trung cho robot bầy đàn vì sự nhỏ gọn, thiết kế đơn giản của nó. Được giới thiệu lần đầu tiên bởi Rubenstein và đồng sự [2], và các nghiên cứu xoay quanh xây dựng hành vi tập thể cho Kilobot cũng được phát triển. Khác với các robot di động thông thường có chuyển động dựa trên truyền động hai bánh vi sai, chuyển động của Kilobot dựa vào chân áp điện rung động (chuyển động thanh trượt). Điều này khiến robot di chuyển rất chậm và không có hệ thống hồi tiếp cho kiểu chuyển động này, dẫn đến là các thuật toán áp dụng trên robot này cũng khó áp dụng trên các hệ robot có sẵn khác. E-puck 2 [3] của Francesco Mondada và cộng sự từ Ecole Polytechnique Federale de Lausanne, Thụy Sĩ (EPFL) hay Cellulo [4] của Quỹ Khoa học Quốc gia Thụy

Sĩ, Ayberk Özgür là những ví dụ khác cho robot bầy đàn. E-puck 2 có kích thước nhỏ (Φ 70mm, cao 45 mm), sử dụng bộ vi sai hai bánh với một bộ cảm biến phong phú: 8 cảm biến tiệm cận hồng ngoại, camera màu CMOS, 3 x microphone, điều khiển từ xa IR, gia tốc kế 3D và tất nhiên có bộ xử lý mạnh mẽ được cung cấp bởi dsPIC 30F6014A. Tuy nhiên, thực tế cho thấy, các nghiên cứu này thường dựa trên mô phỏng hoặc sử dụng số lượng cá thể robot thấp, do giá thành của chúng khá đắt đỏ. Ví dụ, hệ robot bầy đàn Cellulo đi kèm với hệ thống định vị trung tâm, điều này giới hạn khả năng mở rộng của nó.

Ở Việt Nam, nghiên cứu về robot bầy đàn tại các trường đại học và viện nghiên cứu còn hạn chế. Các nghiên cứu về hệ nhiều robot thường tập trung vào việc phát triển bộ xử lý tập trung thay vì tập trung vào bộ xử lý phân tán. Mặc dù đã có một số ít bài báo công bố về nghiên cứu robot bầy đàn [5-7], nhưng chúng thường dừng lại ở mức mô phỏng. Nghiên cứu về robot bầy đàn không chỉ liên quan đến việc nghiên cứu hành vi của từng robot mà còn nghiên cứu về hành vi của toàn bộ bầy – hành vi tập thể, điều này rất quan trọng cho việc ứng dụng trong việc điều phối các hệ thống robot hoạt động hàng ngày, ví dụ như robot trong nhà máy, kho hàng, chuỗi cung ứng, và nhiều ứng dụng khác. Với sự tập trung vào số lượng lớn robot, chúng cần tự tổ chức, tự cấu hình và điều khiển phi tập trung. Mặc dù có tiềm năng và khả năng ứng dụng rộng rãi của nghiên cứu về robot bầy đàn, nhưng nó hiện đang đối diện với một số hạn chế, bao gồm vấn đề về giá cả và thiếu sự quan tâm trong nghiên cứu tại Việt Nam, cũng như sự hiếm hoi của các ứng dụng thực tế của robot bầy đàn trên toàn thế giới. Ngoài ra, tính phức tạp trong thiết kế và điều khiển của hệ thống cũng là một thách thức đáng kể. Vì vậy, nghiên cứu này đề xuất xây dựng

một nền tảng robot di động có kích thước nhỏ và chi phí hợp lý, nhằm hỗ trợ nghiên cứu trong lĩnh vực robot bầy đàn. Nền tảng này bao gồm thiết kế phần cứng và các tác vụ được thiết kế phù hợp với nó, cũng như đáp ứng nhu cầu của nhiều nghiên cứu trước đây.

2. YÊU CẦU THIẾT KẾ ROBOT BẦY ĐÀN

Khi các lợi ích của hệ thống robot bầy đàn được thảo luận, thường có ba lợi thế chính được đề cập [8], đó là: ổn định, linh hoạt và mở rộng. Điểm ổn định xuất phát từ tính dự phòng và sự thiếu vắng điểm lỗi đơn lẻ trong đàn robot đồng đều. Ngay cả khi có lỗi nhỏ, hiệu suất tổng thể vẫn giữ nguyên. Tính linh hoạt phát sinh từ việc các robot trong đàn gần như giống hệt nhau, cho phép mỗi con thực hiện nhiều vai trò và thích ứng với các nhiệm vụ mà không cần phải tùy chỉnh phần cứng. Khả năng mở rộng đến từ việc các phương pháp điều khiển của đàn robot linh hoạt với bất kỳ quy mô nào. Giao tiếp trong đàn có thể là rõ ràng hoặc ngầm, tùy thuộc vào việc thông điệp được gửi trực tiếp hay hành vi được điều chỉnh dựa trên các dấu hiệu cảm nhận được, tạo điều kiện cho sự hợp tác. Stigmergy, hoặc giao tiếp thông qua môi trường, cũng đóng vai trò trong sự phối hợp của đàn robot, chẳng hạn như dấu pheromone ở kiến hoặc tín hiệu trong vật liệu xây dựng [9].

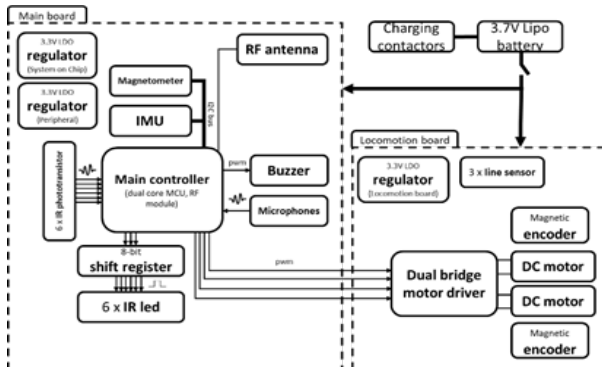
3. THIẾT KẾ PHẦN CỨNG

Về mặt tổng thể, thiết kế phần cứng cho robot bầy đàn có nhiều khác biệt so với robot đơn lẻ. Trong bầy robot, phần cứng có thể đa dạng về mặt đồng nhất hoặc không đồng nhất, nhưng nó phải đảm bảo sự đơn giản, nhỏ gọn và chi phí thấp. Nghiên cứu này tập trung vào thiết kế một nền tảng robot bầy đàn đồng nhất với mục tiêu sử dụng trong môi trường giáo dục và phòng thí nghiệm với chi phí thấp. Hơn nữa,

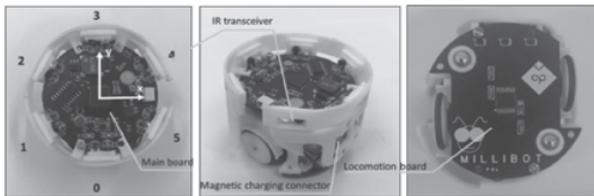
việc thiết kế phải hỗ trợ việc tháo rời và lắp ráp dễ dàng, vì sản xuất và lắp ráp một lượng lớn robot có thể tốn thời gian và chi phí. Mục tiêu của nghiên cứu là tạo ra một bo mạch hoàn chỉnh với đầy đủ các bộ phận cảm biến, vi điều khiển và module chức năng để các cá thể robot có kích thước nhỏ gọn. Ngoài ra, năng lượng và khả năng di chuyển cũng được xem xét để đảm bảo kích thước của robot. Thiết kế của Millibot tập trung vào ba mục tiêu chính: Hỗ trợ mở rộng các hoạt động của đàn robot, linh hoạt trong việc chọn lựa hệ thống truyền thông và khả năng thực hiện các tác vụ dài hạn.

3.1. Thiết kế hệ thống điện cho cá thể robot

Với các yêu cầu được nêu ở các phần trên thì hệ thống điện của robot có thể được đề xuất như hình 1. Để có thể tối ưu hóa kích thước của robot, tất cả các cảm biến, các module chức năng, cơ cấu chấp hành đều phải được tích hợp lên trên các bo mạch. Dựa trên hệ thống đề xuất ở hình 1, các thành phần có thể onboard bao gồm: Bộ xử lý trung tâm, bộ phận truyền nhận dữ liệu bằng ánh sáng hồng ngoại, bộ phận truyền nhận dữ liệu bằng âm thanh, bộ thu/phát WiFi, IMU, driver và bộ nguồn. Việc chọn lựa các thành phần cho hệ thống điện nêu trên phải đáp các tiêu chí để xây dựng một hệ thống robot bầy đàn được nêu ở phần tổng quan. Hệ thống điện của cá thể robot được chia làm hai phần chính phân bố trên hai bo mạch phân biệt có chức năng cụ thể và không thể tách rời: Locomotion board và main board. Bo mạch chính chứa các bộ phận chức năng bao gồm bộ điều khiển chính tích hợp các chuẩn truyền thông WiFi và Bluetooth, cảm biến và hệ thống giao tiếp cục bộ giữa các robot dựa trên ánh sáng hồng ngoại và âm thanh. Trong khi đó, locomotion board có đầy đủ chức năng chịu trách nhiệm cho việc di chuyển của robot. Thiết kế của các cá thể robot được biểu diễn trên hình 2.



Hình 1. Hệ thống điện của Millibot gồm hai phần chính: Main board và locomotion board.



Hình 2. Millibot với main board (trái) được đặt phía trên và locomotion board (phải) được đặt phía dưới của robot.

3.2. Bộ điều khiển trung tâm

Việc chọn lựa bộ điều khiển trung tâm cho cá thể robot phụ thuộc vào các tác vụ mà nó đảm nhận và khả năng xử lý của nó. Theo các chỉ tiêu về chi phí, tốc độ xử lý và các chức năng có sẵn của nó, bộ điều khiển trung tâm của Millibot được cung cấp bởi dòng Espressif's System on Chip (SoC) ESP32 có bộ vi xử lý Xtensa 32-bit lõi kép với tốc độ có thể thiết lập lên tới 240 MHz. Để giảm kích thước của mainboard, ESP32-PICO-D4 được lựa chọn vì nó được tích hợp tất cả các thành phần ngoại vi tối thiểu để bộ điều khiển có thể hoạt động trong 01 package duy nhất bao gồm oscillator, bộ nhớ flash 4MB, các tụ lọc và mạch matching tần số RF. ESP32 hỗ trợ giao tiếp WiFi 2.4 GHz và Bluetooth low energy trong cùng 01 package. Module ESP32-PICO-D4 được đóng gói dưới dạng 01 chip PLA 48-pins nhỏ gọn với kích thước 7mm x 7mm.

3.3. Hệ thống di chuyển

Millibot sử dụng hai động cơ DC có hộp giảm tốc (9161C), được đặt song song và không đồng trục nhằm giảm tổng kích thước của robot. Hai bánh lăn bằng bi inox được đặt đối xứng để giúp robot duy trì cân bằng và tạo mô hình skid-steered. Với tính ổn định cơ học và khả năng tiếp cận, mô hình skid-steered là một trong những mô hình phổ biến nhất được sử dụng trong robot di động. Sự phức tạp của mô hình tương tác giữa bánh xe và địa hình được biểu diễn thông qua tham số độ ma sát bề mặt khi robot di chuyển trên đường cong, là một vấn đề khó giải quyết trong mô hình này. Mô hình này trở nên phức tạp do bánh xe của nền tảng skid-steered phải trượt ngang và/hoặc dọc khi thực hiện chuyển động theo đường cong. Tuy nhiên, do giới hạn tính toán của từng robot trong bầy đàn, chuyển động theo đường cong hiếm khi được sử dụng trong các ứng dụng. Về chuyển động tịnh tiến và quay tại chỗ, ngay cả khi các động cơ không quay quanh cùng một trục, robot vẫn có lực và mô-men tương tự như robot có bánh di chuyển kiểu vi sai. Do đó, mô hình dẫn động vi sai của hai bánh vẫn có thể áp dụng trong trường hợp này. Gọi V và ω biểu diễn vận tốc góc và vận tốc tuyến tính của một cá thể robot bất kỳ, vận tốc bánh xe bên phải và bên trái, $\dot{\theta}_r$ và $\dot{\theta}_l$, có thể được xác định thông qua phương trình 1.

$$\begin{bmatrix} \dot{\theta}_r \\ \dot{\theta}_l \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{r_w} & -\frac{r_r}{r_w} \\ \frac{1}{r_w} & \frac{r_r}{2r_w} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V \\ \omega \end{bmatrix} \quad (1)$$

Trong đó, r_r và r_w lần lượt là khoảng cách giữa hai bánh xe và bán kính của mỗi bánh xe.



Để điều khiển sự di chuyển của robot, chúng ta tích hợp một chip điều khiển dạng cầu H kép (DRV8833) vào mạch. Chip này được sử dụng để giới hạn dòng điện cảm ứng cho mỗi cầu H. Điện áp cung cấp cho mạch điều khiển được quy định ở mức 3,3V và dòng điện tối đa cung cấp cho mỗi động cơ được giới hạn trong khoảng 133 mA. Với bánh xe có đường kính 18mm, tốc độ trung bình của bầy đàn là khoảng 25 cm/s. Ngoài ra, có thể sử dụng đầu vào của bộ điều khiển để điều khiển tốc độ động cơ thông qua PWM 8-bit tích hợp trong bộ điều khiển trung tâm. Phản hồi về tốc độ được cung cấp bởi bộ encoder từ một kênh trên mỗi động cơ. Để giúp robot di chuyển theo quỹ đạo mong muốn, chúng ta áp dụng hai bộ điều khiển vòng kín vận tốc độc lập (bộ điều khiển PID) cho mỗi bánh xe. Tuy nhiên, vấn đề chính trong thiết kế của Millibot là tín hiệu phản hồi chỉ được cung cấp từ bộ mã hóa một kênh, trong khi hầu hết các platform mobile robot trước đây sử dụng ít nhất hai kênh cho bộ encoder. Do đó, bộ điều khiển thông thường chỉ có khả năng xác định tốc độ chứ không thể xác định vận tốc. Điều này dẫn đến việc robot không thể đảo hướng bánh xe trong lúc di chuyển nếu sử dụng bộ PID thông thường.

Để có thể điều khiển động cơ quay theo hướng mong muốn, tham số virtual direction sign được đưa vào. Ý tưởng chính của phương pháp này là tạo điểm đặt tạm thời ở tốc độ bằng 0 cho bộ điều khiển PID khi động cơ đảo chiều quay của nó. Gọi $S_L, S_R \in \{1, -1\}$ lần lượt là virtual direction sign của bánh xe trái và phải, vận tốc bánh xe trái và phải có thể được xác định bằng phương trình 2.

$$\dot{\theta}_L = S_L \frac{2\pi r_w}{T} m_g \quad (2)$$

Với T là thời gian cho một vòng quay của trục động cơ và m_g là tỷ số truyền của động cơ. Virtual direction sign sẽ không đổi cho đến

khi động cơ dừng. Tại thời điểm ngay khi động cơ dừng, điểm đặt mong muốn sẽ được thiết lập và virtual direction sign sẽ thay đổi. Bằng phương pháp này, tốc độ phản hồi của bộ điều khiển PID sẽ bị giảm đi và phụ thuộc vào tốc độ phản hồi của phương pháp zero speed detection được sử dụng trong bộ điều khiển. Trong thực tế, do giới hạn phần cứng đơn giản, zero speed không thực sự được phát hiện, chỉ có thể phát hiện T vượt quá một ngưỡng cho trước T_0 và ngưỡng này phụ thuộc vào tốc độ điều khiển tối thiểu của động cơ. Trong trường hợp của Millibot, với $m_g = 1:171$ và tốc độ tuyến tính tối thiểu trung bình của Millibot là 10 cm/s, nên T_0 được đặt 40ms.

3.4. Hệ thống năng lượng

Nghiên cứu này sử dụng pin Lipo làm nguồn năng lượng cho robot vì nó có khả năng chịu tải tốt và hoạt động ở mức điện áp từ 4.2V đến 3.3V, phù hợp với tất cả các linh kiện trong Millibot. Một bộ pin Li-Po 3.7V 2 cell nối tiếp có kích thước 38 x 25 x 12 mm và dung lượng 1000mAh được dùng để cấp nguồn cho Millibot. Mặc dù các thành phần điện tử trong robot có dải điện áp hoạt động khác nhau, nhưng chúng đều có thể hoạt động bình thường ở 3.3V, vì vậy nghiên cứu sử dụng các bộ điều chỉnh áp với áp rơi thấp giá rẻ. Các bộ điều chỉnh áp thông thường như AMS1117 hoặc LV317 không thích hợp trong trường hợp này do độ rơi áp cao. Thay vào đó, nghiên cứu sử dụng RT9013-33G, một bộ điều chỉnh áp phù hợp nhất với dải điện áp hoạt động rộng từ 2.2V đến 5.0V và đầu ra cố định ở 3.3V. Cụ thể, điện áp rơi tối đa trên đầu ra là 250mV khi dòng cực đại lên tới 500mA.

3.5. Phương thức truyền thông giữa các cá thể

Trong robot bầy đàn, nhiệm vụ chủ yếu được thực hiện thông qua sự cộng tác giữa các

robot. Với sự thiếu hụt của bộ điều khiển trung tâm, giao tiếp giữa các robot trở thành một yếu tố quan trọng cho sự hoạt động của từng cá thể trong bầy. Giao tiếp này có thể được chia thành hai loại chính: trực tiếp (explicit) và gián tiếp (implicit). Trong nhiều nghiên cứu, giao tiếp dựa trên phương pháp sử dụng pheromone, như kiến, đã được áp dụng cho robot. Tuy nhiên, phương pháp này cũng mang theo nhiều hạn chế, bao gồm khả năng truyền tải thông tin hạn chế (sensor chỉ có thể phát hiện sự có hoặc không có của chất giả pheromone), cũng như khả năng chỉ thị đích xác cá thể cần tiếp nhận thông tin. Phương pháp truyền thông qua sóng radio, như wifi, Bluetooth, RF, NFC cũng được sử dụng rộng rãi trong robot. Tuy nhiên, những phương pháp này đòi hỏi năng lượng tiêu thụ cao và có thể trở nên quá tải khi số lượng robot trong bầy tăng lên. So với những phương pháp giao tiếp giữa các robot đã được đề cập, sử dụng hồng ngoại trở thành một lựa chọn hợp lý cho việc trao đổi thông tin giữa các robot trong các ứng dụng bầy đàn. Điều này đặc biệt thích hợp với các robot có kích thước nhỏ sử dụng trong môi trường phòng thí nghiệm do tính linh hoạt và khả năng mở rộng của nó.

Cảm biến hồng ngoại đã được lựa chọn vì chúng có chi phí thấp, đáng tin cậy trong phạm vi cho phép, và dễ dàng trong việc thiết kế và cài đặt. Môi trường hoạt động của các cá thể trong bầy được giả định và đã được xác định trước, bao gồm thông tin về không gian hoạt động với sự giới hạn. Do đó, thông tin về môi trường xung quanh robot là ổn định và không thay đổi. Ngoài ra, do mỗi cá thể robot được giả định có cấu trúc đơn giản và xử lý các nhiệm vụ với tài nguyên tối ưu, sai số trong việc đo khoảng cách chỉ cho phép một mức độ nhất định (lên đến 1cm). Millibot được trang bị 6 bộ thu phát hồng ngoại được phân bố đều quanh bo mạch chính của robot. Mỗi bộ thu phát bao gồm một đèn LED phát hồng ngoại và một transistor hồng ngoại được sử dụng để thu sóng

ánh sáng hồng ngoại, với góc mở khoảng 60 độ. Tất cả các đèn LED phát hồng ngoại được điều khiển thông qua các bộ chuyển tiếp bit 8-bit serial-in, parallel-out, có khả năng cung cấp tần số chuyển đổi đầu ra lên đến 1kHz. Sáu transistor hồng ngoại này kết nối trực tiếp với 6 kênh ADC riêng biệt 12 bit trên bo mạch chính. Nhờ vào chức năng direct memory access, dữ liệu từ các kênh ADC này có thể được lưu trữ trực tiếp vào bộ nhớ mà không cần sự can thiệp của CPU, dẫn đến tốc độ lấy mẫu tối đa ở tất cả các kênh lên đến 20kHz. Ở tốc độ truyền 1kHz, trong không gian hoạt động của Millibot, với khoảng cách tối đa lên đến 45 cm, có thể truyền dữ liệu từ tất cả các bộ thu phát hồng ngoại. Tín hiệu phản xạ có thể được nhận biết từ khoảng cách 15 cm. Đo khoảng cách ước tính dựa trên các giá trị mẫu analog được đo từ cường độ ánh sáng phản xạ từ các vật thể trước mắt.

4. CÁC TÁC VỤ CÓ KHẢ NĂNG MỞ RỘNG CƠ BẢN

Như đã đề cập trước đó, quá trình vận hành một lượng lớn robot bầy đàn có thể mất nhiều thời gian khi sử dụng công tắc bật/tắt nguồn truyền thống với công tắc vật lý. Bên cạnh đó, robot có thể được cấu hình trong một khu vực đóng cửa đủ lớn để hoạt động, giới hạn sự tương tác giữa con người và toàn bộ bầy robot. Điều này chỉ cho phép người dùng can thiệp vào bầy robot sau khi đã bắt đầu quá trình sử dụng. Một hạn chế khác của công tắc bật/tắt thông thường là robot tiêu thụ năng lượng nhanh chóng trong quá trình chờ khởi động toàn bộ bầy robot. Hơn nữa, trong quá trình thử nghiệm thuật toán, người dùng thường mất thời gian để phát triển phần mềm, và trong thời gian này, robot nếu không được tắt hoặc không có chế độ chờ sẽ nhanh chóng tiêu hao năng lượng và cạn pin trước khi dùng lần tiếp theo có thể diễn ra hoàn toàn. Do đó, việc có một cơ chế chuyển đổi chế độ hoạt động cho bầy robot là điều cần thiết cho việc vận hành chúng. 

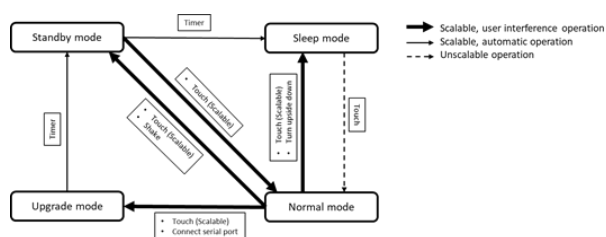
Nghiên cứu này giới thiệu 04 chế độ hoạt động của bầy robot có thể được chỉ định bởi người dùng trong quá trình hoạt động được minh họa rõ ràng trong Hình 3:

- Chế độ hoạt động bình thường (normal mode): Tất cả các thiết bị ngoại vi ở chế độ mở và hoạt động theo chương trình chính. Ở chế độ này, bộ điều khiển trung tâm, Esp32, ở chế độ hoạt động bình thường (tất cả các chức năng hoạt động bình thường theo chương trình chính).

- Chế độ nâng cấp firmware (upgrade mode): Tất cả các thiết bị ngoại vi và locomotion board của robot ngừng hoạt động. Trong khi đó, Esp32 vẫn ở chế độ hoạt động bình thường để thiết lập mesh network dựa trên WiFi được sử dụng để phục vụ quá trình nâng cấp firmware.

- Chế độ chờ (idle mode): Thay vì tắt robot bằng công tắc vật lý, chế độ này được sử dụng khi người dùng muốn bày đàn nghỉ ngơi trong khi người dùng thực hiện các nhiệm vụ khác như phát triển phần mềm hoặc sửa lỗi robot. Nguồn đánh thức (wake-up source) được đặt trước khi bộ điều khiển trung tâm Esp32 chuyển sang chế độ ngủ sâu (deep sleep mode). Khi Esp32 ở chế độ này, chỉ có bộ xử lý ultra low power (ULP) coprocessor và mô-đun RTC được phép hoạt động.

- Chế độ ngủ (sleep mode): Chỉ một số thành phần thiết yếu của robot được duy trì hoạt động khi robot ở chế độ này để tiết kiệm năng lượng trong khi duy trì khả năng đánh thức của hệ thống bởi các kích thích bên ngoài. Bộ điều khiển trung tâm ESP32 ở chế độ ngủ sâu. Ở chế độ này, robot chỉ tiêu thụ 0,5mAh, do đó robot có thể ngủ và không cần sạc lại trong hơn 02 tháng. Nguồn đánh thức giữa idle mode và sleep mode của Millobot là khác nhau.



Hình 3. Các chế độ hoạt động khác nhau của Millibot và phương thức chuyển đổi giữa chúng.



Hình 4. Ảnh chụp thử nghiệm chuyển từ normal mode sang idle mode. Đèn led màu xanh cho biết robot đang ở normal mode trong khi đèn led màu cam cho biết robot đang ở idle mode. Trái: người dùng chạm vào một robot bất kỳ trong bầy để khởi động idle mode. Giữa: Thông báo "chờ" được lan truyền khắp nơi trong bầy. Phải: Toàn bộ bầy đàn chuyển sang idle mode.

Trong chế độ thông thường, robot có khả năng chuyển đổi sang các chế độ khác dựa trên tương tác của người dùng. Một cá thể robot hoặc cả bầy có thể bị ảnh hưởng bởi tương tác này. Cụ thể, người dùng có thể sử dụng cảm biến chạm để tương tác với robot. Robot có khả năng xác định chế độ mà người dùng mong muốn dựa trên cách họ tương tác với cảm biến chạm tích hợp trên robot. Khi người dùng hoàn thành tương tác, robot sẽ tiến hành xoay tại chỗ trong một khoảng thời gian xác định và phát đi một thông điệp đã mã hóa qua hệ thống giao tiếp hồng ngoại đến tất cả robot lân cận. Các robot nhận được thông điệp này sẽ tiếp tục thực hiện quá trình tương tự, và thông điệp cuối cùng sẽ được truyền tới toàn bộ bầy robot. Cách tiếp cận này giúp tương tác với toàn bộ bầy robot trở nên nhanh chóng và giảm thiểu sự tương tác vật lý giữa người dùng và robot. Robot có thể chuyển sang chế độ chờ bằng một lần chạm nhanh, chế độ nâng cấp bằng hai lần chạm nhanh liên tiếp và chế độ ngủ bằng một

lần chạm và giữ ít nhất ba giây. Một ví dụ cụ thể cho cách hoạt động này được minh họa trong Hình 4, trong đó người dùng chỉ cần tương tác với một robot, nhưng tác động này sẽ lan rộng đến toàn bộ bầy robot.

Ngoài ra, người dùng có thể chuyển từ chế độ chờ hoặc chế độ ngủ riêng cho từng robot bằng cách lắc hoặc lật ngược robot tương ứng. Serial port trên main board có thể được sử dụng để nâng cấp firmware cho từng robot riêng lẻ khi cần. Trước khi robot chuyển sang chế độ chờ, cảm biến chạm và các kênh analog được gắn với bộ thu hồng ngoại được đăng ký như nguồn kích thích đánh thức. Nếu người dùng chạm vào robot hoặc cảm biến hồng ngoại nhận tín hiệu nào đó, robot sẽ bị đánh thức. Người dùng chỉ cần chạm vào một robot bất kỳ để đánh thức cả bầy. Ngay sau khi bị đánh thức, robot sẽ bật tất cả các đèn hồng ngoại trong một khoảng thời gian xác định, xoay tại chỗ và kích hoạt toàn bộ robot lân cận thông qua nguồn kích thích thứ hai đã được nêu. Ngoài ra, robot sẽ chuyển sang chế độ ngủ nếu không được đánh thức sau ba giờ ở chế độ chờ để tiết kiệm năng lượng pin.

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã phát triển một nền tảng robot di động (gọi là Millibot) để sử dụng trong các hoạt động nghiên cứu và học tập. Millibot đã được thiết kế, xây dựng và kiểm tra trên một loạt tác vụ liên quan đến hệ thống robot bầy đàn. Nền tảng robot đề xuất này cung cấp một loạt tính năng có thể tùy chỉnh, cho phép người dùng tiến hành nhiều thử nghiệm nghiên cứu với một chi phí thấp, chỉ khoảng 23 đô la cho mỗi cá thể prototype. Millibot chia sẻ nhiều đặc điểm tương tự với các nền tảng robot di động hiện có đã được mô tả trong các nghiên cứu trước đây, như đã được trình bày ở các phần trước. Nghiên cứu này cũng giới thiệu một số thao tác cơ bản trên bầy robot, và có khả năng mở rộng để người dùng có thể thực hiện

trên một bầy Millibot quy mô lớn mà không cần can thiệp vật lý hoặc ít can thiệp nhất.

Lời cảm ơn:

Nghiên cứu này là sản phẩm của đề tài Khoa học và Công nghệ cấp Bộ mã số: B2022-SPK-02 tài trợ bởi Bộ Giáo dục và Đào tạo, và chủ trì bởi Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam. Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn Bộ Giáo dục và Đào tạo và Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh đã hỗ trợ thực hiện đề tài này. ❖

Ngày nhận bài: **01/11/2023**

Ngày phản biện: **18/11/2023**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Hamann, Heiko. *Swarm robotics: A formal approach*. Berlin: Springer, 2018.
- [2]. Rubenstein, M., Ahler, C., Hoff, N., Cabrera, A. and Nagpal, R., 2014. *Kilobot: A low-cost robot with scalable operations designed for collective behaviors*. Robotics and Autonomous Systems, 62(7), pp.966-975.
- [3]. Rubenstein, M., Ahler, C., Hoff, N., Cabrera, A. and Nagpal, R., 2014. *Kilobot: A low-cost robot with scalable operations designed for collective behaviors*. Robotics and Autonomous Systems, 62(7), pp.966-975.
- [4]. Özgür, A., Lemaignan, S., Johal, W., Beltran, M., Briod, M., Pereyre, L., Mondada, F. and Dillenbourg, P., 2017, March. *Cellulo: Versatile handheld robots for education*. In 2017 12th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI) (pp. 119-127). IEEE.
- [5]. Le Hung Lan, Le Thi Thuy Nga, Le Hong Lan, *Aggregation Stability of Multiple Agents with Fuzzy Attraction and Repulsion Forces*, pp. 81-85, MMAR 2013.
- [6]. Lê Hùng Lân, Lê Thị Thuy Nga; *Phân tích sự ổn định tụ bầy của robot bầy đàn sử dụng hàm hút/đẩy mờ*, Tạp chí Khoa học Giao thông Vận tải, pp. 88-93, 10/ 2013.
- [7]. Lê Thị Thuy Nga, Lê Hùng Lân; *Điều khiển robot bầy đàn tìm kiếm môi và tránh vật cản sử dụng logic mờ*, Tạp chí Khoa học Giao thông Vận tải, pp. 15-20, 3/ 2014.
- [8]. Wilson, Sean, et al. "Design of ant-inspired stochastic control policies for collective transport by robotic swarms". Swarm Intelligence 8.4 (2014): 303-327.
- [9]. Sugawara, Ken, Nikolaus Correll, and Dustin Reishus. "Object transportation by granular convection using swarm robots." Distributed autonomous robotic systems. Springer, Berlin, Heidelberg, 2014. 135-147.

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ ROBOT ĐẦU DỰA TRÊN NHÂN TRẮC HỌC CỦA NGƯỜI VIỆT NAM

RESEARCH AND DESIGN THE ROBOTIC HEAD BASED ON VIETNAMESE
ANTHROPOGRAPHY

Nguyễn Minh Triều, Nguyễn Trường Thịnh

Viện Công nghệ Thông minh và Tương tác, Trường Đại học Kinh tế Thành phố Hồ Chí Minh

TÓM TẮT

Robot ngày càng trở nên phổ biến và có ứng dụng đa dạng trong đời sống hằng ngày. Tuy nhiên, để tạo ra những robot có thể tương tác tự nhiên với con người, chúng cần có khả năng thể hiện cảm xúc và giao tiếp hiệu quả. Tại Việt Nam đã có nhiều nỗ lực phát triển robot nhưng hầu hết chỉ tập trung vào một khía cạnh cụ thể, chưa đáp ứng được nhu cầu tương tác của con người. Nghiên cứu này tập trung thiết kế một robot có đầu người có hình dạng và kích thước giống người thật dựa trên các thông số nhân trắc học của người Việt Nam. Robot này có khả năng thể hiện cảm xúc, nói chuyện và được tích hợp trí tuệ nhân tạo. Dự án nhằm mục đích tạo ra một robot có thể hỗ trợ ngành y tế, thực hiện các nhiệm vụ như tư vấn, sàng lọc và giao tiếp với bệnh nhân mà không cần tiếp xúc trực tiếp. Điều này giúp giảm nguy cơ lây lan bệnh truyền nhiễm và giảm bớt áp lực cho nhân viên y tế và bệnh nhân. Ngoài ra, robot này còn có thể được sử dụng trong vai trò lễ tân hoặc dịch vụ khách hàng. Sự hiểu biết về giải phẫu đầu người và các thông số vận hành sẽ được áp dụng vào việc thiết kế và chế tạo các cơ chế cơ khí của robot, giúp chúng trở nên thú vị và hữu ích hơn trong cuộc sống hằng ngày.

Từ khóa: Trí tuệ nhân tạo; Robot đầu; Suny robot; Humanoid robot.

ABSTRACT

Robots are becoming increasingly popular and have diverse applications in everyday life. However, to create robots that can interact naturally with humans, they need to be able to express emotions and communicate effectively. In Vietnam, there have been many efforts to develop robots, but most only focus on one specific aspect, and do not satisfy human interaction needs. This research focuses on designing a human-headed robot with the same shape and size as a real person based on the anthropometric parameters of Vietnamese people. This robot is capable of expressing emotions, and talking and is integrated with artificial intelligence. The project aims to create a robot that can assist the medical industry, performing tasks such as consultation, screening, and communication with patients without direct contact. This helps reduce the risk of spreading infectious diseases and relieves pressure on medical staff and patients. In addition, this robot can also be used in the role of receptionist or customer service. Understanding of human head anatomy and operating parameters is applied in designing and manufacturing robots' mechanical mechanisms, helping them become more interesting and useful in everyday life.

Keywords: Artificial intelligence; Robotic Head; Suny robot; Humanoid robot.

1. TỔNG QUAN

Robot hình người (Humanoid Robotics) đã trở thành một lĩnh vực nghiên cứu và phát triển hấp dẫn và ngày càng phổ biến về robot và trí tuệ nhân tạo. Những yếu tố công nghệ tiên tiến này đã mở ra cơ hội phát triển của robot hình người và robot xã hội có khả năng tương tác với con người một cách tự nhiên hơn bằng cách bắt chước các đặc điểm và biểu cảm giống con người. Để tạo ra giao diện trực quan và đầy cảm xúc cho tương tác giữa con người và robot, việc thiết kế đầu robot là một phần quan trọng. Trong những năm gần đây, tiến bộ đáng kể trong công nghệ cảm biến, trí tuệ nhân tạo và cơ chế truyền động đã cho phép việc thiết kế các robot đầu có những bước đột phá. Các robot được thiết kế để tạo ra các bản sao ngoại hình của con người, tuy nhiên, khả năng tự duy độc lập của robot là điều không mong muốn cho các loại robot này vì tính an toàn thông tin của con người. Câu hỏi "Tại sao lại chế tạo robot giống con người?" được mọi người quan tâm, hiện nay có nhiều câu trả lời cho vấn đề này. Các nghiên cứu về hành vi con người luôn được quan tâm bởi vì nó kích thích sự tò mò của con người về bản thân của họ. Robot giống con người cũng được sử dụng để mô phỏng và đánh giá độ an toàn của thiết bị trong môi trường nguy hiểm. Theo Hanson và BarCohen [1], mọi thứ đều được tạo ra dựa trên nhân trắc học và cấu trúc của con người, vì vậy robot hình người là lựa chọn tốt cho các ứng dụng hướng tới con người. Ngoài ra, để cải thiện tương tác giữa người và robot, robot thường được thiết kế với một phần đầu cung cấp phản hồi xã hội thông qua biểu cảm khuôn mặt, sự chú ý, giao tiếp bằng mắt, và nhiều yếu tố khác. Trong nghiên cứu này đã giới thiệu một đầu robot cơ sinh học dựa trên nhân trắc học của người Việt Nam. Các đặc điểm trên khuôn mặt được nhận dạng và theo dõi để xác định giá trị cảm xúc. Đây

cũng là đề tài thu hút nhiều nhà nghiên cứu trên thế giới và đã đạt được nhiều thành tựu đáng kể [2, 3].

Robot đầu dựa trên nhân trắc học của người Việt Nam đánh dấu sự tiến bộ đáng kể trong lĩnh vực robot hình người và trí tuệ nhân tạo. Trong thời đại hiện đại, robot hình người đã trở thành một phần quen thuộc của cuộc sống, và sự phát triển của công nghệ đã cho phép chúng ta tiến xa hơn trong việc thiết kế và phát triển các robot có khả năng tương tác với con người một cách tự nhiên. Việc thiết kế robot đầu dựa trên nhân trắc học của người Việt Nam là một bước quan trọng để tạo ra các robot có ngoại hình và biểu cảm gần giống con người. Điều này có ý nghĩa lớn trong việc tạo ra giao diện trực quan và đầy cảm xúc cho tương tác giữa con người và robot [4]. Nghiên cứu nhân trắc học và các đặc điểm trên khuôn mặt người Việt Nam đã đóng góp đáng kể vào việc xây dựng robot đầu có khả năng biểu cảm. Trong nghiên cứu này, một đầu robot được đề xuất thiết kế với các chỉ số nhân trắc của người Việt. Các cơ sở lý thuyết được sử dụng cho thiết kế được giới thiệu trong phần 2. Phần 3 trình bày các thiết kế cơ khí của các cụm bộ phận trên đầu người như hàm, mắt, môi, cổ. Các thực nghiệm và đánh giá cho đầu robot được trình bày trong phần cuối.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT ĐƯỢC SỬ DỤNG CHO THIẾT KẾ ĐẦU ROBOT DỰA TRÊN GIÁ TRỊ NHÂN TRẮC NGƯỜI VIỆT NAM

Các chuyển động chính của đầu người được tạo ra thông qua sự kết hợp của sự di chuyển của xương, khớp, và cơ bắp [5]. Dựa trên cấu trúc của xương, đầu người được chia thành ba phần chính để đơn giản hóa việc phân tích và thiết kế cấu trúc mô phỏng bao gồm cổ, hàm – môi và mắt. Mục tiêu của chương này là

trình bày các bước trong việc thiết kế cấu trúc cơ khí để mô phỏng từng phần của đầu người. Các cấu trúc được thiết kế dựa trên kiến thức cơ bản về giải phẫu chuyên sâu. Số bậc tự do của các bộ phận được xác định dựa trên việc so sánh sự di chuyển giữa các bộ phận cơ khí của robot và con người. Từ đó, các cơ chế được thiết kế để phản ứng với số độ tự do và thực hiện các chuyển đổi thích hợp. Đầu robot được

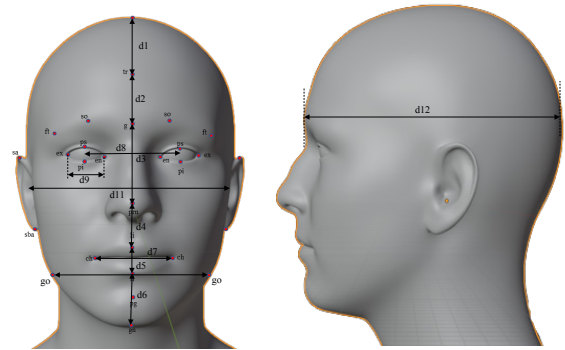
thiết kế dựa trên các kích thước nhân trắc của con người được xác định bằng độ lớn của các điểm mốc trên mặt được định nghĩa như Hình 1. Các chỉ số nhân trắc có thể biểu diễn được các đặc trưng của con người, chúng được sử dụng cho nhiều mục đích khác nhau như là tài liệu để thiết kế các thiết bị bảo hộ, nhận diện danh tính của con người, v.v [6].

Bảng 1. Định nghĩa các phép đo nhân trắc học đầu người

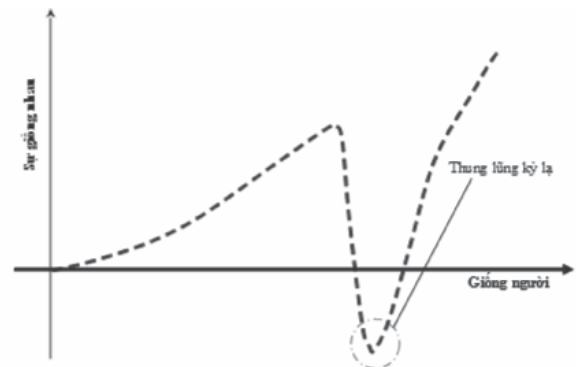
Ký hiệu	Độ dài	Miêu tả
d1	top – tr	Độ cao từ đỉnh đầu đến tr với tr là điểm trên chân tóc ở đường giữa trán.
d2	tr – g	Khoảng cách thẳng đứng từ tr đến g nghĩa là chiều cao của trán.
d3	g – prn	Chiều dài dọc theo trục thẳng đứng từ g đến chóp mũi (prn), trong mặt phẳng này, được coi là chiều dài của mũi.
d4	prn – li	Chiều dài theo trục thẳng đứng từ chóp mũi (prn) đến li (điểm trên của miệng)
d5	li – li	Chiều dài miệng theo trục thẳng đứng.
d6	li – gn	Chiều dài từ mép dưới của miệng (li) đến mốc trung bình thấp nhất ở viền dưới hàm dưới (gn).
d7	ch – ch	Chiều dài miệng theo trục ngang
d8	Trung tâm mắt	Khoảng cách ngang từ trung tâm của mắt
d9	ex – en	Chiều dài của mắt
d10	go – go	Khoảng cách từ điểm go (bên phải) đến điểm go (bên trái)
d11	xy – xy	Khoảng cách giữa hai điểm xy, đây là chiều dài điển hình cho chiều rộng của khuôn mặt
d12	Độ rộng của đầu	Khoảng cách giữa điểm g và điểm tiếp tuyến ở phía sau cổ đầu, biểu thị chiều rộng của đầu

Các thử nghiệm trên robot Suny đã được thực hiện với 02 nhóm tham gia. Nhóm đầu tiên bao gồm bảy kỹ sư trong lĩnh vực kỹ thuật. Nhóm còn lại gồm 100 người Việt Nam trong độ tuổi từ 18 đến 35 tuổi, với sự đa dạng về giới tính và đặc điểm khuôn mặt. Phụ nữ chiếm 34%, trong khi nam giới chiếm 66%. Nhóm tuổi từ 18-25 chiếm tỷ lệ lớn (87%). Quá trình thử nghiệm để đánh giá khả năng mô phỏng chuyển động của đầu robot với sự tham gia của nhóm đầu tiên bao gồm bảy kỹ sư. Với các phép đo được biểu diễn trên Hình 1. Các phép đo được thực hiện nhằm tạo ra sự chân thật của đầu robot trong thiết kế, các kết quả phép đo được được lựa chọn được trình bày trong Bảng 1. Trong quá trình thiết kế robot, xét giả thuyết về “uncanny valley” của Mori [7] được xem xét, nó đóng vai trò quan trọng trong việc đánh giá sự tương tự giữa robot và con người. Giả thuyết này cho biết rằng khi một thiết kế robot chưa đạt đến mức độ giống con người thì một cảm giác kỳ quái trong quá trình tương tác với con người có thể xảy ra. Để tránh hiện tượng này, chúng ta đã xem xét kỹ về “uncanny valley” trong quá trình thiết kế robot, nhằm đảm bảo rằng robot không gây cảm giác sợ hãi khi giao tiếp với người dùng. “Uncanny valley” theo giả thuyết của Mori đã chỉ ra rằng khi robot không hoàn toàn giống con người về ngoại hình và cử chỉ, nó có thể gây ra cảm giác tiêu cực cho người đối diện. Để đảm bảo tương tác hiệu quả và thoải mái với người dùng, chúng ta đã quan tâm và nghiên cứu về hành vi và cảm xúc của con người trong quá trình giao tiếp với robot. Ngoài giả thuyết của Mori, đã có nhiều tác giả khác cũng đưa ra các giả thuyết bổ sung về thung lũng kỳ lạ (uncanny valley), nhưng chúng không bác bỏ giả thuyết ban đầu của Mori mà chỉ bổ sung và mở rộng thêm. Hơn nữa, nghiên cứu của Kim và cộng sự [8] đã chỉ ra rằng các robot có ngoại hình giống con người ở mức độ thấp và trung bình cũng có thể gây ra cảm giác kỳ quái cho người dùng. Theo Cheetham và cộng sự [9],

hiện tượng “uncanny valley” xuất hiện khi một robot giống con người đến khoảng 70%, điều này tương thích với giả thuyết của Mori như được thể hiện trong Hình 2.



Hình 1. Các điểm mốc nhân trắc học được sử dụng làm lý thuyết để thiết kế robot.



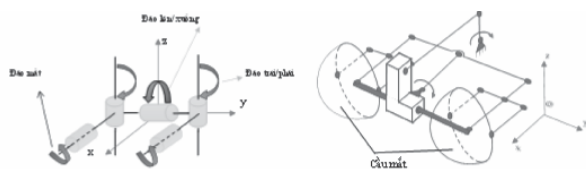
Hình 2. Thung lũng kỳ lạ (uncanny valley) trong thiết kế robot hình người

3. THIẾT KẾ CƠ KHÍ CHO CÁC BỘ PHẬN CỦA ROBOT ĐẦU

3.1. Thiết kế cụm mắt

Dựa trên những phân tích về cơ sở giải phẫu của mắt, cấu trúc cơ khí của các bộ phận của robot cần có khả năng di chuyển với số độ tự do bằng với con người [10]. Cụm mắt được thiết kế với khả năng di chuyển tương tự như con người, với tổng cộng ba động cơ điều khiển. Mỗi động cơ được liên kết thông qua cấu trúc bốn cánh quạt. Đặc biệt, động cơ ở giữa tạo

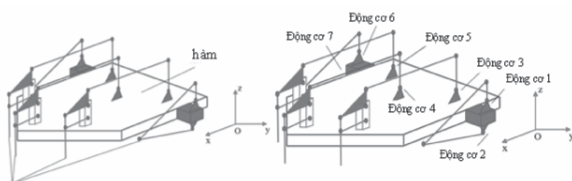
ra khả năng chuyển động lên xuống cho cả hai mắt. Cấu trúc này cung cấp một phạm vi hoạt động rộng lớn, cho phép mắt của robot có khả năng nhìn lên, xuống, sang trái và sang phải với giới hạn góc nhìn lên đến 110° và góc chuyển động sang trái/phải lên đến 165° . Điều này tương đương với khả năng chuyển động của mắt con người, trong khi mắt người chỉ có khả năng chuyển động khoảng 70° cho cả chuyển động thị giác lên/xuống và chuyển động thị giác trái/phải. Sơ đồ động học của mắt được trình bày ở Hình 3a. Hình ảnh cơ chế mắt tách rời được trình bày ở Hình 3b với các khớp xoay chuyển động đã được chú thích trong hình 3.



Hình 3. Sơ đồ động học và thiết kế của cụm mắt.

Kết quả của thiết kế này đã giúp robot có khả năng theo dõi và phản ánh các biểu cảm và chuyển động mắt một cách tự nhiên, giống với cách mà mắt của con người hoạt động. Điều này làm cho giao tiếp giữa con người và robot trở nên trực quan và gần gũi hơn, đồng thời tạo điều kiện thuận lợi cho các ứng dụng trong lĩnh vực truyền thông, tương tác con người-máy tính, và công nghệ robot học. Thiết kế cụm mắt này là một bước quan trọng trong việc tạo ra các robot có khả năng tương tác và giao tiếp với con người một cách hiệu quả và tự nhiên.

3.2. Thiết kế cụm môi



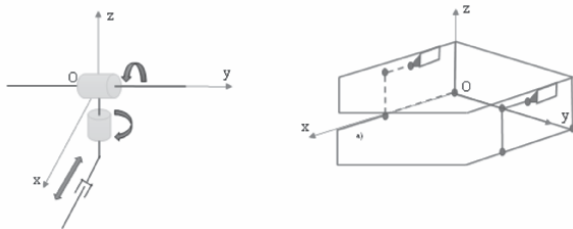
Hình 4. Sơ đồ thiết kế của cụm môi

Cụm môi được thiết kế với một hệ thống điều khiển gồm tổng cộng 07 động cơ, cho phép tạo ra các chuyển động tương tự như môi người. Mỗi động cơ có nhiệm vụ riêng biệt trong việc tạo ra các biểu hiện và chuyển động của môi. Hệ thống này được lập trình và kiểm soát một cách tự động để tái hiện các biểu hiện môi như mở môi, cười, nói, và các biểu hiện khác. Sự linh hoạt của hệ thống cho phép tạo ra một loạt các biểu hiện tự nhiên và chân thực, tạo nên khả năng tương tác chân thực và giao tiếp động với người dùng. Các động cơ 3, 4 và 5 được thiết kế dựa trên cấu trúc của bốn cánh quạt. Khi một trong những động cơ này xoay với một tốc độ góc cụ thể, nó truyền động đến các khớp động đặt ở cạnh của bảng dưới. Những điểm ở đầu của thanh hình dạng môi cũng di chuyển lên và xuống theo hoạt động của động cơ, từ đó thay đổi hình dạng của môi. Đối với các động cơ 1, 2, 6 và 7, tất cả bốn động cơ này là nguồn của cấu trúc bốn cánh quạt, và khi chúng hoạt động, chúng gây ra sự di chuyển của khớp nối giữa hai truyền động chính, tạo ra chuyển động cho phần ngoại vi của môi.

3.3. Thiết kế cụm hàm

Dựa trên cơ sở giải phẫu của cấu trúc hàm răng của con người như được trình bày, cấu trúc cơ khí của hàm răng cần có khả năng di chuyển giống như hàm răng thực sự của con người và số độ tự do cũng phải bằng nhau. Một biểu đồ động đã được cung cấp để mô tả một cách trực quan nhất các chuyển động mà hàm răng có thể thực hiện như Hình 3a. Nếu không xem xét khía cạnh biểu hiện cảm xúc, cấu trúc hàm 1-DOF hoàn toàn phù hợp với nghiên cứu. Nếu loại bỏ hai bậc tự do của cấu trúc hàm, điều này gây ra sự mất mát lớn về số lượng biểu hiện có thể tạo ra. Theo kết quả nghiên cứu [14], không có biểu hiện con người được tạo ra

bằng cách di chuyển hàm răng sang trái và phải. Đối với chuyển động hàm răng lên xuống, đây là chuyển động chính của hàm răng khi người biểu thị cảm xúc của sự khinh thường, vì vậy chuyển động này không được bỏ lỡ. Vì vậy, chỉ cần giữ lại hai độ tự do cho cấu trúc hàm răng, là mở và đóng hàm, cùng với chuyển động hàm răng lên xuống, và loại bỏ chuyển động hàm răng sang trái và phải.

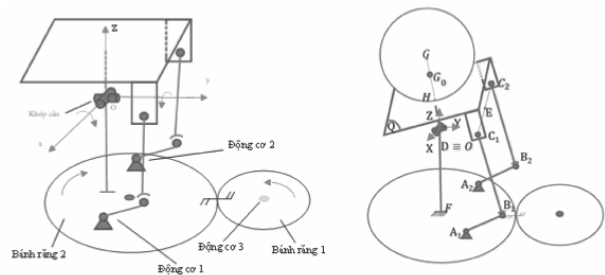


Hình 5. Sơ đồ động học và thiết kế của cụm hàm

3.4. Thiết kế phần cổ

Cơ cấu cổ phải có khả năng di chuyển giống như cổ người thật và số bậc tự do cũng phải bằng nhau. Để tạo thuận lợi cho việc phân tích và lựa chọn cơ chế, một sơ đồ động học được tạo ra để thể hiện một cách trực quan nhất các chuyển động mà cổ có thể thực hiện. Cụ thể, chuyển động quay quanh trục Oy trong không gian hệ tọa độ Oxyz của đầu người (chuyển động nghiêng đầu). Cao độ là chuyển động quay quanh trục Ox của đầu người (chuyển động gật đầu) và chuyển động quay quanh trục Oz của đầu (xoay đầu). Khi động cơ 1 và động cơ 2 cùng quay với cùng tốc độ góc và cùng lúc, nền được gắn vào khớp chéo di chuyển trong mặt phẳng yOz với một góc bằng với góc quay được tạo ra bởi hai động cơ. Tùy thuộc vào góc quay của hai động cơ, có thể quyết định chuyển động lên hoặc xuống của đầu. Khi động cơ 1 và động cơ 2 cùng quay cùng tốc độ góc nhưng theo các hướng đối diện, nền được gắn vào khớp chéo sẽ di chuyển trong mặt phẳng xOz với một góc bằng với sự khác biệt giữa

hai góc quay của hai động cơ. Tùy thuộc vào sự khác biệt góc của hai động cơ, có thể quyết định chuyển động nghiêng đầu sang trái hoặc sang phải. Bánh răng 1 kết hợp với động cơ khi hoạt động có thể truyền công suất cho bánh răng 2. Các bộ phận đặt trên bánh răng 2 bao gồm hai động cơ, trục kết nối cũng như nền xoay theo quay của bánh răng 2. Tùy thuộc vào góc quay cũng như tốc độ của bánh răng 1 để xác định góc quay và tốc độ quay của khối đầu robot với sơ đồ động học và thiết kế được thể hiện trong Hình 6.



Hình 6. Sơ đồ động học và thiết kế cụm cổ

4. THỰC NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ

Robot được thiết kế dựa trên các chỉ số nhân trắc học của người Việt Nam, với các chỉ số nhân trắc học được tính trung bình để làm cơ sở lý thuyết vững chắc trong thiết kế các bộ phận cho đầu robot. Các chỉ số này được trình bày trong Bảng 2 với các phép đo được trình bày ở phần 2. Thiết kế này có mục tiêu tạo ra một hệ thống đầu robot có khả năng mô phỏng chuyển động và biểu cảm khuôn mặt của người Việt Nam một cách chân thực. Các chỉ số nhân trắc học, bao gồm giới tính, đặc điểm khuôn mặt và độ tuổi, đã được cân nhắc để đảm bảo rằng đầu robot có khả năng tương thích và thích hợp để sử dụng cho một loạt các người dùng trong độ tuổi từ 18 đến 35, với sự đa dạng về giới tính. Các cơ cấu của robot được thiết kế với yêu cầu đáp ứng được các chuyển động giống như các chuyển động của con người. Thiết kế

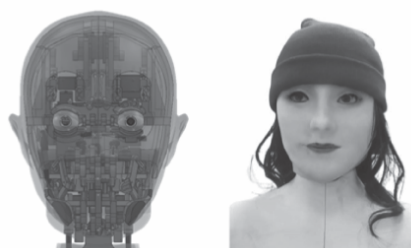
cơ khí của robot được trình bày ở Hình 7 với hình a là phần bên trong các cơ cấu của robot và hình b là robot được trang bị da nhân tạo có độ đàn hồi và màu sắc giống như con người.

Các thí nghiệm được thiết lập để đánh giá các phản hồi về giới hạn các góc của các bộ phận trên mặt. Mục tiêu của các thí nghiệm này là đảm bảo rằng robot có khả năng biểu cảm tương tự như con người. Nhìn chung, các chuyển động của robot được đánh giá là phù hợp với các yêu cầu về robot có thể biểu cảm

như con người, với các góc tạo ra trên robot và con người được so sánh trong bảng 3. Kết quả từ các thí nghiệm đã cho thấy rằng các chuyển động của robot thực sự phù hợp với các yêu cầu về khả năng biểu cảm tương tự như con người. Bằng cách so sánh các góc tạo ra trên robot và con người, chúng ta có thể thấy rằng robot có khả năng mô phỏng và tái tạo các biểu hiện và chuyển động của con người một cách hiệu quả. Điều này có thể làm cho giao tiếp giữa con người và robot trở nên tự nhiên hơn và dễ dàng hơn trong các ứng dụng tương tác và giao tiếp.

Bảng 2. Số liệu từ các phép đo là cơ sở để thiết kế đầu robot

Thông số	d1	d2	d3	d4	d5
Giá trị (mm)	37.25	72.68	49.33	18.48	41.10
Thông số	d6	d7	d8	d9	d10
Giá trị (mm)	62.41	35.14	149.37	49.08	197.32



Hình 7. Thiết kế cơ khí hoàn chỉnh và đầu robot thực tế với lớp da nhân tạo bao phủ bên ngoài

Bảng 3. So sánh các giá trị góc xoay của người và robot Suny

Thông số	Xoay quanh	Con người	Suny robot
Mắt	Trục x	70	72.6
	Trục y	70	62.7
Hàm – môi	Trục x	41	49.2
Cổ	Trục z	45	42.1
	Trục x	115	99.6
	Trục y	140	180

Robot Suny là một thiết kế đặc biệt trong lĩnh vực robot hình người, nó mô phỏng chuyển động của con người. Với sự tích hợp của các tham số chuyển động, bao gồm các góc xoay của mắt, cằm và cổ, Suny Robot đã đạt được sự tương đồng đáng kể với các phong cách chuyển động của con người. Điều này bao gồm khả năng mô phỏng các biểu cảm khuôn mặt và các phản ứng chuyển động phức tạp. Với việc giả lập và tái hiện chính xác các chuyển động và biểu cảm của con người, Suny Robot có tiềm năng sử dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực. Nó có thể được áp dụng trong giáo dục để tạo ra các mô hình học tập sống động. Ngoài ra, trong lĩnh vực giải trí, Suny Robot có thể tạo ra các nhân vật ảo độc đáo và hấp dẫn cho trò chơi điện tử và phim ảnh. Nghiên cứu và phát triển của Robot Suny cũng chú trọng đến việc tránh hiện tượng “uncanny valley” – tình trạng khi robot gây ra cảm giác kỳ quái trong tương tác với con người khi chưa hoàn toàn giống người. Mục tiêu là tạo ra một trải nghiệm giao

tiếp tự nhiên và thoải mái với người dùng. Như vậy, Suny Robot đại diện cho sự tiến bộ trong nghiên cứu và phát triển robot với khả năng mô phỏng chuyển động và biểu cảm người, mở ra nhiều cơ hội ứng dụng sáng tạo trong tương lai.

5. KẾT LUẬN

Robot đầu được thiết kế dựa trên nhân trắc học của người Việt Nam là sự kết hợp tinh tế giữa khoa học và công nghệ để tạo ra một robot có khả năng biểu cảm và tương tác với con người một cách tự nhiên. Nghiên cứu này đã đặt nền tảng cho sự phát triển của công nghệ robot học tại Việt Nam và cung cấp một dự án mẫu cho việc tạo ra các robot thông minh và linh hoạt với các biểu cảm như con người. Trong quá trình thiết kế, một số yếu tố quan trọng của nhân trắc học đã được xem xét bao gồm cấu trúc mắt, miệng, và cổ của người Việt Nam. Việc đảm bảo robot có đủ bậc tự do để mô phỏng các chuyển động của con người đã là một thách thức lớn. Tuy nhiên, kết quả của nghiên cứu đã chứng minh rằng điều này hoàn toàn có thể thực hiện được. Robot đầu dựa trên nhân trắc học của người Việt Nam đã đạt được sự thành công trong việc tái tạo các biểu hiện và chuyển động của con người. Điều này mở ra cơ hội cho ứng dụng trong nhiều lĩnh vực, bao gồm giáo dục, y tế, và công nghiệp. Ngoài ra, nghiên cứu này đã đóng góp vào sự phát triển toàn cầu của ngành robot học và khẳng định vị trí của Việt Nam trong cộng đồng khoa học và công nghệ quốc tế.

Lời cảm ơn:

Bài báo này là sản phẩm của đề tài nghiên cứu khoa học công nghệ cấp trường có mã số CTD-2023-04 được tài trợ bởi Trường Đại học Kinh tế Thành phố Hồ Chí Minh. ❖

Ngày nhận bài: 22/9/2023

Ngày phản biện: 19/10/2023

Tài liệu tham khảo:

- [1]. D. Hanson and Y. Bar-Cohen, *The coming robot revolution: Expectations and fears about emerging intelligent, humanlike machines*. Springer, 2009.
- [2]. N. Minh Trieu and N. Truong Thinh, "A Comprehensive Review: Interaction of Appearance and Behavior, Artificial Skin, and Humanoid Robot", *Journal of Robotics*, vol. 2023, 2023.
- [3]. X. Dou and C.-F. Wu, "Are we ready for "Them" now? The relationship between human and humanoid robots" in *Integrated Science: Science Without Borders*: Springer, 2021, pp. 377-394.
- [4]. S. H.-W. Chuah and J. Yu, "The future of service: The power of emotion in human-robot interaction", *Journal of Retailing and Consumer Services*, vol. 61, p. 102551, 2021.
- [5]. M. Nakayama, F. C. Holsinger, D. Chevalier, and R. K. Orosco, "The dawn of robotic surgery in otolaryngology-head and neck surgery", *Japanese Journal of clinical oncology*, vol. 49, no. 5, pp. 404-411, 2019.
- [6]. I. K. Widana, N. W. Sumetri, I. K. Sutapa, and W. Suryasa, "Anthropometric measures for better cardiovascular and musculoskeletal health", *Computer Applications in Engineering Education*, vol. 29, no. 3, pp. 550-561, 2021.
- [7]. M. Mori, K. F. MacDorman, and N. Kageki, "The uncanny valley [from the field]", *IEEE Robotics & automation magazine*, vol. 19, no. 2, pp. 98-100, 2012.
- [8]. B. Kim, E. de Visser, and E. Phillips, "Two uncanny valleys: Re-evaluating the uncanny valley across the full spectrum of real-world human-like robots", *Computers in Human Behavior*, vol. 135, p. 107340, 2022.
- [9]. M. Cheetham, P. Suter, and L. Jäncke, "The human likeness dimension of the "uncanny valley hypothesis": behavioral and functional MRI findings", *Frontiers in human neuroscience*, vol. 5, p. 126, 2011.
- [10]. G. Garas and A. Arora, "Robotic head and neck surgery: history, technical evolution and the future", *Orl*, vol. 80, no. 3-4, pp. 117-124, 2018.

NGHIÊN CỨU TỰ ĐỘNG HÓA KIỂM ĐỊNH ĐẦU PHUN CHỮA CHÁY PART 1 – NGHIÊN CỨU TIÊU CHÍ KIỂM ĐỊNH THEO TCVN 6350-1:2007

STUDY ON AUTOMATION OF SPRINKLER TESTING SYSTEM PART 1 – STUDY ON ASSESSMENT CRITERIA OF TCVN 6350-1:2007

Nguyễn Hữu Nhân¹, Phan Hoàng Long^{1,2,3}, Dương Văn Tú^{1,2,3},
Nguyễn Huy Hùng⁴, Nguyễn Tấn Tiến^{1,2,3}

¹Khoa Cơ khí, Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

²DCSELab, Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

³Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

⁴Trường Đại học Sài Gòn

TÓM TẮT

Để có thể lưu hành trên thị trường, đầu phun chữa cháy phải được kiểm định theo quy định. Nghiên cứu đề xuất giải pháp tự động hóa quy trình kiểm định giúp giảm sai sót, tăng tính đồng nhất và nâng cao hiệu quả kiểm định. Bài báo gồm hai phần: Phần 1 trình bày nghiên cứu các tiêu chí kiểm nghiệm đầu phun chữa cháy làm cơ sở cho việc đề xuất giải pháp tự động hóa quy trình kiểm nghiệm trong Phần 2. Bài báo tập trung việc lượng hóa các tiêu chí kiểm nghiệm đầu phun chữa cháy theo TCVN 6305-1: 2007 và các tiêu chuẩn liên quan.

Từ khóa: Đầu phun; Kiểm định; Tự động hóa; Phòng cháy chữa cháy (PCCC).

ABSTRACT

Fire sprinklers should be thoroughly tested by regulations before being made available on the market. To make the inspection process more efficient, it is worth researching and proposing automation solutions. This article will focus on the criteria for testing fire sprinklers and suggest ways to automate the process. Part 1 will study the criteria for fire sprinkler testing, while Part 2 will propose solutions for automating the inspection process. We will be using the criteria outlined in TCVN 6305-1: 2007 and related standards to guide our discussions.

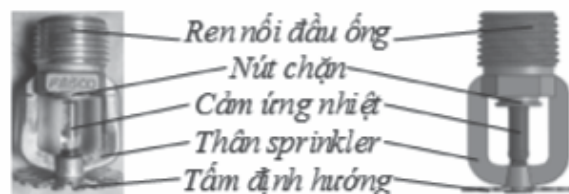
Keywords: Sprinkler; Testing equipment; Automation; Fire protection.

1. TỔNG QUAN

Việc kiểm định chất lượng trước khi đưa ra thị trường là yêu cầu bắt buộc của các sản phẩm phục vụ PCCC. Tự động hóa quy trình kiểm định đối với các thiết bị PCCC giúp giảm sai sót, tăng tính đồng nhất và nâng cao hiệu quả kiểm định. Ở Việt Nam hiện nay, việc tự động hóa cũng như nghiên cứu về tự động hóa quy trình kiểm định là chưa được quan tâm đúng mức. Trước tình hình này, DCSELab – Phòng Thí nghiệm Trọng điểm Quốc gia Điều khiển Số và Kỹ thuật Hệ thống đã xem việc tự động hóa quy trình kiểm định các thiết bị PCCC là một trong các ưu tiên nghiên cứu tại Lab. Một số giải pháp đã được triển khai và ứng dụng trong thực tế như: Tự động hóa lò đốt kiểm định vật liệu chống cháy [4], [7], [8], [9]; Thiết kế hệ thống kiểm định vòi chữa cháy [3],... Ngoài ra, DCSELab đang tiến hành thiết kế và thực nghiệm một số hệ thống như: thiết kế robot kiểm định bình chữa cháy [5], [6],... Để thực hiện việc tự động hóa quy trình kiểm nghiệm đầu phun chữa cháy, trước hết, tác giả lượng hóa các bước của phép thử trong QCVN 03: 2021/BCA và TCVN 6305-1:2007 (gồm 19 tiêu chí). Tiếp theo, các bước trong các tiêu chí được sắp xếp theo trình tự phù hợp cho việc tự động hóa kiểm định các tiêu chí tương ứng. Sau đó, đề xuất phương án kết hợp các tiêu chí theo nhóm chức năng liên quan, phù hợp cho việc tự động hóa trên cùng một máy. Cuối cùng, dựa vào các nhóm tiêu chí đã kết hợp, thiết kế, chế tạo máy kiểm định. Bài báo này trình bày tổng quan về sprinkler và lượng hóa các tiêu chí kiểm nghiệm đầu phun chữa cháy theo TCVN 6305-1:2007.

Đầu phun chữa cháy (sprinkler) là cơ cấu được thiết kế để kích hoạt ở một nhiệt độ xác định. Sau khi được kích hoạt, đầu phun chữa cháy sẽ xả một luồng nước và phân bố

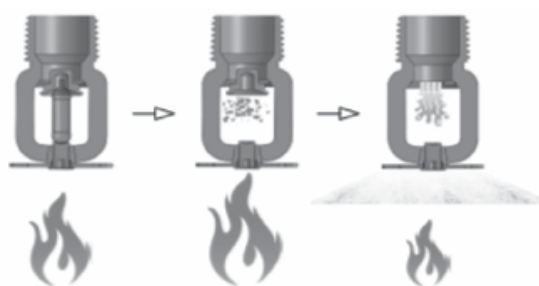
luồng nước đó theo một đặc tuyến và lưu lượng được thiết kế trước.



Hình 1. Cấu tạo đầu phun chữa cháy.

Nguyên lý hoạt động: khi ở trạng thái bình thường, bộ phận cảm ứng nhiệt sẽ giữ cho nút chặn không bị rơi ra. Khi nhiệt độ môi trường đạt đến nhiệt độ làm việc của sprinkler (nhiệt độ làm vỡ bầu thủy tinh hoặc nhiệt độ làm chảy mối hàn của phần tử nóng chảy), bộ phận cảm ứng nhiệt của sprinkler sẽ rơi ra, từ đó nút chặn được giải phóng và cho phép nước phun ra.

Sprinkler được phân loại theo: 1. Đường kính miệng phun: $\phi 10$; $\phi 15$; và $\phi 20$ [1]; 2. Phần tử cảm ứng nhiệt: bầu thủy tinh và phần tử nóng chảy; 3. Hướng lắp đặt: hướng xuống, hướng lên, sprinkler bên vách; 4. Tốc độ phản ứng đối với nhiệt: tiêu chuẩn, nhanh, đặc biệt.



Hình 2. Nguyên lý hoạt động của sprinkler

2. TIÊU CHUẨN KIỂM ĐỊNH SPRINKLER

QCVN 03:2021/BCA [2] đưa ra 19 yêu cầu và phương pháp thử đối với sprinkler dựa theo TCVN 6305-1:2007.



2.1. Sơ bộ

Gồm hai bài kiểm tra: 1. Tính ổn định; 2. Khả năng lắp ráp. Đối với bài kiểm tra thứ 2, sprinkler phải được thử tháo lắp bằng tay và tháo lắp bằng dụng cụ tháo chuyên dụng.

2.2. Trục quan

Gồm ba nội dung: 1. Ghi nhãn; 2. Sự phù hợp với bản vẽ; 3. Khuyết tật nhận thấy được bằng mắt. Nội dung của nhãn được nêu ở mục 8 của tiêu chuẩn [1].

2.3. Độ bền thân và tải trọng làm việc

Yêu cầu:

Dụng cụ đo chiều dài có độ chính xác 0,01mm. Độ giãn dài của sprinkler không được $\geq 0,2\%$ chiều dài thân sprinkler trước khi kiểm nghiệm.

Quy trình:

Bước 1: Đo chiều dài của thân sprinkler trước khi lắp sprinkler vào máy.

Bước 2: Cấp áp suất thủy tĩnh 12bar tại cửa nạp của sprinkler.

Bước 3: Đo chiều dài của sprinkler.

Bước 4: Giảm áp suất về 0bar và tháo phần tử cảm ứng nhiệt của sprinkler ra.

Bước 5: Đo chiều dài của sprinkler.

Bước 6: Tăng tải trọng cơ học $\leq 500\text{N}/\text{min}$ đến khi sprinkler đạt chiều dài như khi đặt áp suất 12bar, ghi lại tải trọng cơ học (làm việc).

Bước 7: Tiếp tục tăng tải $\leq 500\text{N}/\text{min}$ đến hai lần tải trọng làm việc quy định, duy trì $15 \pm 5\text{s}$.

Bước 8: Tháo sprinkler khỏi máy kiểm nghiệm và đo độ dài của sprinkler.

2.4. Khả năng chống rò, độ bền thủy tĩnh

Yêu cầu:

Khi tăng, giảm và duy trì áp suất, không được có bất cứ dấu hiệu rò rỉ nào xuất hiện và sprinkler không bị phá hủy.

Quy trình:

Bước 1: Loại bỏ hết bọt khí trong sprinkler và đường ống.

Bước 2: Lắp 20 sprinklers, tăng áp suất nước 1bar/s đến 30bar, duy trì 3min.

Bước 3: Giảm áp suất 1bar/s về 0bar.

Bước 4: Tăng áp suất 0,1bar/s đến 0,5bar, duy trì 15s.

Bước 5: Tăng áp suất 0,1bar/s đến 10bar, duy trì 15s.

Bước 6: Tăng áp suất 20bar/min đến 48bar, duy trì 1min.

Bước 7: Giảm áp suất 20bar/min về 0 và tháo sprinkler.

2.5. Chức năng

Yêu cầu:

Mỗi 8 sprinklers được lắp vào một vị trí áp suất, với 3 mức: 0,35, 3,5 và 12bar. Sau 60s, tại bất kỳ vị trí áp suất nào, các mảnh vỡ của phần tử cảm ứng nhiệt vẫn vướng lại và cản trở sự phân bố nước của cánh hướng dòng thì phải tiến hành thử lại thêm 3 lần nữa tại vị trí áp suất đó và tổng số sprinkler không thỏa không > 1 sprinkler.

Quy trình:

Bước 1: Lắp 24 sprinklers vào lò nung, tăng áp suất tại các vị trí lên áp suất chỉ định (mỗi vị trí 8 sprinklers).

Bước 2: Tăng và ghi lại nhiệt độ lò nung $400 \pm 20^{\circ}\text{C}$ trong 3min (tiếp tục tăng nhiệt độ với cùng độ tăng tốc độ đối với sprinkler vận hành $\geq 420^{\circ}\text{C}$).

Bước 3: Tiếp tục thực hiện các bài thử về lưu lượng, phân bố nước cho các sprinkler đã vận hành khi nung trong lò.

2.6. Nhiệt độ làm việc

Thiết bị:

Bê thử theo TCVN 6305-1:2007.

Yêu cầu:

Yêu cầu về chất lỏng thử: Nước đã khử chất khoáng đối với sprinkler có nhiệt độ làm việc $\leq 80^{\circ}\text{C}$; hoặc Dầu thực vật, glycerin hoặc dầu tổng hợp nếu sprinkler có nhiệt độ làm việc cao hơn.

Nhiệt kế có độ chính xác $\pm 0,25\%$. Sprinkler phải vận hành trong khoảng:

$$I \pm (0,35I + 0,62) \quad (1)$$

Với: I là nhiệt độ làm việc danh nghĩa, $^{\circ}\text{C}$, được quy định theo Bảng 2.

Bảng 1. Bảng nhiệt độ làm việc danh nghĩa

Sprinkler có bầu thủy tinh	
I, $^{\circ}\text{C}$	Màu bầu thủy tinh
57	Da cam
68	Đỏ
79	Vàng
93, 107	Xanh lá cây
121, 141	Xanh da trời
163	Hoa cà
182, 204, 227, 260, 343	Đen

Sprinkler có phần tử dễ chảy	
I, $^{\circ}\text{C}$	Màu phần tử dễ chảy
57 ÷ 77	Không sơn màu
80 ÷ 107	Trắng
121 ÷ 149	Xanh da trời
163 ÷ 191	Đỏ
204 ÷ 246	Xanh lá cây
260 ÷ 302, 320 ÷ 343	Da cam

Quy trình:

Bước 1: Lắp sprinkler vào bể chất lỏng.

Bước 2: Chuẩn bị, đổ chất lỏng vào bể.

Bước 3: Tăng nhiệt độ trong bể $\leq 1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ đến mức thấp hơn nhiệt độ làm việc $20 \div 22^{\circ}\text{C}$.

Bước 4: Duy trì nhiệt độ 10min.

Bước 5: Tăng nhiệt $0,5 \pm 0,1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ đến khi sprinkler vận hành. Ghi lại nhiệt độ vận hành.

2.7. Khả năng bầu thủy tinh chịu nhiệt

Yêu cầu:

Chất lỏng thử như mục 2.6. Bầu thủy tinh không được vỡ sau khi trải qua bài test. Phép thử được thực hiện bốn lần cho từng sprinkler.

Quy trình:

Bước 1: Lắp sprinklers vào bể thử.

Bước 2: Chuẩn bị, đổ chất lỏng vào bể.

Bước 3: Tăng nhiệt $1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ từ $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$ đến $\leq 20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ nhiệt độ làm việc.

Bước 4: Tăng nhiệt độ $1^{\circ}\text{C}/\text{min}$ đến $\leq 5^{\circ}\text{C}$ nhiệt độ làm việc.

Bước 5: Lấy sprinkler ra khỏi bể chất lỏng và làm nguội trong không khí.



2.8. Sốc nhiệt

Yêu cầu:

Chất lỏng thử như 2.6. Sau khi qua bài kiểm tra về sốc nhiệt, sprinkler phải thỏa yêu cầu của bài kiểm tra chức năng.

Quy trình:

Bước 1: Điều hòa sprinkler ở nhiệt độ $20 \pm 5^\circ\text{C}$ trong $\geq 30\text{min}$.

Bước 2: Lắp sprinkler vào bể.

Bước 3: Chuẩn bị chất lỏng như yêu cầu và đổ chất lỏng vào bể.

Bước 4: Tăng nhiệt đến nhiệt độ $\leq 10 \pm 5^\circ\text{C}$ nhiệt độ làm việc.

Bước 5: Lấy sprinkler ra khỏi bể và nhúng vào một bể nước đã khử khoáng (ở $10 \pm 5^\circ\text{C}$) sau $\leq 5\text{s}$.

Bước 6: Tiến hành thử chức năng.

2.9. Lưu lượng nước

Yêu cầu:

Hệ số K được tính

$$K = q / \sqrt{10p} \quad (2)$$

Với:

q: Lưu lượng nước, l/min;

p: Áp suất, bar.

Giá trị của K cho ở Bảng 2.

Bảng 2. Hằng số lưu lượng sprinkler theo đường kính danh nghĩa miệng phun

Đường kính miệng phun, mm	K
10	57 ± 3
15	80 ± 4
20	115 ± 6

Quy trình:

Bước 1: Lắp sprinkler vào máy.

Bước 2: Cấp nước.

Bước 3: Tăng áp suất từ 0,5bar đến 6,5bar với mức tăng 1bar, tính toán, đánh giá hệ số K của từng mức áp suất.

Bước 4: Giảm áp suất từ 6,5bar đến 0,5bar với mức giảm 1bar, tính toán, đánh giá hệ số K của từng mức áp suất.

2.10. Phân bố nước đối với sprinkler không thuộc loại sprinkler bên vách

Yêu cầu:

Số lượng thùng đo có lượng nước $\leq 50\%$ không được ít hơn số lượng được quy định trong Bảng 3.

Bảng 3. Bảng thông số phân bố nước cho sprinkler không thuộc dạng sprinkler bên vách

Lưu lượng/ sprinkler, l/min	Diện tích bảo vệ, m ²	Khoảng cách sprinkler, m
50,6	20,25	4,5
61,3	12,25	3,5
135	9	3
90	9	3
187,5	6,25	2,5
Khoảng cách sprinkler, m	SL thùng đo tối thiểu	Áp suất cần thiết, bar
4,5	8	0,78
3,5	5	0,58
3,0	4	1,37
3,0	4	0,61
2,5	3	2,65

Quy trình:

- Bước 1: Đo đường kính miệng phun.
 Bước 2: Lắp đặt 4 sprinkler cùng một loại và cỡ miệng phun vào phòng thử.
 Bước 3: Cung cấp nước với lưu lượng, áp suất theo Bảng 3 trong 10min.
 Bước 4: Đo và thống kê lưu lượng nước trong các thùng đo.

2.11. Phân bố nước sprinkler bên vách

Yêu cầu:

Nước từ sprinkler xả xuống từ cánh hướng dòng phải đạt từ 40% ÷ 60%.

Quy trình:

- Bước 1: Đo đường kính miệng phun.
 Bước 2: Lắp 2 sprinkler có cùng cỡ miệng phun vào phòng kiểm nghiệm.
 Bước 3: Cấp lưu lượng (Bảng 4) cần thiết trong 10min.
 Bước 4: Đo và thống kê lưu lượng nước trong các thùng đo.
 Bước 5: Quan sát phần diện tích tường mà sprinkler làm ướt.

Bảng 4. Bảng quy định lưu lượng nước cho bài kiểm tra phân bố nước sprinkler bên vách

Đường kính miệng, mm	Lưu lượng bao phủ nước, mm/min	Lưu lượng, l/min
≤ 15	≥ 2	57
> 15	≥ 2,8	78

2.12. Phân bố nước phía trên và phía dưới cánh hướng dòng

Quy trình:

- Bước 1: Đo đường kính miệng phun.

Bước 2: Lắp sprinkler nằm ngang trong giá thử theo sơ đồ quy định.

Bước 3: Cấp nước trong 30s (Bảng 5).

Bước 4: Đo lượng nước của hai ngăn và đánh giá.

Bảng 5. Bảng thông số bài thử phân bố nước phía trên và phía dưới cánh hướng dòng

Đường kính miệng phun, mm	Áp suất, bar	Lưu lượng nước, l/min
10	0,78	50,6
15	0,58	61,3
20	0,61	90

2.13. Độ chịu ăn mòn do sương muối

Yêu cầu:

Phun sương natri clorua 20%, pH = 6,5 ÷ 7,2, 1,126 ÷ 1,157g/ml ở 35 ± 2°C vào mẫu thử ở vị trí làm việc trong buồng có thể tích ≥ 0,43m³.

Quy trình:

Bước 1: Đổ đầy nước và bịt kín miệng sprinkler.

Bước 2: Gắn sprinkler vào buồng thử.

Bước 3: Điều chế dung dịch muối.

Bước 4: Phun dung dịch muối vào buồng thử ở 0,98bar trong 10 ngày.

Bước 5: Nâng nhiệt độ trong buồng lên mức 35°C.

Bước 6: Lấy sprinkler ra sau 10 ngày và để khô trong không khí 4 ÷ 7 ngày.

Bước 7: Thực hiện bài kiểm tra chức năng và thử nhiệt động lực học.

2.14. Độ chịu ăn mòn do sunfua dioxit

Yêu cầu:



Sau khi trải qua phép thử 2.14, sprinkler vẫn thỏa các phép thử về chức năng và thử tăng nhiệt động lực học.

Quy trình:

Bước 1: Đổ đầy nước vào miệng của sprinkler và bịt kín miệng sprinkler.

Bước 2: Lắp sprinkler vào bể.

Bước 3: Đổ chất lỏng vào bể.

Bước 4: Sau 6 ngày, thêm 20ml dung dịch axitsulphuric vào bể thử.

Bước 5: Sau 2 ngày, lấy sprinkler ra làm khô trong không khí $4 \div 7$ ngày ở nhiệt độ 35°C và độ ẩm $\leq 70\%$.

Bước 6: Dem sprinkler thử chức năng, nhiệt động lực học.

2.15. Va đập thủy lực

Yêu cầu:

Sprinkler phải thỏa yêu cầu của bài kiểm tra chức năng và bài kiểm tra rò rỉ sau khi chịu tác động của búa nước.

Quy trình:

Bước 1: Lắp sprinkler vào máy thử va đập thủy lực.

Bước 2: Làm sạch hết không khí khỏi sprinkler và thiết bị thử.

Bước 3: Tạo ra 3000 chu kỳ thay đổi áp suất từ $4 \pm 0,5 \div 30 \pm 1\text{bar}$ với tốc độ $100 \pm 10\text{bar/s}$.

Bước 4: Tháo sprinkler ra máy kiểm tra va đập thủy lực.

Bước 5: Thực hiện bài kiểm tra chức năng và bài kiểm tra rò rỉ cho sprinkler.

2.16. Rung

Yêu cầu:

Sprinkler phải thỏa yêu cầu của bài kiểm tra chức năng và bài kiểm tra rò rỉ sau khi được rung trong 120h.

Quy trình:

Bước 1: Lắp sprinkler vào bàn rung.

Bước 2: Tác động rung hình sin, $f = 5\text{Hz} \div 40\text{Hz}$ với tốc độ 5min/octa , biên độ 1mm, hướng rung nằm dọc theo trục ren nối ống.

Bước 3: Nếu phát hiện tần số cộng hưởng thì tiến hành rung tại mỗi tần số cộng hưởng trong 120h.

Bước 4: Tháo sprinkler khỏi máy thử rung và thực hiện bài kiểm tra chức năng, bài kiểm tra rò rỉ cho sprinkler.

2.17. Va đập

Yêu cầu:

Sau va đập, sprinkler không gãy vỡ, biến dạng. Sprinkler phải thỏa mãn yêu cầu của bài kiểm tra rò rỉ và bài kiểm tra chức năng với áp suất 0,35bar.

Quy trình:

Bước 1: Cân, ghi khối lượng sprinkler.

Bước 2: Lắp sprinkler vào thiết bị thử.

Bước 3: Thả vật nặng rơi vào đầu mút của bộ phận hướng dòng từ độ cao 1m.

Bước 4: Tháo sprinkler khỏi máy thử rung để thực hiện bài kiểm tra chức năng và bài kiểm tra rò rỉ.

2.18. Độ bền chịu nhiệt

Yêu cầu:

Sau bài thử về độ bền chịu nhiệt, sprinkler không được có biến dạng nhìn thấy được hoặc nứt vỡ.

Quy trình:

Bước 1: Lắp đặt sprinkler vào lò nung.

Bước 2: Nung ở 800°C trong 15min.

Bước 3: Lấy sprinkler ra khỏi lò nung và nhúng vào bể nước nhiệt độ 15°C.

Bước 4: Kiểm tra chức năng và kiểm tra rò rỉ cho sprinkler.

2.19. Tăng nhiệt động lực học, hệ số dẫn

Yêu cầu:

Giá đỡ bằng đồng thau được thiết kế sao cho sự tăng nhiệt độ của giá đỡ hoặc nước $\leq 2^\circ\text{C}$ trong thời gian thử làm nguội đột ngột riêng biệt với thời gian phản ứng 55s. Nếu thời gian phản ứng $> 55\text{s}$ thì nhiệt độ của giá đỡ hoặc nước phải không được $> 0,036$ lần thời gian phản ứng đối với khoảng thời gian của một phép thử đột ngột riêng biệt. Thiết bị đo thời gian có sai số $\pm 0,01\text{s}$.

Quy trình:

Bước 1: Đổ 25ml nước đã ổn định ở nhiệt độ môi trường vào miệng sprinkler.

Bước 2: Dùng PTFE bọc ren sprinkler và lắp vào buồng điều hòa ở nhiệt độ môi trường ít nhất 30min.

Bước 3: Đặt giá đỡ đã gắn sprinkler vào buồng thử dạng ống và thổi khí với tốc độ và nhiệt độ theo Bảng 5 [1].

Bước 4: Đo thời gian phản ứng.

Bước 5: Tính toán giá trị RTI

$$RTI = \frac{-t_r u^{0.5} (1 + C/u^{0.5})}{\ln \left[1 - \frac{\Delta T_{ea}}{\Delta T_g} (1 + C/u^{0.5}) \right]} \quad (3)$$

Với, t_r : thời gian sprinkler phản ứng, s;
 ΔT_g : nhiệt độ không khí thực tế trừ nhiệt độ giá đỡ, °C; ΔT_{ea} : nhiệt độ làm việc trung bình

của thùng chất lỏng trừ nhiệt độ giá đỡ, °C;
 u : vận tốc không khí, m/s; C : hệ số dẫn, $C = (\Delta T_g / \Delta T_{ea} - 1) u^{0.5}$. $C = 0,25^{0.5}$ nếu $C < 0,5^{0.5}$.

3. KẾT LUẬN

Bài báo trình bày tổng quan về sprinkler và tiêu chí kiểm định sprinkler theo TCVN 6305-1: 2007. Các tiêu chí được lượng hóa chi tiết trừ hai tiêu chí kiểm tra sơ bộ và kiểm tra trực quan. Phần 2 của bài báo đề xuất lưu đồ kiểm nghiệm cho các tiêu chí và đề xuất giải pháp kết hợp các tiêu chí thành các nhóm phù hợp cho việc tự động hóa thiết bị kiểm định.

Lời cảm ơn:

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh (ĐHQG-HCM) trong khuôn khổ Đề tài mã số TX2023-20b-01. Chúng tôi xin cảm ơn Phòng thí nghiệm trọng điểm Điều khiển Số và Kỹ thuật Hệ thống, Trường Đại học Bách khoa, ĐHQG-HCM đã hỗ trợ thời gian, phương tiện và cơ sở vật chất cho nghiên cứu này. ❖

Ngày nhận bài: **12/8/2023**

Ngày phản biện: **06/9/2023**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. TCVN 6305-1: 2007; *Yêu cầu và phương pháp thử đối với sprinkler*.
- [2]. QCVN 03: 2021/BCA; *Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về phương tiện phòng cháy và chữa cháy*.
- [3]. Phan Hoang Long et. al., *Design and Implementation of Automation Testing Device for Fire Fighting Hoses*, Vietnam Mechanical Engineering Journal, Vol.11, pp.69-77, 2020.
- [4]. Quoc Bao Nguyen et. al., *Design and Calibration of Multi-Channel Thermocouple Signal Converter*, The 2023 Int'l Symposium

- on Electrical and Electronics Engineering (ISEE 2023), Hochiminh City, October 19-20, 2023 - to appear soon.
- [5]. Xuan Quang Ngo et. al., *Design of Mobile Manipulator for Fire Extinguisher Testing. Part I: Key Specifications and Conceptual Design*, The 7th Int'l Conference on Advanced Engineering - Theory and Applications 2022 (AETA2022), pp.1-10, Hochiminh City, Vietnam, Dec. 2022.
- [6]. Thai Nguyen Chau et. al., *Design of Mobile Manipulator for Fire Extinguisher Testing. Part II: Design and Simulation*, The 7th Int'l Conference on Advanced Engineering - Theory and Applications 2022 (AETA2022), pp.11-20, Hochiminh City, Vietnam, Dec. 2022.
- [7]. Ho Hai Dang et. al., *Application of Multi-PID Controllers for Fire Resistance Testing Furnace*, The 2023 Int'l Symposium on Advanced Engineering (ISAE2023), pp.21-28, Hochiminh City, Vietnam, Feb. 2023.
- [8]. Huy Hung Nguyen et. al., *Model Identification of Gas-Fired Industrial Furnace*, The 7th Int'l Conference on Advanced Engineering - Theory and Applications 2022 (AETA2022), pp.42-51, Hochiminh City, Vietnam, Dec. 2022.
- [9]. Nguyen Tan Tien et. al., *Temperature Control of Gas Furnace with Time Delay*, Vietnam Mechanical Engineering Journal, Vol.295, pp.207-213, 2022.

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA CÁC THÔNG SỐ CHẾ ĐỘ HÀN ĐẾN SỰ HÌNH THÀNH MỖI HÀN GÓC TƯ THỂ HÀN NGANG KHI HÀN TỰ ĐỘNG DƯỚI LỚP THUỐC HÀN THIÊU KẾT HỆ BAZO' TRUNG BÌNH F7A(P)4-BK

RESEARCH THE INFLUENCES OF THE PARAMETERS OF THE WELDING CONDITION ON WELD FORMATION OF HORIZONTAL FILLET WELD FOR SUBMERGED ARC WELDING USING AGGLOMERATED BASIC FLUX F7A(P)4-BK

PGS, TS. **Vũ Huy Lâm**¹, ThS. **Vũ Thanh Quỳnh**²

¹Trường Cơ khí, Đại học Bách Khoa Hà Nội

²Trường Cao đẳng Cơ điện Phú Thọ

TÓM TẮT

Bài báo này nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số chế độ hàn dưới lớp thuốc thiêu kết bazơ trung bình F7A(P)4-BK đến các kích thước mối hàn góc tư thể hàn ngang khi hàn trên kết cấu thép cacbon thấp và thép hợp kim thấp là vấn đề cấp thiết trong lĩnh vực sản xuất vật liệu hàn và công nghệ hàn. Bài báo này đã dẫn các kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số chế độ hàn chủ yếu (I , U , V_p) đến các kích thước mối hàn góc tư thể hàn ngang và xác định giá trị tối ưu của chúng. Kết quả nghiên cứu được sử dụng để xây dựng bản hướng dẫn sử dụng thuốc hàn thiêu kết bazơ trung bình F7A(P)4-BK cho tư thế hàn 2F.

Từ khóa: Tối ưu hóa; Thuốc hàn thiêu kết hệ bazơ trung bình; Thuốc hàn F7A(P)4-BK; Thông số chế độ hàn; Hàn tự động dưới lớp thuốc; Mối hàn góc tư thể hàn ngang.

ABSTRACT

In this paper, the research the influence of the parameters of welding condition on geometry of horizontal position fillet weld using the agglomerated basic flux F7A(P)4-BK during submerged arc welding (SAW) for the production of low-carbon steel and low-alloy steel is currently an urgent inssue manufacturing welding materials and welding technology. This paper presents the results of research the influence of the parameters (I , U , V_p) on dimensions of the weld and were determined optimized values of the welding parameters. This results use to build the manual instruction of the agglomerated basic flux F7A(P)4-BK with welding position 2F.

Keywords: Optimization; Agglomerated basic flux; Flux F7A(P)4-BK; Parameters of welding condition; Submerged arc welding (SAW); Horizontal position fillet weld.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngày nay, công nghệ hàn tự động dưới dòng hàn SAW (Submerged Arc Welding) được ứng dụng phổ biến ở nước ta để hàn các kết cấu thép có chiều dày và chiều dài đường hàn lớn với yêu cầu chất lượng cao, nên nhu cầu về thuốc hàn thiêu kết bazơ trung bình khá nhiều. Trường Đại học Bách khoa Hà Nội đã nghiên cứu chế tạo một số loại thuốc hàn thiêu kết hệ bazơ khác nhau, trong đó có loại thuốc hàn bazơ trung bình F7A(P)4-BK. Trong số những kết cấu thép thường sử dụng loại thuốc hàn này là dầm hàn, cụ thể là mối hàn góc với tư thế hàn ngang (2F). Vì vậy, bài báo sẽ trình bày kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của chế độ hàn và điều kiện hàn SAW tại vị trí 2F.

Mục tiêu và nội dung nghiên cứu

Mục tiêu nghiên cứu là tìm ra quy luật ảnh hưởng của các thông số chế độ hàn và điều kiện hàn SAW đến sự hình thành mối hàn khi dùng loại thuốc hàn thiêu kết bazơ trung bình F7A(P)4-BK ở vị trí 2F.

Nội dung nghiên cứu gồm có:

+ Nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số chế độ hàn SAW đến kích thước và sự hình thành mối hàn góc khi dùng thuốc hàn thiêu kết bazơ trung bình F7A(P)4-BK vị trí 2F.

+ Tối ưu hóa các thông số chế độ hàn SAW khi dùng thuốc hàn thiêu kết bazơ trung bình F7A(P)4-BK vị trí 2F.

2. ĐỐI TƯỢNG, VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

- Đối tượng nghiên cứu là thuốc hàn

thiêu kết bazơ trung bình ($B \approx 1,6$) tương đương với loại thuốc hàn F7A(P)4 theo tiêu chuẩn của Hội Hàn Mỹ AWS A5.17-80 được kí hiệu F7A(P)4-BK.

- Mẫu hàn: Thép tấm dày $S = 15$ mm, không vát mép, vị trí 2F, dây hàn $d = 4,0$ mm.

2.2. Vật liệu và thiết bị nghiên cứu

- Vật liệu để chế tạo mẫu hàn là thép kết cấu hàn SM400B theo JIS G3106, kích thước mẫu theo tiêu chuẩn [4, 5].

- Dây hàn dùng kết hợp với thuốc hàn là EM12K theo AWS A5.17-80.

- Thiết bị nghiên cứu chủ yếu:

- Máy hàn SAW model Dosun DZ1000.
- Các dụng cụ đo theo tiêu chuẩn.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

- Kết hợp nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm.

- Ứng dụng quy hoạch thực nghiệm để nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số chế độ hàn đến các kích thước mối hàn và xác định giá trị hợp lý của chúng khi hàn mối hàn góc vị trí hàn 2F.

- Mô hình nghiên cứu có dạng tổng quát:

$$Y_i = f(X_i), i = 1 \div k$$

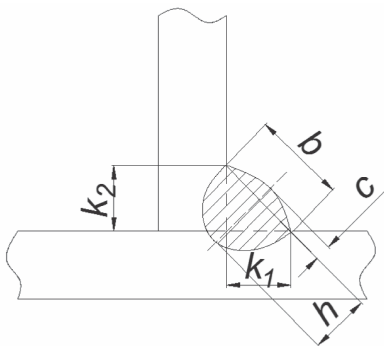
Trong đó:

- + X_i – Các thông số chế độ hàn (I, U, V_h);
- + Y_i – Hàm mục tiêu là các kích thước mối hàn, gồm có:

- Chiều rộng mỗi hàn b , mm;
- Chiều cao lõi của mỗi hàn c , mm;
- Chiều sâu ngấu của mỗi hàn h , mm;
- Cạnh dưới của mỗi hàn góc k_1 , mm;
- Cạnh trên của mỗi hàn góc k_2 , mm.

Mô hình có dạng quan hệ như sau:

$$b, c, h, k_1, k_2 = f(I, U, V_h)) \quad (1)$$



Hình 1. Các kích thước của mối hàn góc

Kích thước của mỗi hàn góc phụ thuộc vào tính chất lý nhiệt của thuốc hàn và các thông số chế độ hàn.

3. KẾ HOẠCH THỰC NGHIỆM

3.1. Xây dựng kế hoạch thực nghiệm

- Sau thí nghiệm sàng lọc, mô hình (1) có dạng đa thức bậc 2 như sau:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + \dots + b_iX_i + b_{12}X_1X_2 + \dots + b_{11}X_1^2 + \dots + b_{ii}X_i^2.$$

Các biến đầu vào:

+ X_1 – Cường độ dòng điện hàn I , A;

+ X_2 – Điện áp hàn U , V;

+ X_3 – Vận tốc hàn V_h , cm/ph.

Các biến số còn lại được giữ cố định:

+ Chiều dày tấm mẫu hàn: $t = 15\text{mm}$;

+ Đường kính dây hàn đặc: $d = 4\text{mm}$;

+ Tầm với điện cực: 30mm ;

+ Góc nghiêng điện cực: $\alpha = 40^\circ$.

Chọn kế hoạch thực nghiệm trực giao hai mức tối ưu của Box-Wilson với khoảng biến thiên của các biến số và kế hoạch thực nghiệm như sau:

Bảng 1. Khoảng biến thiên của các biến số

Các biến số	Biến thực			Biến mã hoá		
	I, A Z_1	U, V Z_2	V_h , cm/ph Z_3	X_1	X_2	X_3
Mức trên	800	34	62	+1	+1	+1
Mức cơ sở	700	30	50	0	0	0
Mức dưới	600	26	38	-1	-1	-1
Khoảng biến thiên	100	4	12			

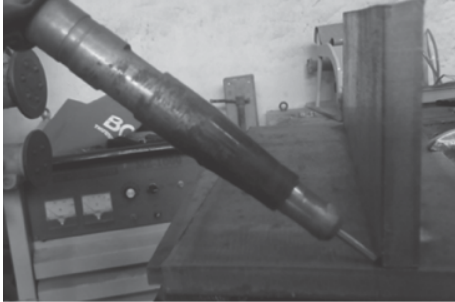
X_i – Các biến số mã hóa (không thứ nguyên).

Bảng 2. Kế hoạch thực nghiệm và kết quả thí nghiệm

Số thí nghiệm	Giá trị các biến thực			Giá trị các biến mã hóa			Giá trị các hàm mục tiêu				
	Z_1	Z_2	Z_3	X_1	X_2	X_3	b, Y_1	c, Y_2	h, Y_3	k_1, Y_4	k_2, Y_5
1	600	26	38	-1	-1	-1	9.9	0.66	7.88	8.74	7.74
2	800	26	38	+1	-1	-1	10.35	1.95	10.71	9.86	8.46
3	600	34	38	-1	+1	-1	11.23	1.65	9.45	9.49	8.1
4	800	34	38	+1	+1	-1	11.57	2.27	11.55	10.51	9.45
5	600	26	62	-1	-1	+1	7.2	0.56	4.83	6.23	5.58
6	800	26	62	+1	-1	+1	9.45	0.39	8.19	7.91	7.11
7	600	34	62	-1	+1	+1	8.1	0.23	6.09	6.51	5.85
8	800	34	62	+1	+1	+1	10.8	1.43	10.50	7.63	6.93
9	578,5	30	50	$-\frac{1}{1,215}$	0	0	9	0.44	6.30	6.60	5.85
10	821,5	30	50	$+\frac{1}{1,215}$	0	0	10.32	1.32	8.93	10.42	9.54
11	700	25,1	50	0	$-\frac{1}{1,215}$	0	8.28	0.55	7.67	7.35	6.75
12	700	34,9	50	0	$+\frac{1}{1,215}$	0	10.8	0.77	8.51	9.11	8.37
13	700	30	35,14	0	0	$-\frac{1}{1,215}$	13.12	1.65	10.19	10.60	9.81
14	700	30	64,58	0	0	$+\frac{1}{1,215}$	8.1	0.74	6.62	6.51	5.94
15	700	30	50	0	0	0	9.9	1.10	7.98	8.37	8.01
16	700	30	50	0	0	0	10.25	0.98	8.40	8.74	8.28
17	700	30	50	0	0	0	9.54	1.25	7.14	8.18	7.74

3.2. Tiến hành thí nghiệm

Mẫu thử được chuẩn bị theo tiêu chuẩn ANSI/AWS B4.0 và hàn mẫu với giá trị các biến theo kế hoạch thực nghiệm ở trên.



Hình 2. Hàn mẫu tư thế 2F

Mẫu sau khi hàn sẽ được gia công cơ khí, tẩy thực và đo kích thước mỗi hàn.



Hình 3. Mẫu sau hàn được cắt để đo

Kết quả cuối cùng là giá trị trung bình của 03 thí nghiệm song song sau khi xử lý loại bỏ thí nghiệm có sai số thô quá mức tiêu chuẩn.



Hình 4. Mẫu sau tẩy thực

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

4.1. Xử lý số liệu

Xử lý số liệu thực nghiệm bằng phần mềm chuyên dụng thu được các phương trình hồi quy sau:

$$b = 9,941 + 0,67X_1 + 0,718X_2 - 1,241X_3 + 0,042X_1X_2 + 0,52X_1X_3 - 0,037X_2X_3 - 0,221X_1^2 - 0,302X_2^2 + 0,422X_3^2 \quad (2)$$

Hệ số tương quan: $R^2 = 0,898$.

$$c = 0,981 + 0,366X_1 + 0,208X_2 - 0,458X_3 + 0,087X_1X_2 - 0,11X_1X_3 - 0,075X_2X_3 + 0,016X_1^2 - 0,132X_2^2 + 0,229X_3^2$$

Hệ số tương quan $R^2 = 0,856$.

$$H = 7,719 + 1,451X_1 + 0,639X_2 - 1,307X_3 + 0,04X_1X_2 + 0,355X_1X_3 + 0,145X_2X_3 + 0,01X_1^2 + 0,331X_2^2 + 0,545X_3^2$$

Hệ số tương quan $R^2 = 0,955$.

$$k_1 = 8,45 + 0,874X_1 + 0,323X_2 - 1,395X_3 - 0,082X_1X_2 + 0,082X_1X_3 - 0,175X_2X_3 + 0,025X_1^2 - 0,164X_2^2 + 0,0556X_3^2$$

Hệ số tương quan $R^2 = 0,909$.

$$k_2 = 8,01 + 0,836X_1 + 0,311X_2 - 1,185X_3 + 0,022X_1X_2 + 0,067X_1X_3 - 0,157X_2X_3 - 0,212X_1^2 - 0,304X_2^2 - 0,09X_3^2$$

Hệ số tương quan $R^2 = 0,883$.

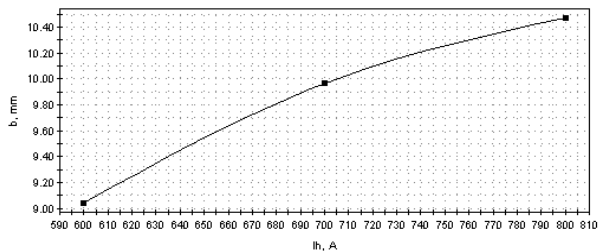
Các hệ số tương quan cao cho thấy mức độ tương thích của các phương trình hồi quy tốt.



4.2. Biểu diễn các đường đặc tính

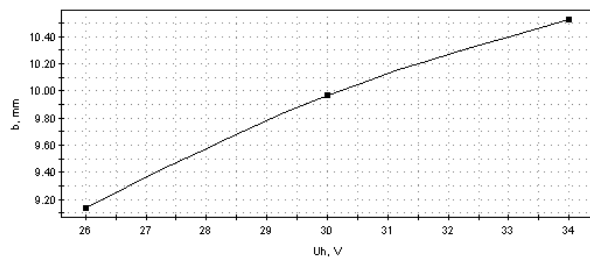
4.2.1. Sự phụ thuộc của chiều rộng mối hàn vào chế độ hàn

- Ảnh hưởng của cường độ dòng điện đến chiều rộng mối hàn b :



Hình 5. Chiều rộng mối hàn phụ thuộc vào I

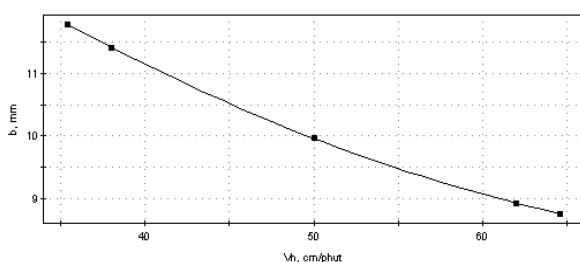
- Ảnh hưởng của điện áp hàn đến chiều rộng mối hàn b :



Hình 6. Chiều rộng mối hàn phụ thuộc vào U

Đặc tính cho thấy khi I và U tăng thì bề rộng mối hàn tăng, nhưng sau đó tăng chậm.

- Ảnh hưởng của vận tốc hàn đến chiều rộng mối hàn b :

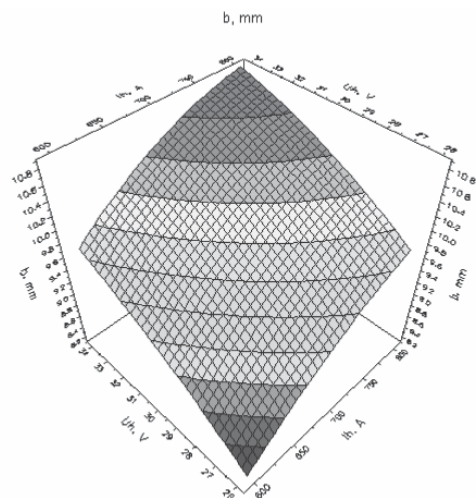


Hình 7. Chiều rộng mối hàn phụ thuộc vào V_h

Hình biểu diễn cho thấy vận tốc hàn làm giảm mạnh bề rộng mối hàn.

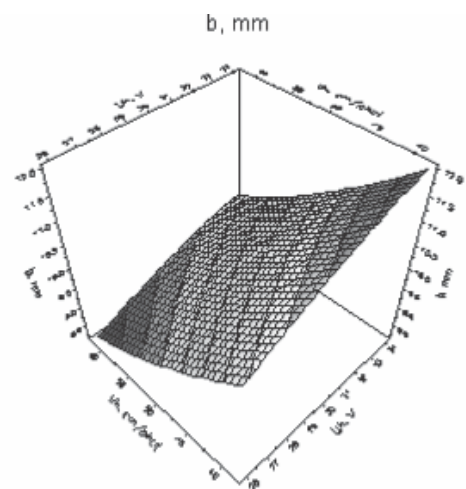
- Sự phụ thuộc của chiều rộng mối hàn b vào các yếu tố dạng 3D:

+ Ảnh hưởng đồng thời của dòng điện và điện áp hàn đến chiều rộng mối hàn với tốc độ hàn không đổi như sau:



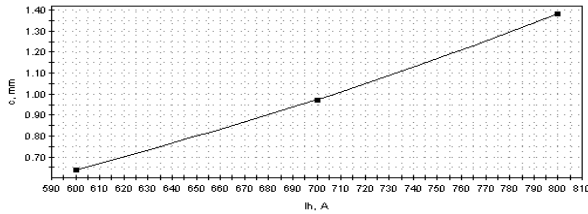
Hình 8. Chiều rộng b phụ thuộc vào I và U

+ Tương tự ảnh hưởng đồng thời của dòng điện và tốc độ hàn đến chiều rộng b :

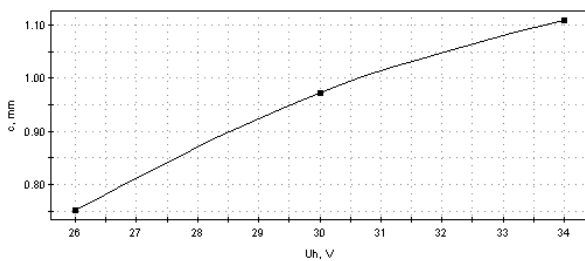


Hình 9. Chiều rộng b phụ thuộc vào U và V_h

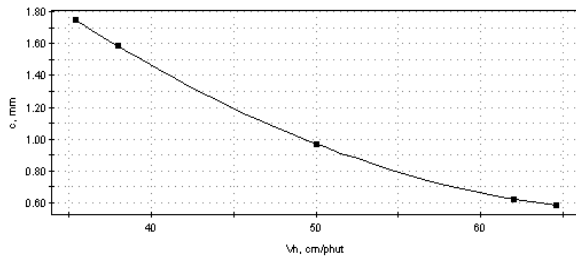
4.2.2. Sự phụ thuộc của chiều cao lõi mỗi hàn vào chế độ hàn



Hình 10. Chiều cao c phụ thuộc vào I



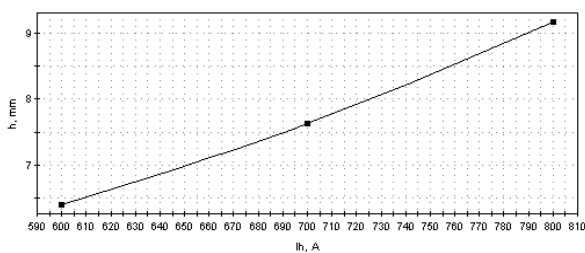
Hình 11. Chiều cao c phụ thuộc vào U



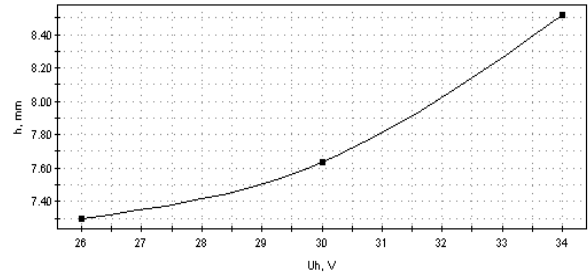
Hình 12. Chiều cao c phụ thuộc vào V_h

Đặc tính cho thấy ảnh hưởng mạnh nhất của mỗi hàn V_h đến chiều cao c , sau đó là I và U .

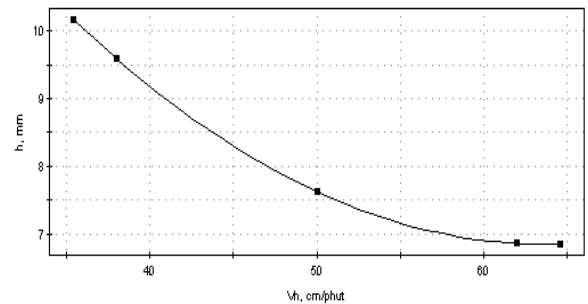
4.2.3. Sự phụ thuộc của chiều sâu ngấu mỗi hàn vào chế độ hàn



Hình 13. Chiều sâu ngấu h phụ thuộc vào I

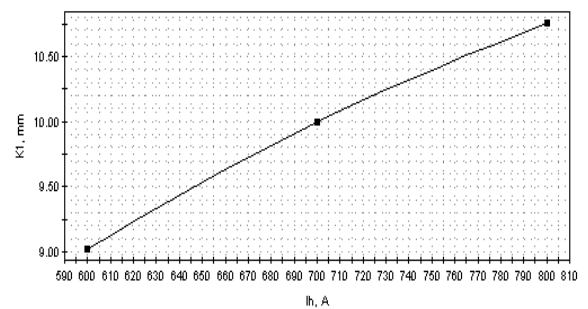


Hình 14. Chiều sâu ngấu h phụ thuộc vào U

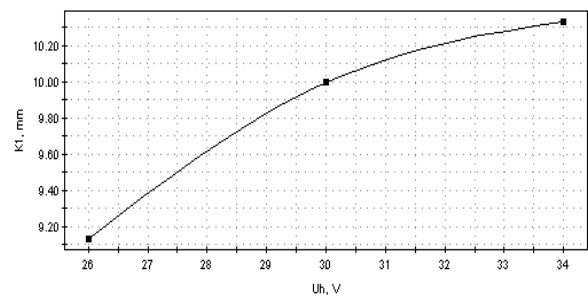


Hình 15. Chiều sâu ngấu h phụ thuộc vào V_h

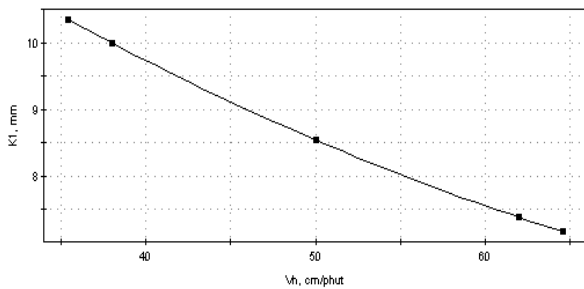
4.2.4. Sự phụ thuộc của cạnh dưới mỗi hàn k_1 vào chế độ hàn



Hình 16. Cạnh dưới k_1 phụ thuộc vào I

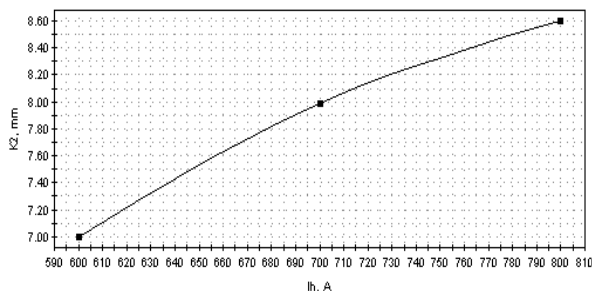


Hình 17. Cạnh dưới k_1 phụ thuộc vào U

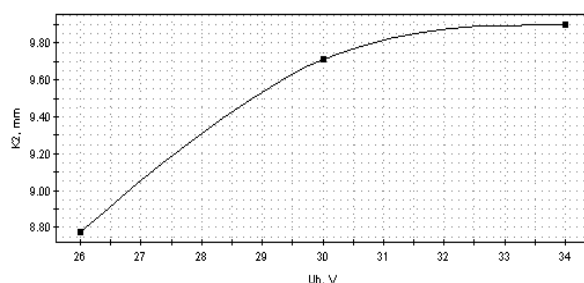


Hình 18. Cạnh dưới k_1 phụ thuộc vào V_h

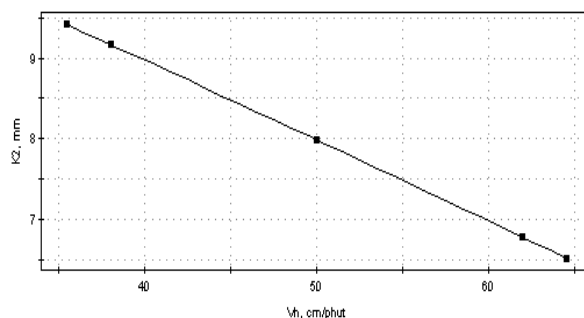
4.2.5. Sự phụ thuộc của cạnh trên mỗi hàn k_2 vào chế độ hàn



Hình 19. Cạnh trên k_2 phụ thuộc vào I



Hình 20. Cạnh trên k_2 phụ thuộc vào U



Hình 21. Cạnh trên k_2 phụ thuộc vào V_h

4.3. Xác định giá trị tối ưu

4.3.1. Các điều kiện ràng buộc

Trong trường hợp nghiên cứu, các giá trị của các thông số chế độ hàn hợp lý phải thỏa mãn một số chỉ tiêu ràng buộc về hình dạng và kích thước mối hàn của mỗi hàn góc tư thế hàn ngang 2F.

Với cặp thuốc hàn – dây hàn F7A(P)4-BK-EM12K, các yêu cầu về sự hình thành mối hàn với các ràng buộc sau:

+ Điều kiện tường minh:

$$\begin{aligned} 578 &\leq I \leq 821 \text{ A;} \\ 25 &\leq U \leq 35 \text{ V;} \\ 35 &\leq V_h \leq 65 \text{ cm/ph.} \end{aligned} \quad (3)$$

+ Ràng buộc ẩn:

Các ràng buộc ẩn đối với hàn SAW mỗi hàn góc tư thế hàn ngang thường yêu cầu phải đảm bảo kích thước và hình dạng của mối hàn theo mức B (ng nghiêm ngặt) chấp nhận được [4] và chiều rộng mối hàn từ 8÷25 mm với các ràng buộc sau:

$$\begin{aligned} Y_1 &= b \geq 7,5 \\ 0 &\leq Y_2 = c \leq 2,3 \\ Y_3 &= h \geq 6 \end{aligned} \quad (4)$$

Còn sự khác nhau giữa các cạnh của mối hàn không lớn (thông thường cạnh dưới mối hàn k_1 lớn hơn cạnh trên mối hàn k_2 khoảng 5÷15 % là chấp nhận được).

Tiếp theo chọn các thông số chế độ hàn thỏa mãn 3 điều kiện trên.

4.3.2. Kết quả tối ưu

Kết quả giải bài toán tối ưu với điều kiện liên kết trên với dây hàn $d = 4$ mm như sau:

Bảng 3. Các giá trị tối ưu

Dòng điện hàn I	700	A
Điện áp hàn U	30	V
Vận tốc hàn V_h	50	cm/ph
Chiều rộng b	9,94	mm
Chiều cao lõi c	0,98	mm
Chiều sâu ngấu h	7,72	mm
Cạnh dưới k_1	8,01	mm
Cạnh trên k_2	8,45	mm

4.4. Thảo luận

Từ kết quả thu được có thể rút ra kết luận sau:

- Ảnh hưởng của các thông số chế độ hàn đến kích thước mỗi hàn góc ngang khi hàn SAW sử dụng thuốc hàn thiêu kết bazơ trung bình có thể được mô tả bằng mối quan hệ toán học với hệ số tương quan cao.

- Ảnh hưởng của các thông số chế độ hàn đến kích thước mỗi hàn góc tư thế hàn ngang trong hàn SAW sử dụng thuốc hàn thiêu kết bazơ trung bình khác đáng kể so với hàn giáp mối. Thể hiện rõ nhất là chiều rộng và chiều sâu mỗi hàn phụ thuộc vào I giảm đi nhiều. Các đặc tính này phản ánh tính chất vật lý của thuốc hàn thiêu kết bazơ trung bình ($B \approx 1,6$) và đặc điểm của các vị trí hàn đối với sự hình thành mỗi hàn góc tư thế hàn ngang.

5. KẾT LUẬN

- Kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của chế độ hàn SAW đến kích thước mỗi hàn góc tư thế hàn ngang sử dụng thuốc hàn thiêu kết bazơ trung bình có ý nghĩa quan trọng trong lĩnh vực công nghệ hàn.

- Đã thiết lập được mối quan hệ và đề xuất phương pháp nghiên cứu định lượng để xác định giá trị hợp lý của các thông số chế độ hàn mỗi hàn góc tư thế hàn ngang sử dụng thuốc hàn thiêu kết bazơ trung bình.

- Các kết quả nghiên cứu được dùng để xây dựng bản hướng dẫn sử dụng thuốc hàn thiêu kết bazơ trung bình F7A(P)4-BK cho mỗi hàn ngang vị trí hàn góc. ❖

Ngày nhận bài: 27/8/2023

Ngày phản biện: 08/9/2023

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Vũ Huy Lâm, Bùi Văn Hạnh (2010); *Giáo trình Vật liệu hàn*, NXB. Bách khoa Hà Nội.
- [2]. TS. Ngô Lê Thông (2004); *Công nghệ hàn điện nóng chảy*, NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội 2004.
- [3]. Nguyễn Minh Tuyển (2005); *Quy hoạch thực nghiệm*, NXB. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
- [4]. AWS Welding Handbook, 9th Edition, 2001.
- [5]. *Lincoln Welding Handbook*, Lincoln Welding Co., LTD., USA 2005.

NGHIÊN CỨU SẤY TRÀ HOA LAVENDER TRÊN HỆ THỐNG SẤY BƠM NHIỆT TẦNG SÔI

RESEARCH ON DRYING LAVENDER TEA ON THE FLUIDIZED BED HEAT PUMP DRYING SYSTEM

Dương Ngọc Khánh^{1,2}, Phan Thành Nhân^{1,2,*}

¹Bộ môn Công nghệ Nhiệt Lạnh, Khoa Cơ khí, Trường Đại học Bách khoa Thành phố Hồ Chí Minh

²Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

TÓM TẮT

Nghiên cứu sấy trà hoa Lavender trên hệ thống sấy bơm nhiệt tầng sôi với môi chất lạnh R134A. Hệ thống sấy có công suất máy nén là 0,532kW, năng suất tách ẩm dàn lạnh 2,37kW, sử dụng hai dàn nóng năng suất lần lượt là 2,37kW và 0,472kW. Thực nghiệm sấy trà hoa Lavender được tiến hành ở phạm vi nhiệt độ từ 38°C đến 52°C, bề dày sản phẩm từ 13mm đến 37mm, với vận tốc gió là 1,5m/s. Đối với ảnh hưởng của bề dày lớp sản phẩm khi sấy, tại nhiệt độ sấy 45°C, thì thời gian sấy của lớp vật liệu càng mỏng sấy càng nhanh, tuy nhiên hệ số tách ẩm trên 1kWh của bề dày 30mm là tối ưu nhất với giá trị SMER gấp 3,87 lần so với bề dày 13 mm, và gấp 1,24 lần so với bề dày 37mm. Phân tích kết quả ảnh hưởng của nhiệt độ sấy tại bề dày lớp sấy 30mm, ở nhiệt độ sấy 50°C, thời gian sấy có thể giảm 3,4 lần và chỉ số tách ẩm SMER tăng gấp 3,15 lần so với sấy ở 40°C. Bên cạnh đó, bài báo cũng so sánh sấy trà hoa Lavender trên hai hệ thống sấy bơm nhiệt và bơm nhiệt tầng sôi, kết quả rất đáng ghi nhận khi sấy ở cùng chế độ nhiệt và bề dày sản phẩm, sấy bơm nhiệt tầng sôi chiếm ưu thế vượt trội.

Từ khóa: Trà hoa Lavender; Trà hoa Oải Hương; Sấy bơm nhiệt tầng sôi; Bơm nhiệt; Sấy tầng sôi.

ABSTRACT

Research on Lavender tea on the fluidized bed heat pump drier with R134A refrigerant. The exploitation system has a compressor capacity of 0.532kW, a cryogenic separation capacity of 2.37kW, and two energy applications of 2.37kW and 0.472kW respectively. Lavender drying experiments were conducted at a temperature range of 38°C to 52°C, with product thickness from 13mm to 37mm, with a wind speed of 1.5m/s. Regarding the influence of product layer thickness when drying, at a drying temperature of 45°C, the drying time of the material layer is faster. Still, the separation coefficient per 1kWh of 30mm thickness is the most optimal with SMER value is 3.87 times greater than 13mm thickness, and 1.24 times greater than 37mm thickness. Analysing the results of drying temperature at a drying layer thickness of 30mm, at a drying temperature of 50°C, the drying time can be reduced by 3.4 times and the SMER decomposition index increased by 3.15 times compared to drying at 40°C. On that side, the article also compares Lavender firefighting on two heating systems and boiling temperature, the results are very remarkable when breathing at the same temperature regime and product thickness, breathing boiling layer heat dominance.

Keywords: Lavender tea flower; Oai Huong tea flower; Fluidized bed heat pump drying; Heat pump; Fluidized bed drying.

1. GIỚI THIỆU

Sấy là một trong những công đoạn của quá trình bảo quản, chế biến nông sản. Có rất nhiều phương pháp sấy khác nhau đã được ứng dụng rộng rãi trong nghiên cứu và trong thực tế sản xuất ngày nay. Sấy bơm nhiệt là một trong những phương pháp sấy được ứng dụng nhiều trong thời gian gần đây tại Việt Nam và trên thế giới. Tuy nhiên, để hệ thống sấy mang lại hiệu quả cao hơn nữa thì nguyên lý sấy bơm nhiệt vẫn là một trong những phương pháp tiếp tục nhận được nhiều sự quan tâm của các nhà khoa học trong và ngoài nước. Cải tiến hệ thống sấy bơm nhiệt hay kết hợp hệ thống sấy bơm nhiệt với các thiết bị hỗ trợ khác là một trong những đặc tính có thể nói là ưu việt và mang lại nhiều hiệu quả cao trong nghiên cứu và trong sản xuất thiết bị sấy và quá trình sấy sản phẩm. Thiết bị tầng sôi là một ý tưởng không mới trên thế giới nhưng lại là phương án mang tính mới lạ được ứng dụng kết hợp với hệ thống bơm nhiệt tại Việt Nam nhằm cải tiến, nâng cao năng suất, đảm bảo chất lượng của sản phẩm sau khi sấy.

Sấy bơm nhiệt với sự hỗ trợ thiết bị tầng sôi đã được thực hiện với nhiều nghiên cứu được công bố trong và ngoài nước. theo kết quả nghiên cứu về chế độ tầng sôi qua lớp hạt đối với sản phẩm hạt tiêu tươi và hạt tiêu khô của nhóm tác giả P. T. Nhân [1] được công bố năm 2021. Các thí nghiệm được thực hiện với bề dày lớp hạt thay đổi từ 4-44 mm và vận tốc tác nhân sấy thay đổi từ 5-11 m/s. Kết quả phân tích từ thực nghiệm đã xác định được vận tốc dòng không khí tối thiểu để lớp vật liệu sôi trong phạm vi từ 5,2 m/s đến 6,5 m/s. Tổn thất áp suất qua lớp hạt của hạt tiêu tươi là 225 Pa, còn với hạt tiêu khô là 147 Pa ứng với vị trí bề dày lớp hạt là 37mm. Bên cạnh đó, nhóm tác giả Bùi Trung Thành và Nguyễn Hay [2] cũng đã có những nghiên cứu về sấy tầng sôi cho sản

phẩm sấy muối tinh với kết quả nghiên cứu đưa ra được các yếu tố ảnh hưởng đến tổn thất áp qua lớp hạt bao gồm: kích thước hạt, nếu hạt có nhiều tạp chất mịn tổn thất áp tăng, độ rỗng của khối hạt, độ nhớt động lực học của tác nhân sấy ở độ sôi tối thiểu. Thực nghiệm sấy cà rốt trên hệ thống máy sấy bơm nhiệt tầng sôi do nhóm tác giả Xukun Zhang [3] năm 2004 với tác nhân lạnh R22, đã đưa ra kết quả tối đa của hệ thống là tốc độ tách ẩm $MER = 3,63 \text{ kg/h}$, tốc độ tách ẩm riêng phần $SMER_{hp} = 1,25 \text{ kg/kWh}$, $SMER_{ws} = 0,715 \text{ kg/KWh}$. Bên cạnh đó, nhóm tác giả cũng đã đưa ra được phương trình thực nghiệm với độ tin cậy cao, có so sánh với kết quả mô phỏng dựa trên phần mềm mô phỏng Comsol. Năm 2016, tác giả M. Yahya [4] công bố kết quả nghiên cứu thực nghiệm cho sản phẩm sấy lúa gạo trên hai hệ thống sấy tầng sôi. Thứ nhất là hệ thống sấy tầng sôi kết hợp với năng lượng mặt trời và đốt nhiên liệu biomass, hệ thống sấy thứ hai là hệ thống sấy bơm nhiệt tầng sôi kết hợp đốt nhiên liệu biomass. Tác giả kết luận, với hệ thống sấy bơm nhiệt tầng sôi kết hợp đốt biomass đạt hiệu quả sấy cao hơn so với hệ thống còn lại [4]. Vào năm 2017, tác giả Gokul G Nair [5] cũng tiến hành nghiên cứu thực nghiệm hệ thống sấy bơm nhiệt có hỗ trợ của tầng sôi ở phạm vi nhiệt độ sấy từ 50°C đến 60°C và kết luận nhiệt độ sấy tăng thì thời gian sấy sẽ giảm. Cùng chủ đề sấy bơm nhiệt có sự hỗ trợ của tầng sôi, nhóm tác giả Stanislaw P. Rudobachta và Galina A. Zueva [6] đã công bố nghiên cứu vào năm 2019 cho sản phẩm sấy bắp ở chế độ 60°C với tác nhân lạnh được sử dụng là R600a (isobutane), kết quả của nhóm nghiên cứu chỉ ra rằng với hệ thống sấy này cho phép tiết kiệm tới 66% năng lượng sử dụng cho quá trình sấy bắp.

Phạm vi nghiên cứu của bài báo là nghiên cứu thực nghiệm sự ảnh hưởng của chế độ sấy đến thời gian sấy, tốc độ giảm ẩm cũng

như năng lượng tách ẩm trên sản phẩm trà hoa Lavender. Bên cạnh đó, thực nghiệm so sánh đánh giá tính hiệu quả của sấy sản phẩm trà hoa Lavender trên hai hệ thống sấy, hệ thống sấy bơm nhiệt và hệ thống sấy bơm nhiệt tăng sôi nhằm đánh giá sự vượt trội của phương pháp sấy về mặt thời gian, về mặt năng lượng cũng như chất lượng của sản phẩm sau khi sấy.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Xác định ẩm độ và tốc độ giảm ẩm của sản phẩm

Để phân tích, tính toán kết quả sấy, các phương trình tính về lượng nước tách ra của quá trình sấy, về ẩm độ sản phẩm theo thời gian, về tốc độ sấy và hệ số tách ẩm được trình bày như sau:

$$M_{H_2O} = M_o - M_e \quad (1)$$

$$M_{H_2O} = M_o \cdot \frac{W_o - W_e}{100 - W_e} \quad (2)$$

$$W_e = W_o - M_{H_2O} \cdot \frac{100 - W_o}{M_e} \quad (3)$$

$$W_t = W_o - Water \cdot \frac{100 - W_o}{M_t} \quad (4)$$

$$MR = \frac{M_{t+\Delta t} - M_t}{\Delta t} \quad (5)$$

$$SMER = \frac{M_{H_2O}}{E} \quad (6)$$

2.2. Nghiên cứu thực nghiệm

2.2.1. Chuẩn bị mẫu vật liệu sấy – hoa Lavender

Hoa Lavender hay còn gọi là hoa Oải Hương với tên khoa học là *Lavandula Angustifolia*. Hoa Lavender dòng Costa được trồng tại thành phố Đà Lạt, tỉnh Lâm Đồng,

Việt Nam. Trên hình 1 minh họa hoa Lavender và cấu trúc cây.

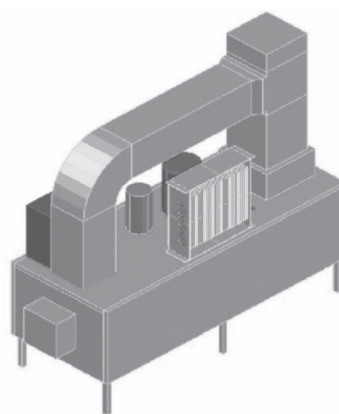


Hình 1. Hoa Lavender và cấu trúc cây

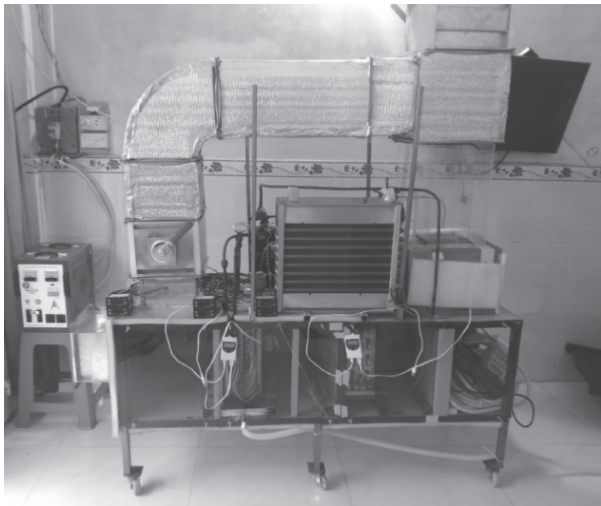
2.2.2. Hệ thống thí nghiệm

Mô hình hệ thống sấy bơm nhiệt tăng sôi:

Hệ thống bơm nhiệt tăng sôi được chế tạo và sử dụng trong thực nghiệm sấy sản phẩm với công suất máy nén là 0,532kW, năng suất tách ẩm dàn lạnh 2,37kW, sử dụng hai dàn nóng năng suất lần lượt là 2,37kW và 0,472kW, tác nhân R134A được sử dụng trong hệ thống. Phạm vi nhiệt độ vào buồng sấy có thể điều chỉnh từ 35°C đến 55°C. Với chế độ sấy bơm nhiệt, hệ thống quạt tăng sôi sẽ ngưng hoạt động.



Hình 2. Mô hình thiết kế 3D



Hình 3. Mô hình chế tạo

Tác nhân sấy từ buồng hòa trộn được đưa vào dưới ghi buồng sấy. Ghi sấy là một tấm lưới thép có nhiều lỗ có kích thước thích hợp để tác nhân sấy đi qua mà các vật liệu sấy không bị rơi xuống. Tác nhân sấy ở chế độ sấy theo yêu cầu được qua lớp vật liệu, trong buồng sấy, với tốc độ thích hợp, nâng các vật liệu sấy lên và làm cho chúng xáo trộn bập bùng trong dòng tác nhân như một dịch thể đang sôi. Đặc trưng của hệ thống sấy tầng sôi là vật liệu sấy ở thể sôi trao đổi nhiệt ẩm với dòng tác nhân. Khi tốc độ tác nhân bé, lớp vật liệu sấy nằm yên.

Để tác nhân sấy đạt chế độ yêu cầu, hệ thống bơm nhiệt được sử dụng để xử lý tác nhân sấy. Tác nhân sấy đi qua dàn lạnh được tách nước, sau đó qua dàn nóng để gia nhiệt lên lại đến nhiệt độ sấy yêu cầu. Các thiết bị cảm biến, thiết bị điều khiển được sử dụng để tác nhân sấy đạt được nhiệt độ, vận tốc tại điều kiện thí nghiệm.

Dụng cụ đo:

Các dụng cụ đo được sử dụng trong các thí nghiệm sấy được trình bày trong bảng 1 với các thiết bị có độ chính xác cao.

Bảng 1. Dụng cụ đo.

Thông số đo	Thiết bị	Độ chính xác
Vận tốc	Testo 425	± 0.3 m/s
Nhiệt độ	Datalogger TC type K	± 0.1°C
Ẩm độ không khí	PH721	± 3%
Khối lượng vật liệu	Digital scale	± 0.1grams
Ẩm độ vật liệu	AND MX-50	± 0.1%
Tổn thất áp suất	Cole Parmer-PH721	± 2%

Điều kiện thí nghiệm:

Các thí nghiệm được tiến hành ở các điều kiện được trình bày trong bảng 2. Với vận tốc sấy là 1,5m/s, phạm vi nhiệt độ thay đổi từ 38°C đến 52°C, bề dày sản phẩm từ 13mm đến 37mm được tiến hành trên hai hệ thống sấy là bơm nhiệt và bơm nhiệt tầng sôi.

Bảng 2. Điều kiện thí nghiệm.

Vận tốc	1,5m/s
Nhiệt độ	38, 40, 45, 50, 52°C
Bề dày sản phẩm	13, 20, 25, 30, 37mm
Hệ thống	Bơm nhiệt tầng sôi, bơm nhiệt

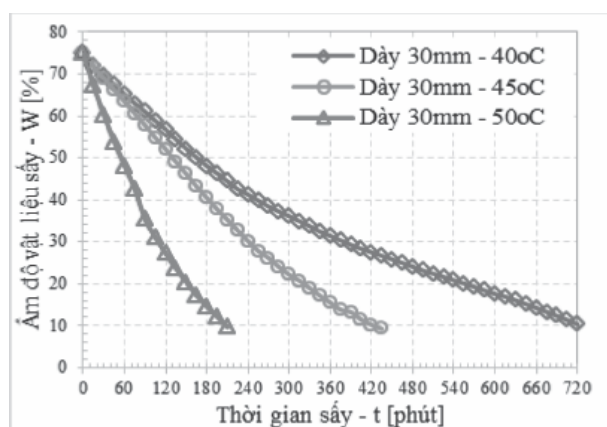
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đánh giá ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến quá trình sấy

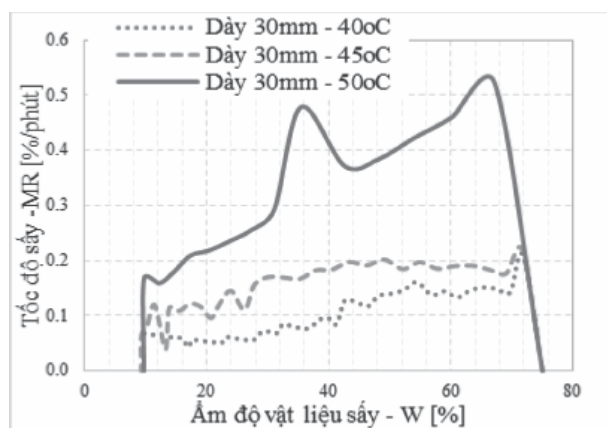
Thực nghiệm sấy trà hoa Lavender được thực hiện trên hệ thống sấy bơm nhiệt tầng sôi ở chế độ vận tốc 1,5m/s, bề dày lớp hoa 30mm với tại các giá trị nhiệt độ 40°C, 45°C, 50°C. Sản phẩm ban đầu có ẩm độ là 75% được sấy đến khi ẩm độ còn lại là 10%. Để làm khô



trà hoa Lavender ở 40°C mất đến 735 phút, ở 45°C cần 435 phút. trong khi ở nhiệt độ 50°C, thời gian sấy rất ngắn là 210 phút, kết quả được trình bày trên hình 4. Đối với tốc độ sấy, Hình 5 thể hiện kết quả ở chế độ 50°C, tốc độ sấy tăng gần gấp 3 lần so với ở 40°C, điều này có thể thấy sự ảnh hưởng của nhiệt độ trên hệ thống sấy bơm nhiệt tầng sôi là rất lớn. Bên cạnh đó, xét về mặt chất lượng của sản phẩm, sản phẩm sấy có độ giữ màu tốt, hệ thống sấy tuần hoàn kín nên sản phẩm vẫn giữ được mùi hương.



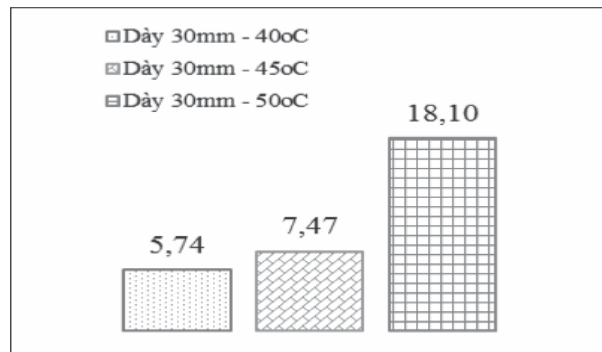
Hình 4. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến quá trình sấy thể hiện trên đường cong sấy



Hình 5. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy thể hiện trên đường cong tốc độ sấy

Đánh giá về mặt năng lượng thể hiện qua chỉ số SMER thể hiện trên hình 6, có thể thấy hệ thống sấy bơm nhiệt tầng sôi ở nhiệt độ

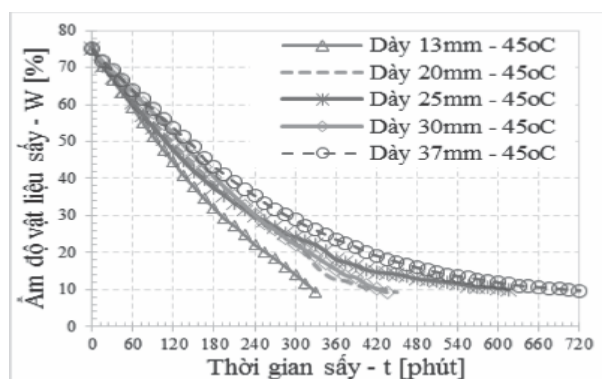
50°C, vận tốc 1,5m/s có hệ số SMER tăng gấp 3 lần so với ở nhiệt độ 40°C và tăng gấp 2,5 lần so với chế độ 45°C.



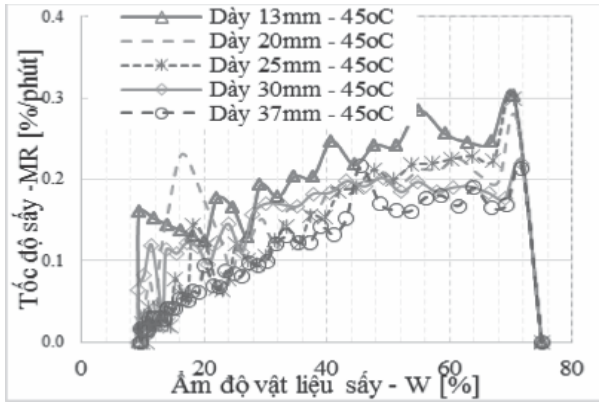
Hình 6. Các chỉ số SMER ở các nhiệt độ sấy

3.2. Đánh giá sự ảnh hưởng của bề dày tầng sôi đến quá trình sấy

Để đánh giá sự ảnh hưởng của bề dày lớp sản phẩm đến quá trình sấy trên hệ thống bơm nhiệt tầng sôi, thí nghiệm được thực hiện ở 5 mức bề dày khác nhau: 13mm, 20mm, 25mm, 30mm, 37mm. Vận tốc sôi và nhiệt độ được duy trì không đổi, với vận tốc gió 1,5m/s, nhiệt độ thí nghiệm là 45°C. Kết quả thu được thể hiện trên Hình 7, tại bề dày 37mm cần đến 720 phút để sấy khô sản phẩm, trong khi đó tại bề dày 13mm chỉ cần 330 phút để sấy khô, bề dày 20mm cần 450 phút, bề dày 25mm cần 615 phút.

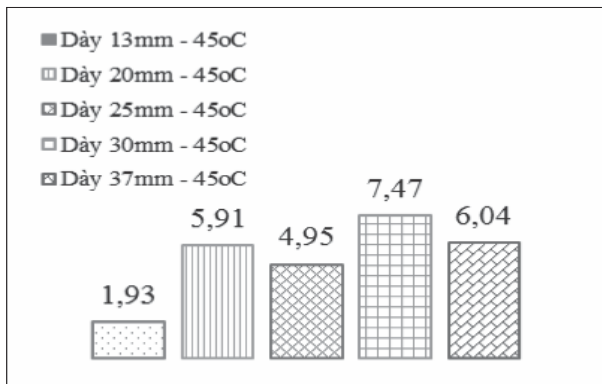


Hình 7. Ảnh hưởng của bề dày lớp sôi đến quá trình sấy thể hiện trên đường cong sấy



Hình 8. Ảnh hưởng của bề dày lớp sôi đến quá trình sấy thể hiện trên đường cong tốc độ sấy

Hình 8 cho ta thấy được tốc độ sấy ở bề dày 13mm là cao nhất tương đương với thời gian sấy là ngắn nhất, mặc dù thời gian sấy là ngắn nhất, tuy nhiên chỉ số SMER của bề dày vật liệu 13mm lại thấp nhất; đối với lớp vật liệu có bề dày 30mm trái ngược với thời gian sấy dài hơn so với lớp vật liệu 13mm nhưng lại có chỉ số SMER cao nhất, xếp sau nó là lớp bề dày 37mm. Như vậy, khi chọn chế độ sấy xét về chỉ số SMER, ta nên chọn bề dày là 30mm là tốt nhất.

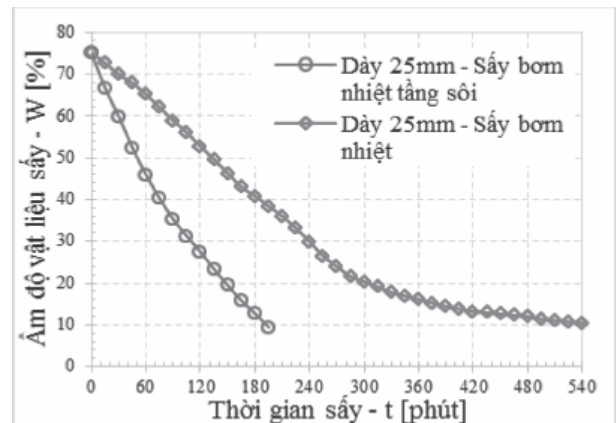


Hình 9. Các chỉ số SMER tại các chế độ bề dày sản phẩm sấy

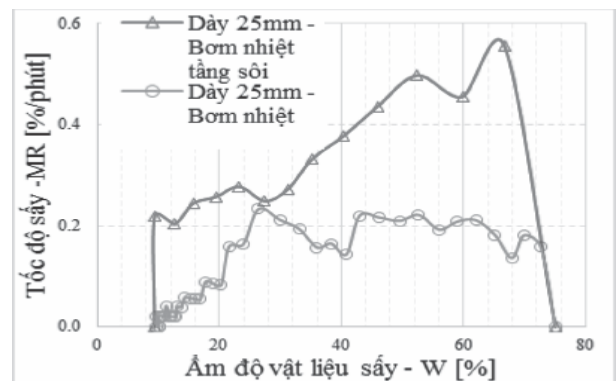
3.3. So sánh sấy trà hoa Lavender trên hệ thống sấy bơm nhiệt tầng sôi và bơm nhiệt

Để so sánh tính hiệu quả của hệ thống

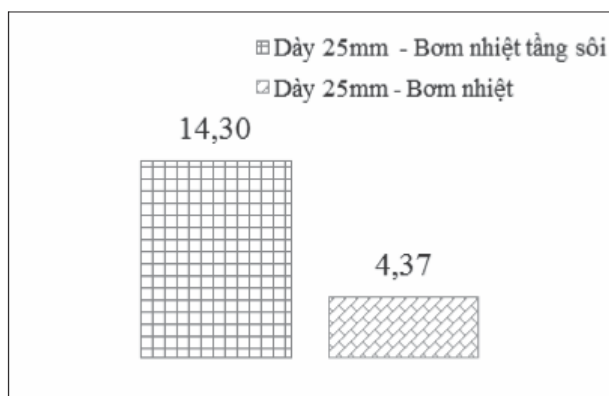
sấy bơm nhiệt tầng sôi cho sản phẩm trà hoa Lavender, thực nghiệm so sánh sấy hoa trên hai hệ thống sấy bơm nhiệt tầng sôi và sấy bơm nhiệt với cùng chế độ sấy nhiệt độ, bề dày lớp sấy. Kết quả thể hiện sự vượt trội của hệ thống sấy bơm nhiệt tầng sôi so với hệ thống bơm nhiệt qua giá trị tỷ lệ tách ẩm và thời gian sấy, cũng như hệ số năng lượng SMER trên hình 10, hình 11 và hình 12. Cụ thể như sau: Với chế độ sấy trà hoa Lavender ở nhiệt độ 52°C, bề dày lớp vật liệu 25mm, thời gian sấy trên hệ thống bơm nhiệt tầng sôi giảm 2,8 lần, tốc độ sấy trung bình tăng gấp 3 lần và tỷ lệ tách ẩm tăng gấp 3,3 lần trên 1kWh năng lượng điện cung cấp so với trên hệ thống sấy bơm nhiệt ở cùng chế độ.



Hình 10. Đường cong sấy trên hệ thống sấy bơm nhiệt tầng sôi và bơm nhiệt



Hình 11. Đường cong tốc độ sấy trên hệ thống sấy bơm nhiệt tầng sôi và bơm nhiệt



Hình 12. Chỉ số SMER sấy bơm nhiệt tăng sôi và bơm nhiệt

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu thực nghiệm phân tích, đánh giá sự ảnh hưởng của các chế độ sấy trên sản phẩm trà hoa Lavender tiến hành với kết quả thể hiện qua đường cong sấy, đường cong tốc độ sấy và chỉ số tách ẩm trên một đơn vị năng lượng tiêu tốn. Kết quả đánh giá được tính hiệu quả của hệ thống sấy bơm nhiệt tăng sôi so với hệ thống sấy bơm nhiệt thông thường qua số liệu về thời gian sấy giảm 2,8 lần, tốc độ sấy trung bình tăng gấp 3 lần và tỷ lệ tách ẩm trên 1kWh tăng gấp 3,3 lần. Đồng thời, ở nhiệt độ càng cao, hiệu quả sấy sản phẩm càng tối ưu, tuy nhiên đối với bề dày lớp sôi thì ở chế độ 30mm đạt kết quả khả quan nhất. ❖

Lời cảm ơn:

Chúng tôi xin cảm ơn Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh đã hỗ trợ cho nghiên cứu này. ❖

Danh mục viết tắt:

M_0 : Khối lượng sản phẩm tươi;
 M_t : Khối lượng sản phẩm sau khoảng thời gian sấy t;
 M_e : Khối lượng sản phẩm sau khi sấy;

M_{H_2O} : Lượng nước cần lấy ra của sản phẩm;
 W_0 : Ẩm độ ban đầu của sản phẩm tươi;
 W_t : Ẩm độ của sản phẩm sau thời gian sấy t;
 W_e : Ẩm độ của sản phẩm sau khi sấy;
 Δt : Khoảng thời gian;
 MR : Tốc độ sấy;
 E : Tổng điện tiêu thụ của quá trình sấy.

Ngày nhận bài: **18/9/2023**

Ngày phản biện: **11/10/2023**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Nhân P T, Minh L N, Tâm N T, Hương H T N; “Nghiên cứu thực nghiệm xác định chế độ sôi của hạt tiêu trong quá trình sấy tầng sôi”. Sci. Tech. Dev. J. - Eng. Tech.; 4(4):1194-1200.
- [2]. Bùi Trung Thành, Nguyễn Hay, 2009; “Xác định tổn áp của tác nhân khí qua lớp hạt muối tinh trong quá trình sấy bằng máy sấy tầng sôi liên tục”, Tạp chí Cơ khí Việt Nam, Số 149/2009.
- [3]. Xukun Zhang, Zhihuai Mao, Ling Sun; “Heat Pump Fluidized Bed Drying of Agricultural Materials”, presented at 2004 ASAE/CSAE Annual International Meeting Fairmont Chateau Laurier, The Westin, Government Centre Ottawa, Ontario, Canada 1 – 4, August 2004.
- [4]. M. Yahya; “Performance Analysis of Solar Assisted Fluidized Bed Dryer Integrated Biomass Furnace with and without Heat Pump for Drying of Paddy”. Hindawi Publishing Corporation International Journal of Photoenergy Volume 2016, Article ID 3801918, 17 pages.
- [5]. Gokul G. Nair; “Experimental Investigation of a Heat Pump Assisted Fluidized Bed Dryer”, GRD Journal for Engineering, Volume 2, Issue 6, May 2017.
- [6]. Stanislaw P. Rudobashta & Galina A. Zueva. “On-farm heat pump – assisted fluidized bed dryer and its kinetics calculation”. Drying Technology, 09 Apr 2019.

NGHIÊN CỨU TỰ ĐỘNG HÓA KIỂM ĐỊNH ĐẦU PHUN CHỮA CHÁY PART 2 – ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP KIỂM ĐỊNH ĐẦU PHUN TỰ ĐỘNG

STUDY ON AUTOMATION OF SPRINKLER TESTING SYSTEM PART 2 – PROPOSED SOLUTION OF AUTO SPRINKLER TESTING

Nguyễn Hữu Nhân¹, Phan Hoàng Long^{1, 2, 3}, Dương Văn Tú^{1, 2, 3},

Nguyễn Huy Hùng⁴, Nguyễn Tấn Tiến^{1, 2, 3}

¹Khoa Cơ khí, Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

²DCSELab, Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

³Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

⁴Trường Đại học Sài Gòn

TÓM TẮT

Để có thể lưu hành trên thị trường, đầu phun chữa cháy phải được kiểm định theo quy định. Nghiên cứu đề xuất giải pháp tự động hóa quy trình kiểm định giúp giảm sai sót, tăng tính đồng nhất và nâng cao hiệu quả kiểm định. Trong phần 1, các tiêu chí kiểm nghiệm đầu phun chữa cháy đã được nghiên cứu. Trên cơ sở này, bài báo xây dựng lưu đồ biểu diễn quy trình các phép thử, đề xuất phương án kết hợp các tiêu chí theo nhóm chức năng liên quan, phù hợp cho bài toán tự động hóa kiểm định đầu phun chữa cháy.

Từ khóa: Đầu phun chữa cháy; Kiểm định; Tự động hóa; PCCC.

ABSTRACT

Fire sprinklers should be thoroughly tested by regulations before being made available on the market. To make the inspection process more efficient, it's worth researching and proposing automation solutions. This article will focus on the criteria for testing fire sprinklers and propose a solution to automate the process. In part 1, we studied the criteria for testing fire sprinklers. On this basis, the article presents the flowcharts of the test process and proposes a solution to combine the criteria, suitable for fire sprinkler automated testing.

Keywords: Sprinkler; Testing equipment; Automation; Fire protection.



1. TỔNG QUAN

Trong phần 1, nhóm nghiên cứu đã trình bày tổng quan về sprinkler và lượng hóa các bước của các tiêu chí kiểm định sprinkler theo TCVN 6305-1: 2007. Trên cơ sở này, bài báo xây dựng các lưu đồ biểu diễn quy trình các phép thử theo TCVN 6305-1:2007. Từ các điểm chung của các tiêu chí, bài báo đề xuất giải pháp kết hợp các tiêu chí thành các nhóm tiêu chí theo các chức năng liên quan, phù hợp bài toán tự động hóa kiểm định đầu phun chữa cháy.

2. QUY TRÌNH KIỂM NGHIỆM

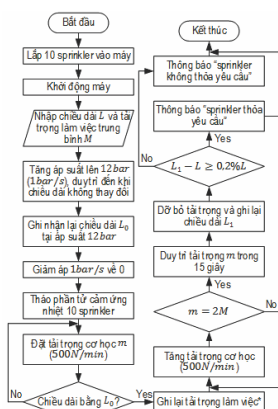
2.1. Sơ bộ

Gồm hai bài kiểm tra: 1. Tính ổn định; và 2. Khả năng lắp ráp. Đối với bài kiểm tra thứ 2, sprinkler phải được thử tháo lắp bằng tay và tháo lắp bằng dụng cụ tháo chuyên dụng.

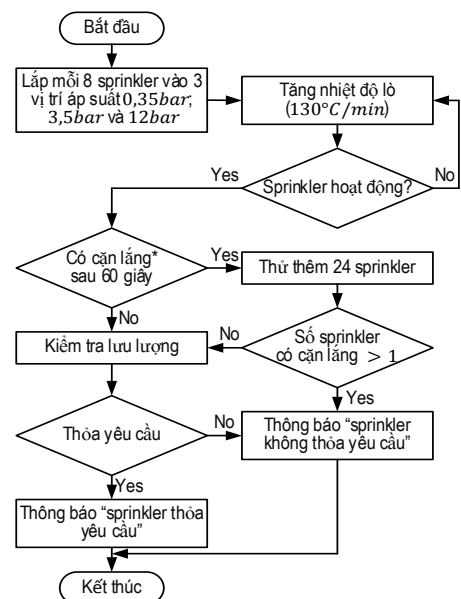
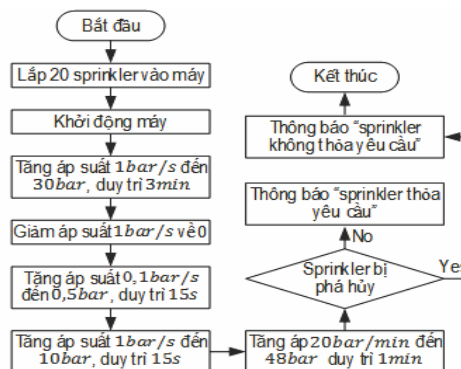
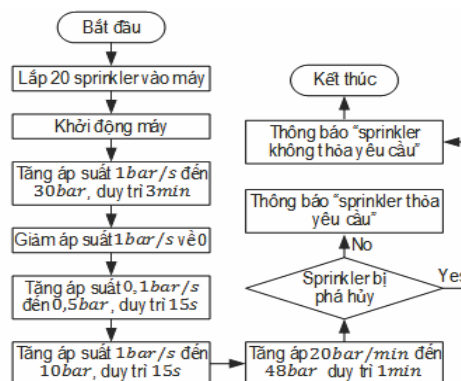
2.2. Trực quan

Gồm ba nội dung: 1. Ghi nhãn; 2. Sự phù hợp với bản vẽ; 3. Khuyết tật nhận thấy được bằng mắt. Nội dung của nhãn được nêu ở mục 8 của tiêu chuẩn [1].

2.3. Độ bền thân và tải trọng làm việc



2.4. Khả năng chống rò, độ bền thủy tĩnh

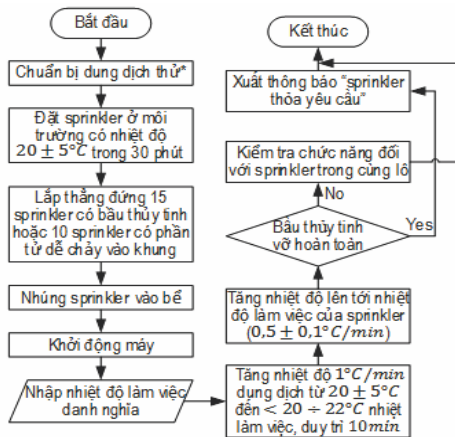


2.5. Chức năng

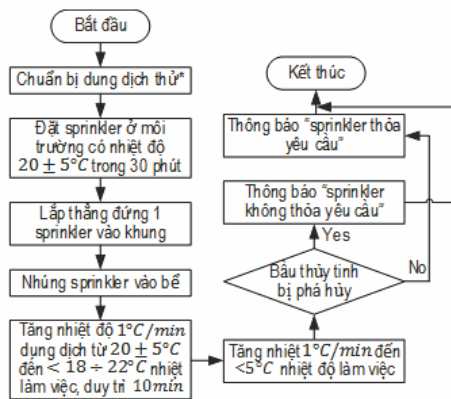
(*) Cạn lẳng là hiện tượng nút chặn hoặc mảnh vỡ bầu thủy tĩnh rơi ra vương vào

tắm điều hướng nước, làm ảnh hưởng đến sự phân bố nước.

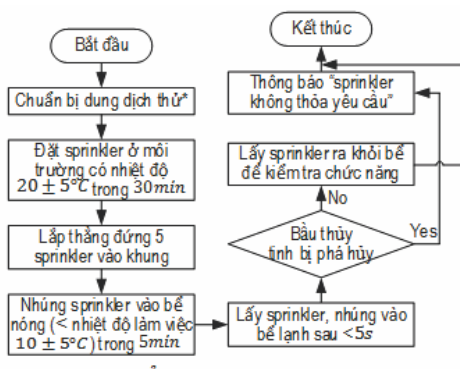
2.6. Nhiệt độ làm việc



2.7. Khả năng chịu nhiệt bầu thủy tinh

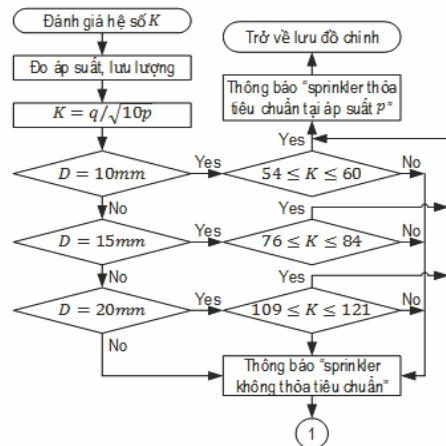
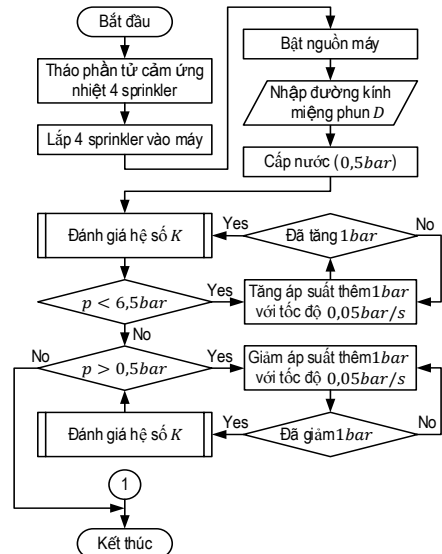


2.8. Sốc nhiệt

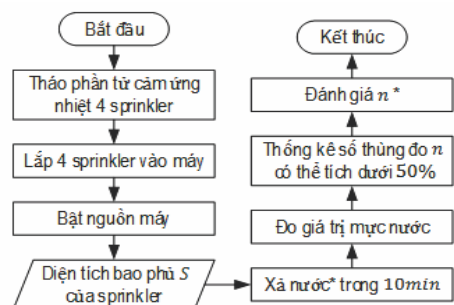


(*) Việc chuẩn bị dung dịch thử được trình bày trong [10].

2.9. Lưu lượng nước

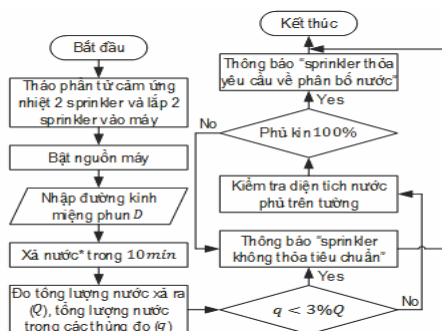


2.10. Phân bố nước đối với sprinkler không thuộc loại sprinkler bên vách



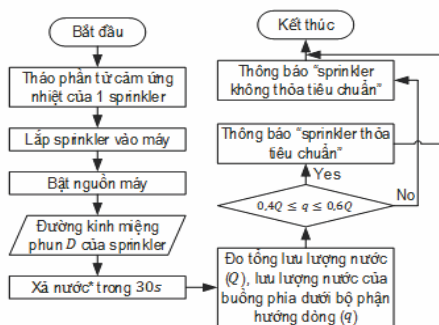
(*) Việc xả nước phụ thuộc vào diện tích bao phủ S của sprinkler, số liệu được nêu trong Bảng 3 [10].

2.11. Phân bố nước sprinkler bên vách

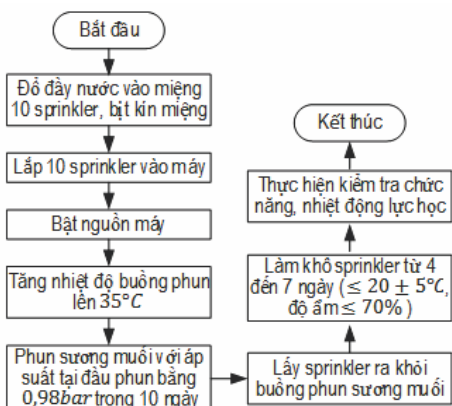


(*) Việc xả nước phụ thuộc vào đường kính miệng phun D, số liệu được quy định trong Bảng 4 [10].

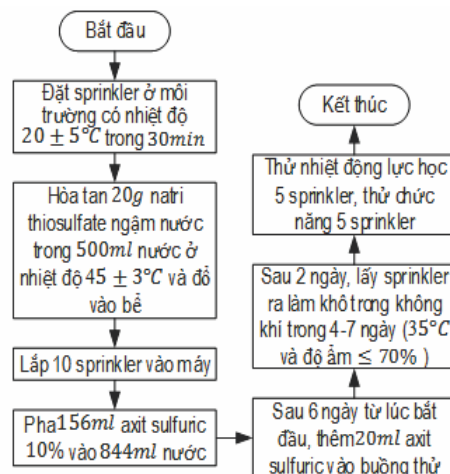
2.12. Phân bố nước phía trên và phía dưới cánh hướng dòng



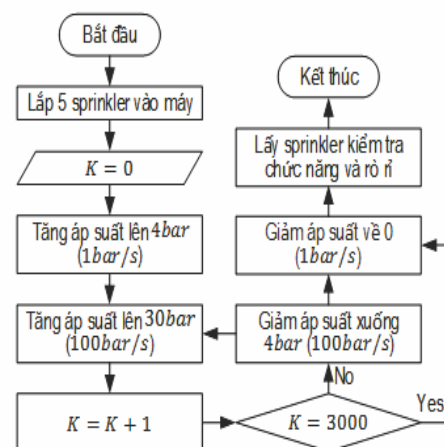
2.13. Độ chịu ăn mòn do sương muối



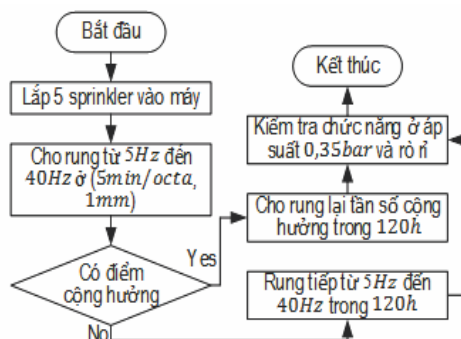
2.14. Độ chịu ăn mòn do sunfua dioxit



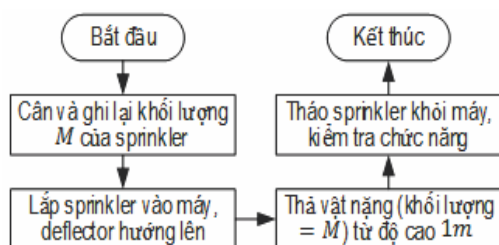
2.15. Va đập thủy lực



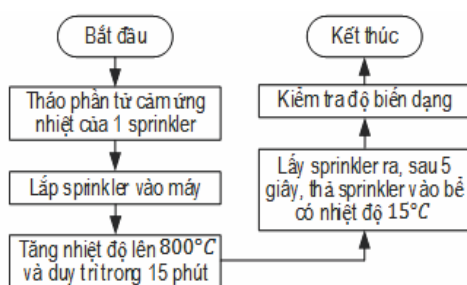
2.16. Rung



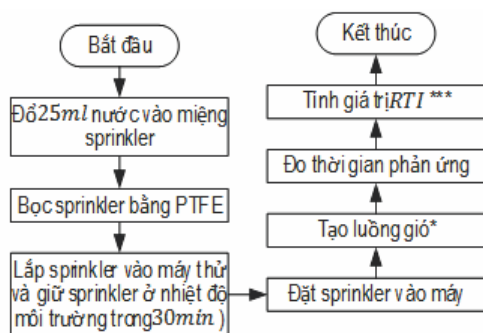
2.17. Va đập



2.18. Độ bền chịu nhiệt



2.19. Tăng nhiệt động lực học, hệ số dẫn



3. PHƯƠNG ÁN

Mặc dù mỗi phép thử nhằm kiểm tra các tính chất hóa-lý khác nhau của sprinkler nhưng một số trong đó lại có quy trình kiểm nghiệm có tính tương đồng với nhau, một số khác lại có yêu cầu đặc biệt về thiết bị kiểm định. Vì thế, để tối ưu hóa công năng thiết kế của các máy kiểm nghiệm và tối ưu hóa quá trình kiểm nghiệm, tác giả đã dựa vào quy trình kiểm nghiệm và yêu cầu về thiết bị để nhóm các tiêu chí như sau:

3.1. Nhóm 1

Nhóm 1 gồm các bài thử (9), (10), (11) và (12). Những bài kiểm tra này là điều yêu cầu máy thử có thể cung cấp lưu lượng nước theo yêu cầu cho sprinkler (phụ thuộc đường kính miệng phun).

3.2. Nhóm 2

Nhóm 2 gồm các bài thử số (3), (4), (15). Khác với nhóm 1, nhóm số 2 đều có yêu cầu chung rằng thiết bị thử phải hoạt động ở áp suất cao, đồng thời, nó cũng phải có khả năng điều chỉnh tốc độ tăng/giảm áp suất.

3.3. Nhóm 3

Nhóm 3 gồm các bài thử số (5), (18). Lò nung trong bài thử (5) nếu có thể tăng đến 800°C thì cũng có thể thỏa mãn bài thử (18).

3.4. Nhóm 4

Nhóm 4 gồm các phép thử số (6), (7), (8) và (14). Theo yêu cầu về thiết bị và quy trình kiểm nghiệm, các phép thử này đều yêu cầu một bể chất lỏng và bể chất lỏng này có thể gia nhiệt với tốc độ gia nhiệt theo yêu cầu. Nếu bể chất lỏng được thiết kế có thể chịu được môi trường khắc nghiệt sunfua dioxit thì có thể dễ dàng chứa được các loại chất lỏng của các phép (6), (7) và (8).

3.5. Nhóm 5

Gồm các bài thử tác giả chưa thể lượng hóa được, đó là bài thử số (1) và (2). Trong các tiêu chuẩn có các hoạt động như thử tháo lắp sprinkler bằng tay và ghi nhãn, các hoạt động này đòi hỏi sự can thiệp của con người rất lớn.



3.6. Các bài thử đơn

Bốn bài thử (13), (16), (17) và (19) có các yêu cầu và quy trình khác biệt so với các bài thử khác vì thế chúng không được gộp thành nhóm với các bài thử khác mà phải được thực hiện bởi một máy riêng cho mỗi bài.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đề xuất giải pháp tự động hóa quy trình kiểm định sprinkler. Tiếp theo phần 1 [10], bài báo xây dựng lưu đồ biểu diễn quy trình các phép thử, đề xuất phương án kết hợp các tiêu chí theo nhóm chức năng liên quan, phù hợp cho bài toán tự động hóa kiểm định đầu phun chữa cháy.

Dựa trên cơ sở đề xuất này, các máy các đang được thiết kế và chế tạo tại DCSELab để khẳng định giải pháp đề nghị và phục vụ cho nhu cầu thực tế. Riêng hai tiêu chí đầu tiên: kiểm tra sơ bộ và kiểm tra trực quan cần tiếp tục lượng hóa để có thể tự động hoàn toàn quá trình kiểm định sprinkler.

Lời cảm ơn:

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh (ĐHQG-HCM) trong khuôn khổ Đề tài mã số TX2023-20b-01. Chúng tôi xin cảm ơn Phòng thí nghiệm trọng điểm Điều khiển số và Kỹ thuật Hệ thống, Trường Đại học Bách khoa, ĐHQG-HCM đã hỗ trợ thời gian, phương tiện và cơ sở vật chất cho nghiên cứu này. ❖

Ngày nhận bài: **18/8/2023**

Ngày phản biện: **06/9/2023**

Tài liệu tham khảo:

[1]. TCVN 6305-1: 2007; *Yêu cầu và phương*

pháp thử đối với sprinkler.

- [2]. QCVN 03: 2021/BCA; *Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về phương tiện phòng cháy và chữa cháy.*
- [3]. Phan Hoang Long et al., *Design and Implementation of Automation Testing Device for Fire Fighting Hoses*, Vietnam Mechanical Engineering Journal, Vol.11, pp.69-77, 2020.
- [4]. Quoc Bao Nguyen et al., *Design and Calibration of Multi-Channel Thermocouple Signal Converter*, The 2023 Int'l Symposium on Electrical and Electronics Engineering (ISEE 2023), Hochiminh City, October 19-20, 2023 - to appear soon.
- [5]. Xuan Quang Ngo et al., *Design of Mobile Manipulator for Fire Extinguisher Testing. Part I: Key Specifications and Conceptual Design*, The 7th Int'l Conference on Advanced Engineering - Theory and Applications 2022 (AETA2022), pp.1-10, Hochiminh City, Vietnam, Dec. 2022.
- [6]. Thai Nguyen Chau et al., *Design of Mobile Manipulator for Fire Extinguisher Testing. Part II: Design and Simulation*, The 7th Int'l Conference on Advanced Engineering - Theory and Applications 2022 (AETA2022), pp.11-20, Hochiminh City, Vietnam, Dec. 2022.
- [7]. Ho Hai Dang et al., *Application of Multi-PID Controllers for Fire Resistance Testing Furnace*, The 2023 Int'l Symposium on Advanced Engineering (ISAE2023), pp.21-28, Hochiminh City, Vietnam, Feb. 2023.
- [8]. Huy Hung Nguyen et al., *Model Identification of Gas-Fired Industrial Furnace*, The 7th Int'l Conference on Advanced Engineering - Theory and Applications 2022 (AETA2022), pp.42-51, Hochiminh City, Vietnam, Dec. 2022.
- [9]. Nguyen Tan Tien et al., *Temperature Control of Gas Furnace with Time Delay*, Vietnam Mechanical Engineering Journal, Vol.295, pp.207-213, 2022.
- [10]. Nguyễn Hữu Nhân và cộng sự; *Nghiên cứu tự động hóa kiểm định đầu phun chữa cháy. Part 1 - Nghiên cứu tiêu chí kiểm định theo TCVN 6350-1: 2007*, Tạp chí Cơ khí Việt nam.

NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP LAU TẮM PIN NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI HỘ GIA ĐÌNH KẾT HỢP DRONE VÀ ROBOT HÚT BỤI

STUDY ON SOLUTION TO CLEAN HOUSEHOLD SOLAR PANEL USING DRONE AND VACUUM ROBOT

Trần Thanh Dân^{1,2}, Trịnh Vương Quang Huy^{2,3}, Dương Văn Tú^{1,2,3}, Nguyễn Tấn Tiến^{1,2,3}

¹Khoa Cơ khí, Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

²DCSELab, Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

³Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

TÓM TẮT

Bài báo trình bày nghiên cứu dùng mobile robot hút/lau bụi kết hợp với drone để vệ sinh định kỳ tấm pin mặt trời hộ gia đình. Drone giúp đưa robot lên tấm pin, thường được lắp đặt trên mái nhà có độ nghiêng làm mất khả năng bám của robot. Vấn đề này được giải quyết bằng đề xuất dùng chính cánh quạt của drone để tăng độ bám cho robot. Thiết kế và thực nghiệm được triển khai chứng minh tính khả thi của giải pháp đề nghị.

Từ khóa: Drone; Tấm pin năng lượng mặt trời; Robot hút bụi.

ABSTRACT

This paper presents a study on the combination of robotic vacuum cleaners and a drone for the regular cleaning of solar panels. The drone assists in lifting the robot onto the solar panels, which are installed on inclined rooftops, posing challenges to the robot's mobility. This issue is addressed by using the drone's propellers to create negative thrust that helps the robot adhere to the inclined surface. Design and experiments on the robot are implemented to demonstrate the feasibility of the proposed solution.

Keywords: Drone, solar panel, vacuum robot.



1. GIỚI THIỆU

Các vết bẩn (bụi, đốm nước, lá cây, phấn hoa,...) bám trên tấm pin mặt trời làm giảm hiệu suất chuyển đổi điện của tấm pin. Có nhiều biện pháp xử lý những chất bụi này: thổi khí nén, phun nước áp lực, lau sạch bằng thủ công/robot, tạo dao động,... [1], [2], [3]. Có hai phương pháp vệ sinh tấm pin trên thực tế là lau ướt và lau khô [4]. Lau khô đơn giản hơn lau ướt, tuy nhiên không xử lý được hoàn toàn khi vết bẩn bám chặt.

Để làm vệ sinh các tấm pin trên mái nhà hộ dân dụng, cần phải đưa robot lên mái nhà. Ý tưởng sử dụng drone đã được đề xuất và thực hiện bởi các nhóm nghiên cứu từ nhiều nước. Nhóm nghiên cứu từ Đại học SKKU, Hàn Quốc đã được cấp bằng sáng chế cho ý tưởng kết hợp drone với mobile robot để lau dọn tấm pin. Đề xuất thiết kế 6 model khác nhau cho để robot lau dọn, một trong số đó sử dụng bánh đai và được cho là có khả năng di chuyển trên góc nghiêng đến 40° .



Hình 1. SKKU robot

Solar Drone là công ty phát triển drone phun nước vệ sinh tấm pin. Drone thiết kế mang theo bình nước riêng, có khả năng chở tải 5kg, pin sử dụng được trong 20min, phun nước vệ sinh ở áp suất 27bar cách bề mặt tấm pin 0,3m. Hệ thống định vị bằng cảm biến LiDAR và camera giúp drone thực hiện nhiệm vụ và quay về trạm của công ty.

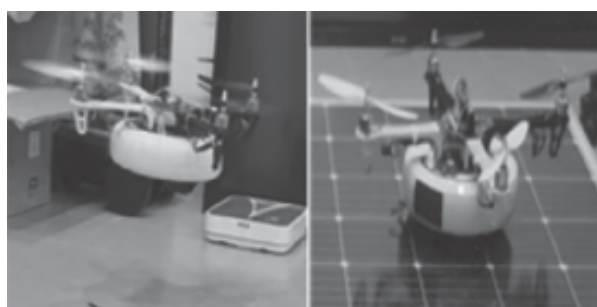


Hình 2. Solar Drone robot

Trong [5], nhóm nghiên cứu thực hiện vệ sinh tấm pin chỉ sử dụng gió từ cánh quạt của drone. Thử nghiệm được thực hiện với đường bay và lượng bụi khác nhau, chứng minh được tính hiệu quả của phương pháp.

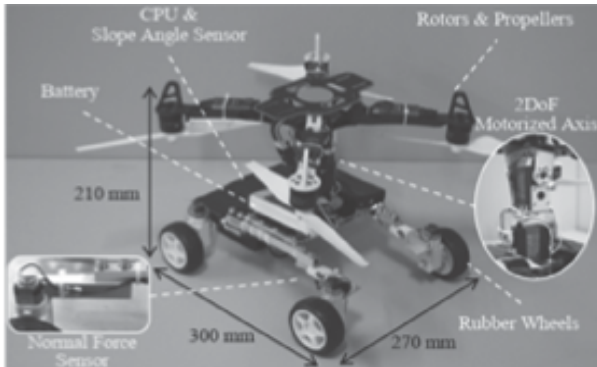
Có 3 kết cấu lắp đặt tấm pin trên mái nhà hộ dân dụng [6]: Lắp đặt trên mái ngói, mái tôn và nóc nhà phẳng. Độ dốc của mái nhà quyết định góc nghiêng của tấm pin. Theo TCVN 4604_2012, độ dốc của mái được quy định: Mái tôn $6,75^\circ \div 9^\circ$; Mái ngói $13,5^\circ \div 27^\circ$.

Thực nghiệm tại DCSELab sử dụng robot hút bụi gắn với drone, ta thấy robot không thể di chuyển trên mặt phẳng nghiêng quá 8° .



Hình 3. Mô hình thực nghiệm đầu tiên

Để có thể cho robot di chuyển trên mặt phẳng nghiêng, phải có thêm lực hỗ trợ robot bám trên bề mặt tấm pin. Một phương pháp tạo lực bám mà sử dụng lực đẩy từ cánh quạt là “propulsion adhesion”.



Hình 4. Robot Đại học Tsukuba

Robot của đại học Tsukuba [7] có thể di chuyển trên mặt phẳng nghiêng lên đến 90° với lực ép đủ lớn. Robot gồm khung drone DJI lật ngược gắn với đế robot 4 bánh qua 2 servo motor để điều chỉnh phương chiều của lực ép. Hướng của robot được xác định thông qua IMU tích hợp trên bộ điều khiển bay, trong khi cảm biến cảm biến tải trọng được sử dụng để đo lực đẩy âm của máy bay không người lái. Dữ liệu này, kết hợp với thuật toán điều khiển được sử dụng để tính toán độ lớn và góc cần thiết của lực bám dính cần thiết.



Hình 5. Disney VertiGo robot

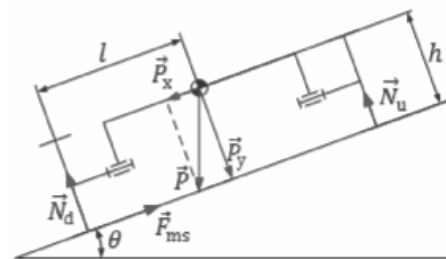
Một ứng dụng khác cũng sử dụng lực đẩy âm để bám dính là robot VertiGo của Disney. Cả 4 bánh của VertiGo không được dẫn động, robot di chuyển nhờ phản lực từ 2 cánh quạt. Có thể điều chỉnh chiều của phản lực

quanh 2 trục roll và pitch, đặc điểm này giúp robot di chuyển từ mặt đất lên tường được.

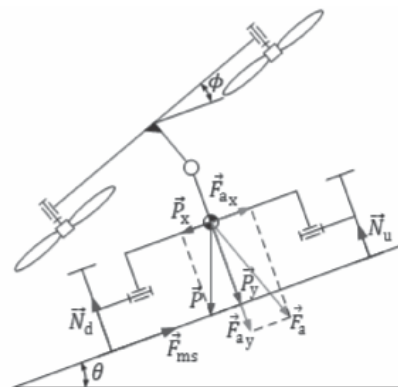
Các nghiên cứu trên chưa quan tâm đúng mức đến việc hút/lau bề mặt pin. Việc hút/lau bụi hiện nay đã được triển khai hầu như hoàn thiện qua các robot hút/lau bụi thương mại. Trên cơ sở này, bài báo đề xuất giải pháp làm vệ sinh tấm pin mặt trời định kỳ dùng robot hút/lau bụi kết hợp với drone. Drone giúp đưa robot lên tấm pin, cánh quạt của drone dùng để tăng độ bám chống trượt robot. Thiết kế và thực nghiệm được triển khai chứng minh cho tính khả thi của giải pháp đề nghị.

2. BÀI TOÁN THIẾT KẾ

2.1. Cơ sở lý thuyết



a)



b)

Hình 6. Phân tích lực trên robot trước (a) và sau (b) khi có lực ép của cánh quạt

Xét trường hợp robot chạy ngang trên mặt phẳng nghiêng với: g là gia tốc trọng trường; μ là hệ số ma sát giữa bánh và tấm pin; θ là góc nghiêng tấm pin; m là khối lượng robot; L là khoảng cách hai bánh xe.

Khi không có lực ép hỗ trợ, điều kiện để robot không trượt là:

$$\mu mg \cos \theta \geq mg \sin \theta \quad (1)$$

Khi θ tăng, P_x tăng nhưng phản lực P_y giảm, làm cho phản lực lên bánh giảm, dẫn đến lực ma sát giảm làm cho robot bị trượt.

Xét phương trình momen quanh điểm tiếp xúc của bánh dưới robot và mặt nghiêng, chiều dương cùng chiều kim đồng hồ, điều kiện để robot không bị lật là:

$$lmg \cos \theta - hmg \sin \theta - LN_u \geq 0 \quad (2)$$

Từ (1) và (2): Nếu tăng khối lượng của robot thì sẽ có phản lực lớn hơn nhưng đồng thời lực kéo xuống P_x cũng tăng; Nếu chỉ tăng hệ số ma sát của bánh thì có thể giúp robot giảm trượt nhưng không giúp chống lật robot.

Khi có lực ép F_a hỗ trợ với ϕ là góc nghiêng giữa drone và đế robot. Điều kiện để robot không trượt trở thành:

$$\mu(mg \cos \theta + F_a \cos \phi) \geq mg \sin \theta - F_a \sin \phi \quad (3)$$

Lực F_a không chỉ giúp làm tăng lực ma sát của robot ở về trái mà còn làm giảm đi lực kéo trượt về phải nếu được điều chỉnh phương tác dụng một góc ϕ . Lúc này, điều kiện chống lật của robot là:

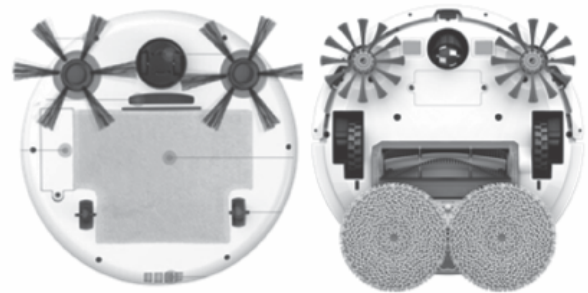
$$lmg \cos \theta - hmg \sin \theta - LN_u' + lF_a \cos \phi + hF_a \sin \phi \geq 0 \quad (4)$$

So với điều kiện chống lật trước, bất đẳng thức (4) dễ thỏa hơn.

Từ thực nghiệm, hệ số ma sát của bánh xe trên bề mặt tấm pin $\mu \approx 0,4$. Do thêm bậc tự do để thay đổi góc ϕ sẽ làm phức tạp thiết kế, ở đây sử dụng (3) với khối lượng robot $m = 2,1\text{kg}$ trong trường hợp không có góc ϕ . Điều kiện chống trượt của robot là $F_a \geq 5,02\text{N}$.

2.2. Robot hút bụi

Hai cấu hình robot hút bụi kết hợp lau được xem xét để sử dụng trong thiết kế là robot BowAI và Bissell Spinwave.



Hình 7. Robot hút bụi dùng trong nghiên cứu

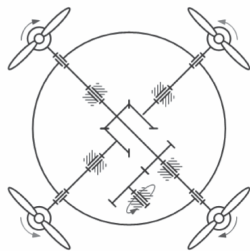
Robot BowAI dẫn động duy nhất bằng bánh trước, lái mù hoàn toàn. Robot sẽ chạy ngẫu nhiên và khi đụng trúng vật cản sẽ đổi sang hướng đi khác. Robot có 2 chổi cạnh và giẻ lau có thể tháo rời, không có chổi giữa. Cả 2 chổi cạnh của robot được lái bằng 1 motor và bộ truyền đai.

Robot Bissell Spinwave dẫn động và điều hướng bằng 2 bánh 2 bên. Giống với các robot hút bụi thông dụng trên thị trường, hai module bánh xe gồm motor truyền động qua một hệ thống bánh răng ra bánh xe. Robot có 2 bánh đặt ở giữa, 2 chổi cạnh lái độc lập bằng 2 motor, chổi chính hỗ trợ đánh bụi lên cho motor hút và 2 giẻ lau.

Thực nghiệm với hai cấu hình robot trên cho thấy vị trí 2 bánh dẫn động ảnh hưởng lớn đến khả năng bám của robot trên tấm pin. Cấu hình dùng để thực nghiệm sử dụng 2 module bánh đặt ở giữa robot và 2 chổi cạnh lái bằng 1 motor qua bộ truyền đai.

2.3. Cơ cấu lật cánh

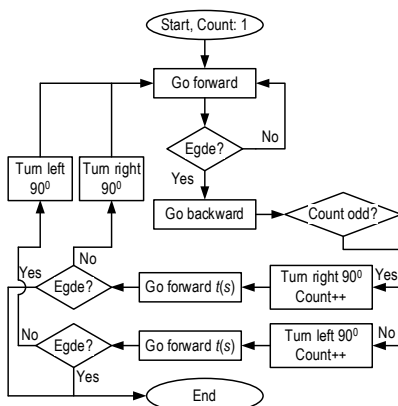
Để robot có thể bay được và đồng thời tạo lực đẩy âm để bám lên tấm pin mặt trời, robot cần phải thay đổi chiều tác dụng của lực gió từ cánh quạt.



Hình 8. Sơ đồ nguyên lý cơ cấu lật cánh

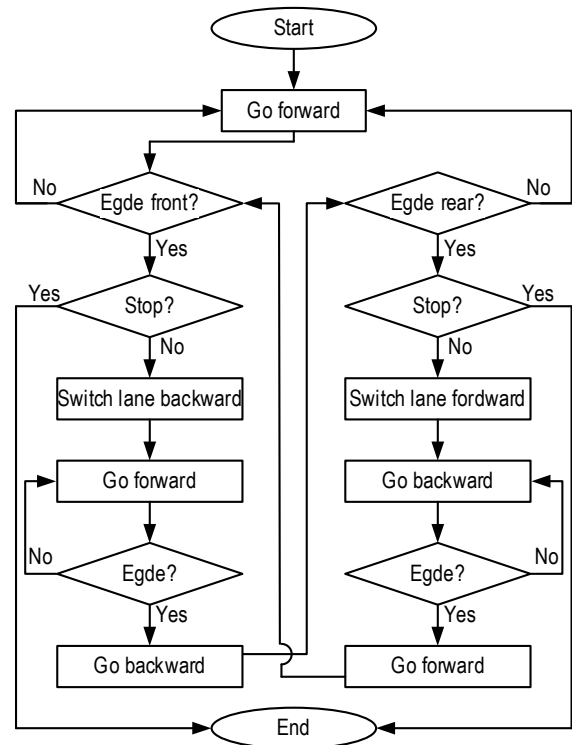
Cơ cấu lật cánh sử dụng bộ bánh răng côn với một motor truyền động được đề xuất. Động cơ servo được sử dụng để lật cánh, ngoài ra còn dùng để giữ các bánh răng không quay khi bay.

2.4. Quỹ đạo của robot



Hình 9. Flow chart quỹ đạo hình chữ S

Theo [8], khi robot hút bụi hoạt động, chúng được lập trình để di chuyển theo nhiều quỹ đạo kết hợp bao gồm: Quỹ đạo ngẫu nhiên, quỹ đạo hình xoắn ốc, quỹ đạo chữ S và quỹ đạo bám tường. Cũng theo tài liệu [10], quỹ đạo chữ S là quỹ đạo ngắn nhất để robot hoàn thành một diện tích, do đó ta chọn quỹ đạo này để thực nghiệm robot.



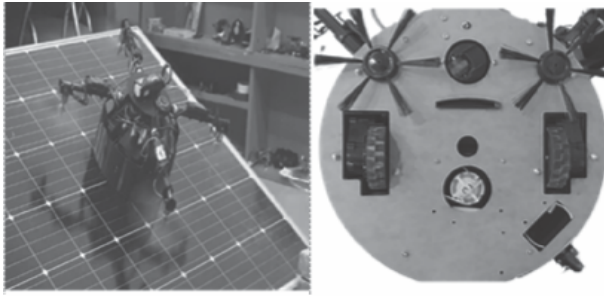
Hình 10. Flow chart quỹ đạo robot lau pin

Trong trường hợp robot không thể di chuyển theo quỹ đạo chữ S, ta thực nghiệm robot bằng quỹ đạo di chuyển giống với robot lau pin mặt trời.

3. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

Mô hình thực nghiệm cho ở Hình 11 có các thông số: Đường kính bánh xe 58mm; khoảng cách bánh xe 160mm; khối lượng robot 2,12kg.

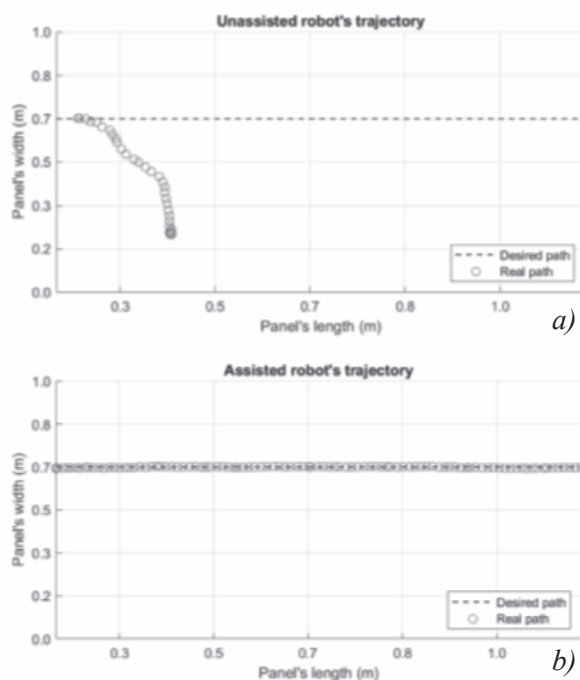




Hình 11. Mô hình thực nghiệm

Mô hình thực nghiệm của robot có thể bay và hoàn thành được quỹ đạo robot lau pin trên tấm pin nghiêng 27° nhưng không hoàn thành được quỹ đạo chữ S, thường bị trượt, rớt khi quay. Khả năng bám của robot bị ảnh hưởng khi xuất hiện các chất bám thử nghiệm như phấn, bột mì,...

Sử dụng camera để ghi lại quỹ đạo di chuyển của robot trên tấm pin bám bụi ở góc nghiêng 22° cho kết quả sau:



Hình 12. Quỹ đạo robot trước (a) và sau (b) khi có lực bổ sung của cánh quạt

Khi không có lực hỗ trợ từ cánh quạt, robot liên tục trượt và di chuyển lệch khỏi quỹ đạo thẳng mong muốn. Khi có lực hỗ trợ từ cánh quạt, robot không còn trượt và di chuyển theo quỹ đạo thẳng mong muốn. Robot được lái bằng tay và sai số của robot trên quỹ đạo được cho trong Hình 13.



Hình 13. Sai số của robot trên quỹ đạo

Robot lệch khỏi quỹ đạo về bên trái xa nhất 3,82mm và về bên phải 5,23mm. Để robot bám quỹ đạo tốt hơn, có thể sử dụng bộ điều khiển để lái robot tự động theo quỹ đạo mong muốn.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đề xuất kết hợp robot hút bụi và drone cho bài toán vệ sinh định kỳ các tấm pin năng lượng mặt trời trong hộ gia đình. Mô hình thực nghiệm có thể hoàn thành quỹ đạo trên tấm pin nghiêng 27° khi bánh xe sạch và 22° khi bánh xe dơ. Cơ cấu lật cánh có thể thay đổi phương chiều tác dụng của lực gió và không làm ảnh hưởng đến khả năng bay của robot. Mô hình còn nhiều khuyết điểm, cần thiết kế lại bộ bánh răng cho cơ cấu lật cánh, bộ truyền đai để lái chổi, động cơ hút còn yếu, và khả năng bám của robot khi có chất dơ cần được cải thiện.

Lời cảm ơn:

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh (ĐHQG-HCM) trong khuôn khổ Đề tài mã số TX2023-20b-01. Chúng tôi xin cảm ơn Phòng Thí nghiệm trọng điểm Điều khiển Số và Kỹ thuật Hệ thống, Trường Đại học Bách khoa, ĐHQG-HCM đã hỗ trợ thời gian, phương tiện và cơ sở vật chất cho nghiên cứu này. ❖

Ngày nhận bài: **11/9/2023**

Ngày phản biện: **08/10/2023**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. S.Ghazi và cộng sự, “*Dust Effect on Flat Surfaces – A Review Paper*”, Renewable and Sustainable Energy Reviews, pp. 742-751, Vol.33, 2014.
- [2]. H.A Kazem và cộng sự, “*A Review of Dust Accumulation and Cleaning Methods for Solar Photovoltaic Systems*”, Journal of Cleaner Production, Vol.276, pp.576-604, 2020.
- [3]. B.O Olorunfemi và cộng sự, “*Solar Panels Dirt Monitoring and Cleaning for Performance Improvement: A Systematic Review on Smart Systems*”, Sustainability, pp.1-27, Vol.14, Iss.17, 2022.
- [4]. First Solar, FS-Series PV Module Cleaning Guidelines, pp.1-6, PD-5-804 Rev 3.4, 2017.
- [5]. S. Rehman và cộng sự, “*Cleaning of Photovoltaic Panels Utilizing the Downward Thrust of a Drone*”, Energies, pp.1-14, Vol.15, Iss.21, 2022.
- [6]. Nguyễn Văn Bình Dương, Phan Hoàng Long, và Nguyễn Tấn Tiến, “*Khảo sát thực trạng các cấu trúc lắp đặt tấm pin mặt trời thông dụng tại Việt Nam*”, Tạp chí Cơ khí Việt Nam, trang 54-63, Số 299+300, 2023.
- [7]. Y. Nishimura and T. Yamaguchi, “*Development of a Steep Slope Mobile Robot with Propulsion Adhesion*”, 2020 IEEE/RSJ Int’l Conf. on Intelligent Robots and Systems (IROS), Las Vegas, NV, USA, 2020, pp.2592-2599.
- [8]. K. M. Hasan, Abdullah-Al-Nahid and K. J. Reza, “*Path planning algorithm development for autonomous vacuum cleaner robots*”, 2014 Int’l Conf. on Informatics, Electronics & Vision (ICIEV), Dhaka, Bangladesh, 2014, pp.1-6.

THIẾT KẾ HỆ THỐNG PIN LƯU TRỮ LITHIUM-ION CHO THIẾT BỊ KHÔNG NGƯỜI LÁI DƯỚI NƯỚC

STUDY ON DESIGN OF LITHIUM-ION BATTERY SYSTEM FOR AUTONOMOUS UNDERWATER VEHICLE

Huỳnh Minh Nhật^{1, 2, 3}, Nguyễn Tiến Minh Khôi^{1, 2, 3}, Lâm Hoàng Anh^{2, 3},

Trương Công Toại^{1, 2, 3}, Nguyễn Danh An⁴, Dương Văn Tú^{1, 2, 3},

Nguyễn Huy Hùng⁵, Nguyễn Tấn Tiến^{1, 2, 3}

¹Khoa Cơ khí, Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

²DCSELab, Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

³Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

⁴Bộ Tư lệnh Vùng 2 Hải quân

⁵Khoa Điện tử Viễn thông, Trường Đại học Sài Gòn

TÓM TẮT

Bài viết này trình bày thiết kế bộ nguồn công suất cao cấp dòng cho động cơ đẩy trên phương tiện không người lái dưới nước (AUV). Bộ nguồn được thiết kế bằng cách mắc nối tiếp các cell pin Lithium có khả năng xả dòng cao để đạt được điện áp mong muốn. Các cầu nối giữa các cell pin phải đảm bảo đủ tiết diện để dẫn dòng điện lớn. Ngoài ra, một hệ thống giám sát bộ nguồn (BMS) cũng cần phải có để giám sát và cân bằng điện áp giữa các cell pin. BMS sẽ ngắt dòng tải ra khỏi bộ nguồn khi điện áp trên một cell pin quá thấp khi xả và ngắt dòng sạc ra khỏi bộ nguồn khi điện áp trên một cell pin quá cao. Các kết quả đo được từ thực nghiệm chứng minh thiết kế đảm bảo yêu cầu cho ứng dụng của AUV trong thực tế.

Từ khóa: Pin Lithium-ion; Hệ thống quản lý pin; An toàn pin; Thiết kế mô đun; Thiết bị không người lái dưới nước.

ABSTRACT

This paper proposed a design of a battery with large power. The battery supplies high current to a motor assembled in an automotive underwater vehicle (AUV). To achieve the specific voltage, Lithium cells with high discharge current were connected serially. There exists a connector between two consecutive cells and high current can pass through the connector with large cross-section. In addition, a battery management system (BMS) was utilized to monitor and balance voltage between cells. BMS cut off charge or discharge current when cell was over-voltage or lower-voltage respectively. Experimental results demonstrated that the design of the battery is effective for AUV applications in practice.

Keywords: Lithium-ion battery; Battery management system; Battery safety; modular design; Autonomous underwater vehicles.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Phương tiện tự hành dưới nước (AUV) là một thiết bị tiên tiến có khả năng tự thân hoạt động bên trong môi trường nước. Chúng ngày càng được quan tâm hơn bởi sự đóng góp rất lớn trong các lĩnh vực như thám hiểm, khảo sát môi trường nước, hoặc các ứng dụng quân sự [1]. Tuy nhiên, vấn đề cung cấp năng lượng cho AUV đã luôn là một hạn chế rất lớn ảnh hưởng đến sự phát triển của chúng. Đặc biệt là khi xu hướng phát triển đang hướng tới các AUV có kích thước nhỏ cùng với tốc độ vượt trội [2].

Mặc dù có nhiều loại năng lượng khác nhau, đối với AUV cỡ nhỏ, pin sơ cấp và thứ cấp là nguồn năng lượng thông dụng nhất [3]. Trong đó, pin lithium là lựa chọn hàng đầu kể cả đối với các thiết bị điện tử hay các thiết bị tự hành nhờ vào mật độ năng lượng, công suất cao, cùng với vòng đời lớn, và thân thiện với môi trường [4].

Mặt khác, tính hiệu quả cũng như độ an toàn khi sử dụng pin lithium là những hạn chế rất lớn kìm hãm sự phát triển của pin [5]. Vì vậy, trong bộ nguồn sử dụng pin lithium thì một hệ thống quản lý các cell pin lithium là cần thiết để có thể điều khiển bộ nguồn hoạt động ở điều kiện tối ưu nhất. Nhiều chức năng của hệ thống quản lý các cell pin đã được nghiên cứu và phát triển [5].

Bài viết này tập trung vào thiết kế bộ nguồn công suất cao có dòng phóng lớn trong một khoảng thời gian mà vẫn đảm bảo điện áp không thay đổi quá nhiều. Phần II sẽ mô tả yêu cầu về kích thước và các thông số cần thiết của bộ nguồn. Phần III đề xuất thiết kế của một hệ thống hoàn chỉnh giúp đảm bảo việc giám sát và bảo vệ trong quá trình vận hành sạc xả của bộ pin. Phần IV trình bày kết quả của các thực

nghiệm đo dòng xả và kết quả giám sát bộ pin. Phần V cuối cùng sẽ đưa ra kết luận cho bài báo và tổng kết các kết quả đã thực hiện được.

2. MÔ TẢ HỆ THỐNG

2.1. Khung chịu lực cho hệ thống pin

AUV được vận hành trong môi trường nước, nên tải trọng và kích thước của hệ thống pin phải được đảm bảo nằm trong vùng sai số cho phép của nhà sản xuất đề ra. Bên cạnh đó, phần khung của AUV được thiết kế để có thể hoạt động được trong môi trường có áp suất lớn từ bên ngoài, nên không gian bên trong của các khoang sẽ bị giới hạn.

Khoang chứa pin của AUV có đường kính ϕ , chiều dài l . Hệ thống pin được đặt vào bên trong khoang trên 2 ray trượt song song cách nhau khoảng cách d và được cố định bằng một hệ giằng giảm chấn.

2.2. Các thông số yêu cầu của bộ nguồn

Bộ nguồn công suất lớn cung cấp dòng xả cao cho động cơ đẩy của AUV có các thông số cơ bản như Bảng 1.

Bảng 1. Thông số của bộ nguồn cần thiết kế

Thông số	Giá trị
Điện áp danh định, V	90 ± 10
Dòng xả liên tục, A	560 ± 10
Dung lượng, Ah	100
Bảo vệ quá sạc	Có
Bảo vệ quá xả	Có
Điện trở cách điện, M Ω	> 20



3. THIẾT KẾ ĐỀ XUẤT

3.1. Thiết kế cơ khí cho bộ pin

3.1.1. Hệ pin

Thành phần chính dùng để thiết kế bộ nguồn là các cell pin lithium loại LiFePO4 có điện áp danh định là 3.2V. Đây là loại pin có mức độ an toàn và dung lượng phù hợp. Để bộ nguồn đạt được điện áp danh định như bảng 1 thì cần phải mắc nối tiếp 29 cell pin LiFePO4 lại với nhau. Các cell này được chọn loại có dung lượng lớn 100Ah có trên thị trường để đáp ứng yêu cầu về dung lượng và đặc biệt là loại cell này phải có khả năng xả lớn hơn 5 lần dung lượng ($> 5C$) của nó để đạt dòng xả cao. Ở đây cell được chọn là dòng xả 8C.

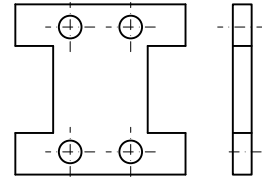
3.1.2. Cầu nối các cell pin

Để kết nối các cell pin theo dạng mắc nối tiếp thì giữa các cell phải có cầu nối với yêu cầu là đảm bảo được khả năng dẫn dòng điện lớn. Cầu nối được thiết kế bằng đồng với yêu cầu diện tích mặt cắt ngang và diện tích tiếp xúc là hai yếu tố tiên quyết ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu suất truyền tải dòng điện.

Diện tích mặt cắt ngang tối thiểu khi thiết kế cực đồng được tính bằng công thức sau [6]:

$$S_{cs} = \frac{I}{J_{cs}} = \frac{560}{6} \approx 93,33 \text{ mm}^2 \quad (1)$$

Với, S_{cs} : Diện tích mặt cắt ngang, mm^2 ;
I: Cường độ dòng điện, A; J_{cs} : Mật độ dòng điện qua một đơn vị diện tích mặt cắt ngang, A/mm^2 , được chọn là 6A/mm^2 cho vật liệu đồng [7]. Ngoài ra, diện tích tiếp xúc cần gấp ít nhất năm lần diện tích mặt cắt ngang để mang lại khả năng truyền tải điện năng tốt nhất [8].



Hình 1. Cầu nối "I"

Tùy theo cách bố trí các cell pin mà các cầu nối sẽ khác nhau, tuy nhiên vẫn phải đảm bảo yêu cầu về tiết diện và diện tích tiếp xúc. Trong khuôn khổ bài báo này chỉ trình bày một loại cầu nối dạng chữ I có chiều dày là 5mm như Hình 1.

3.1.3. Khung chịu lực cho hệ thống pin

Khung chịu lực sẽ đóng vai trò chính trong việc bảo vệ và nâng đỡ cho hệ thống pin bên trong. Vật liệu được sử dụng cho khung chịu lực phải đảm bảo được độ nhẹ, độ bền, độ cứng, và chống được oxy hóa, nên thép không gỉ SUS 304 là một giải pháp về mặt vật liệu tối ưu nhất dành cho hệ thống.

Không gian bên trong của khung chịu lực phải đủ không gian cho toàn bộ hệ pin và mạch quản lý pin. Vách khung sẽ được khoét lỗ để giảm bớt trọng lượng nhưng vẫn đảm bảo độ bền cần thiết [9]. Ngoài ra, trên khung sẽ có thêm các thanh gân tăng cứng chạy dọc theo hai bên khung, tăng tính đảm bảo kết cấu.

Bảng 2. Công thức đục lỗ

Thông số	Giới hạn
$\frac{D_c}{D_0}$	$1,08 < \frac{D_c}{D_0} < 1,50$ (2)
$\frac{d_g}{D_0}$	$1,25 < \frac{d_g}{D_0} < 1,75$ (3)

Với, D_c : Khoảng cách tâm, mm; D_0 : Đường kính lỗ, mm; d_g : Chiều cao vách, mm.

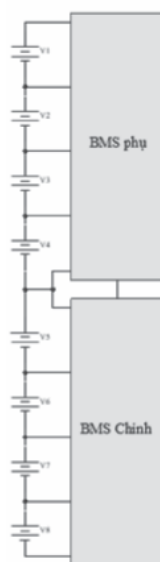


Hình 2. Hệ khung đỡ chính

Ở hai phía đầu, đuôi của khung sẽ có thêm hệ gá chữ “U” dùng để kết nối với hệ giằng giảm chấn trên AUV, đồng thời đóng vai trò như tay cầm dùng để vận chuyển hệ thống. Các loại cực đồng đầu ra điện ra cũng được đặt tại hệ gá này. Ở phía bên dưới khung cũng được thiết kế thêm con trượt bằng nhựa để trượt vào ray trượt trên AUV. Có tổng cộng 08 ray trượt được đặt chia đều hai bên khung.

3.2. Thiết kế hệ thống quản lý pin

Do bộ nguồn có số lượng cell nối tiếp lớn (29 cell) nên cấu hình cho BMS được chọn là cấu hình chính-phụ như hình 5, trong đó các BMS phụ chỉ thực hiện việc đo các thông số điện áp, nhiệt độ và truyền thông.



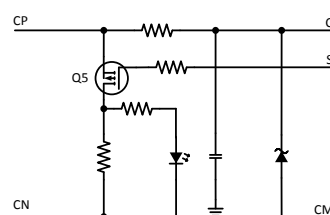
Hình 3. Mạch giám sát điện áp các cell

BMS chính nhận các dữ liệu từ các BMS phụ, thực hiện việc tính toán và truyền thông đến các BMS phụ.

Thành phần đo lường và quan sát thông số pin là chức năng cơ bản và quan trọng nhất của hệ thống quản lý khối nguồn và được thiết kế bằng vi mạch LTC6813-1. Vi mạch này cho phép dải đo điện áp của cell $0 \div 5V$, phù hợp với hầu hết các loại cell pin hiện có trên thị trường. Bên cạnh đó, LTC6813-1 đo điện áp có độ chính xác cao lên đến $\pm 2.2mV$.

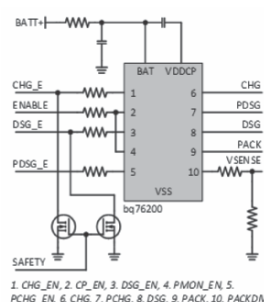
Giao tiếp giữa vi mạch LTC6813-1 với vi điều khiển là giao thức Serial Peripheral Interface (SPI).

Ngoài ra, để tăng dòng cân bằng thụ động nhằm giảm thời gian cân bằng thì mạch cân bằng bên ngoài được đề xuất như hình 4.



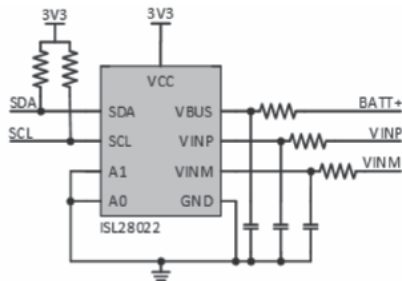
Hình 4. Mạch cân bằng điện áp cell

Một tính năng cần thiết nữa của bộ BMS là quản lý sạc xả cho khối nguồn. Vi mạch BQ76200 được sử dụng cho tính năng này như Hình 5.



Hình 5. Mạch điều khiển sạc, xả

Mạch quản lý sạc và xả dựa vào cảm biến dòng điện qua tải hay dòng điện sạc và đồng thời cũng dựa vào điện áp trên các cell được thu thập từ LTC6813-1.

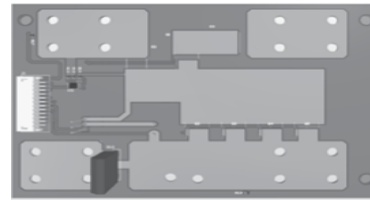


Hình 6. Mạch giám sát công suất

Giá trị dòng điện được điện trở shunt biến đổi thành điện áp và vi mạch ISL28022FUZ đọc và đưa về vi điều khiển giá trị điện áp này như sơ đồ mạch ở Hình 6 thông qua giao tiếp I2C.

4. THỰC NGHIỆM

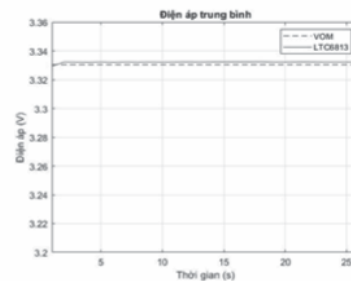
Hệ thống pin được thiết kế và thực nghiệm tại DCSELab như Hình 7.



c. Mạch công suất

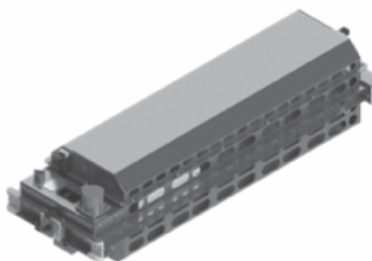
Hình 7. Hệ thống pin thực nghiệm

Các chức năng của hệ thống được xây dựng trên thuật toán không được trình bày ở bài báo này. Mục đích của thiết kế phần cứng là thu thập các thông số và giám sát các thông số cần thiết cho việc tính toán cũng như áp dụng các thuật toán phức tạp về sau.

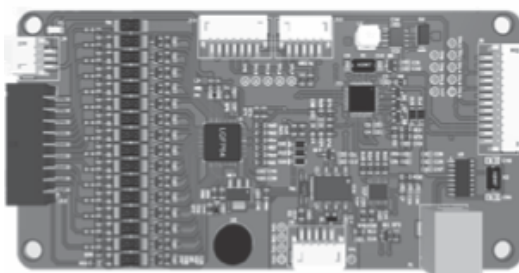


Hình 8. Kết quả đo điện áp trung bình

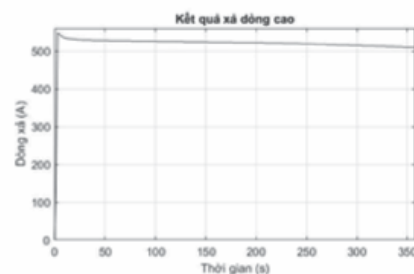
Điện áp trung bình thu được từ các cell bằng hệ thống quản lý pin và và kết quả thu được từ đồng hồ đo điện áp thực tế của từng cell cho trên Hình 8. Sai số cách biệt chưa đến 5mV (0,13%) đã chứng minh tính đúng đắn và độ chính xác trong việc giám sát điện áp của hệ thống quản lý.



a. Hình dạng tổng thể



b. Mạch quản lý pin (BMS)



Hình 9. Kết quả đo cường độ dòng điện của quy trình xả 560A

Dòng xả lên đến hơn 500A được duy trì trong thời gian 350s chứng minh thiết kế vẫn đảm bảo dòng xả cao trong thời gian dài vẫn hoạt động ổn định như trên Hình 9.

5. KẾT LUẬN

Bài báo trình bày thiết kế bộ nguồn có khả năng cho dòng phóng cao. Với thiết kế có khả năng mở rộng và phương án tách board công suất ra khỏi board điều khiển, là đề xuất cho thiết kế an toàn và ổn định cho các bộ nguồn có dòng phóng lớn. Vấn đề hoàn thiện trên thiết bị thực tế đang được tiếp tục triển khai tại Phòng Thí nghiệm trọng điểm Điều khiển Số và Kỹ thuật Hệ thống, Trường Đại học Bách khoa, ĐHQG-HCM (DCSELab).

Lời cảm ơn:

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh (ĐHQG-HCM) trong khuôn khổ Đề tài mã số TX2023-20b-01. Chúng tôi xin cảm ơn Phòng Thí nghiệm trọng điểm Điều khiển Số và Kỹ thuật Hệ thống, Trường Đại học Bách khoa, ĐHQG-HCM đã hỗ trợ thời gian, phương tiện và cơ sở vật chất cho nghiên cứu này. ❖

Ngày nhận bài: **25/8/2023**

Ngày phản biện: **08/9/2023**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. J.W. Nicholson, A.J. Healey (2008); *The Present State of Autonomous Underwater Vehicle (AUV) Applications and Technologies*, Marine Technology Society Journal, Vol 42, No.1.
- [2]. J.G. Bellingham (2009); *Platforms: Autonomous Underwater Vehicles*, Encyclopedia of Ocean Sciences (Second Edition), pages 473-48.
- [3]. A.M. Bradley, M.D. Feezor, H. Singh, and F. Yates Sorrell (2001); *Power Systems for Autonomous Underwater Vehicles*, IEEE Journal of Oceanic Engineering, vol. 26, no. 4, pp. 526-538.
- [4]. D. Xu, W. Lifang, và Jianyang (2010); *Research on Li-ion Battery Management System*, Proc. of Int'l Conf. on Electrical and Control Eng. (ICECE2010), pp.4106-4109. doi: 10.1109/ICECE.2010.998.
- [5]. M. Shen and Q. Gao (2019); *A Review on Battery Management System from the Modeling Efforts to Its Multiapplication and Integration*, Int'l Journal of Energy Research, Vol.43, No.10, John Wiley and Sons Ltd, pp.5042-5075. doi: 10.1002/er.4433.
- [6]. Yong Liu, Dan Kinzer (2011); *Power Electronic Packaging, 12th Intl. Conf. on Thermal, Mechanical & Multi-Physics Simulation and Experiments in Microelectronics and Microsystems*, Linz, Austria, pp. 1/9-9/9, doi: 10.1109/ESIME.2011.5765799.
- [7]. A.I. Pressman, K.H. Billings, Taylor. Morey (2009); *Switching power supply design, United States of America*, ISBN 978-0-07-148272-1.
- [8]. Power guidem 2009/ Book 12 (2009); *Busbars and distribution*.
- [9]. Trương Việt Hùng và cộng sự; *Tính toán thiết kế dầm thép khoét lỗ liên tục theo tiêu chuẩn Mỹ ANSI/AISC 360-16*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, số 1, 2020.

XÂY DỰNG MÔ HÌNH NGHIÊN CỨU TUỔI THỌ CỦA MỘT SỐ LOẠI ẮC QUY SỬ DỤNG TRÊN Ô TÔ ĐIỆN

BUILDING A MODEL FOR THE RESEARCH BATTERIES' LIFE USED ON ELECTRIC VEHICLES

TS. Vũ Ngọc Tuấn¹, ThS. Nguyễn Thành Huy^{2*}, ThS. Nguyễn Hữu Thành³,
ThS. Nguyễn Ngọc Cường³

¹Học viện Kỹ thuật Quân sự

²Phòng Kỹ thuật Vùng 4, Quân chủng Hải quân

³Trường Cao đẳng Cơ khí Nông nghiệp

TÓM TẮT

Ắc quy là một trong những thành phần quan trọng nhất và có giá trị cao nhất trên ô tô điện. Thiết bị này quyết định khả năng huy động công suất cho xe bên cạnh động cơ và bộ biến đổi công suất, nhưng quan trọng hơn cả, nó quyết định quãng đường có thể di chuyển của xe. Sự phát triển của ô tô điện vẫn vấp phải rào cản là tuổi thọ và thời gian sạc đầy cho ắc quy. Do vậy, mô hình hóa tuổi thọ của ắc quy sẽ giúp cho nhà sản xuất và người sử dụng có thể cân nhắc phát triển cũng như quyết định lựa chọn loại xe của người sử dụng. Nghiên cứu tuổi thọ của ắc quy có tính thực tiễn hiện nay khi ô tô điện ngày càng được sử dụng phổ biến. Ở bài báo này, tác giả trình bày các đặc tính cơ bản của bốn loại ắc quy sử dụng trên ô tô điện gồm ắc quy chì axit, Lithium-Ion, Niken-Cadmium và Niken-Metal-Hydride. Trên cơ sở các phản ứng lý hóa xảy ra bên trong của các loại ắc quy, từ đó sử dụng phần mềm mô phỏng Matlab-Simulink để xây dựng mô hình nghiên cứu tuổi thọ của ắc quy sử dụng trên xe ô tô điện. Kết quả có thể sử dụng để ước lượng tuổi thọ của các loại ắc quy trên ô tô điện đồng thời giúp nhà sản xuất và người sử dụng xe ô tô điện có kế hoạch bảo dưỡng, sửa chữa cũng như chọn chế độ vận hành phù hợp.

Từ khóa: Mô hình ắc quy; Tuổi thọ ắc quy; Ô tô điện; Matlab-Simulink.

ABSTRACT

The battery is one of the electric vehicle's most essential components. This device determines the vehicle's ability to mobilize power besides the engine and power converter, but more importantly, it determines the distance the vehicle can travel. The development of electric cars still faces the barrier of battery life and full charge time. Therefore, modelling the life of the battery will help manufacturers and users to consider the development and decide on the user's choice of vehicle. Studying the battery's life is practical nowadays when electric cars are increasingly popular. In this article, the author presents the basic characteristics of four types of batteries used in electric vehicles: Lead-Acid, Lithium-Ion, Nickel-Cadmium and Nickel-Metal-Hydride. Based on the physicochemical reactions inside the batteries, Matlab-Simulink simulation software has been used to build a model to study the life of the battery used in electric vehicles. The results can be used to estimate electric vehicle batteries' life. At the same time, it helps electric car manufacturers and users plan maintenance and repair and choose the appropriate operating mode.

Keywords: Battery's model; Battery's life; Electric vehicles; Matlab-Simulink.

$$f_1(it, i^*, i) = E_0 - K \cdot \frac{Q}{Q - it} \cdot i^* - K \cdot \frac{Q}{Q - it} \cdot it + A \cdot \exp(-B \cdot it) \quad (3)$$

- Mô hình nạp ($i^* < 0$):

$$f_2(it, i^*, i) = E_0 - K \cdot \frac{Q}{it + 0,1Q} \cdot i^* - K \cdot \frac{Q}{Q - it} \cdot it + A \cdot \exp(-B \cdot it) \quad (4)$$

c) Mô hình toán ắc quy Niken-Cadmium và ắc quy Niken-Metal-Hydride

- Mô hình phóng ($i^* > 0$):

$$f_1(it, i^*, i, \text{Exp}) = E_0 - K \cdot \frac{Q}{Q - it} \cdot i^* - K \cdot \frac{Q}{Q - it} \cdot it + \text{Laplace}^{-1} \left(\frac{\text{Exp}(s)}{\text{Sel}(s)} \cdot 0 \right) \quad (5)$$

- Mô hình nạp ($i^* < 0$):

$$f_2(it, i^*, i, \text{Exp}) = E_0 - K \cdot \frac{Q}{|it| + 0,1Q} \cdot i^* - K \cdot \frac{Q}{Q - it} \cdot it + \text{Laplace}^{-1} \left(\frac{\text{Exp}(s)}{\text{Sel}(s)} \cdot \frac{1}{s} \right) \quad (6)$$

Trong đó:

E_0 – Điện áp không đổi (V);

$\text{Exp}(s)$ – Động lực vùng hàm mũ (V);

$\text{Sel}(s)$ – Đại diện cho chế độ ắc quy.

$\text{Sel}(s) = 0$ khi phóng điện; $\text{Sel}(s) = 1$ khi nạp điện;

K – Hằng số phân cực (V/Ah);

it – Dung lượng trích xuất (Ah);

i^* – Dòng điện tần số thấp (A);

Q – Dung lượng lớn nhất của ắc quy (Ah);

A – Hàm điện áp (V);

B – Hàm dung lượng (Ah).

2.2. Mô hình khảo sát xác định tuổi thọ của ắc quy

2.2.1. Ảnh hưởng của hiệu ứng nhiệt độ

Theo [9, 10], tác động của nhiệt độ lên các thông số của mô hình ắc quy được biểu diễn bằng các phương trình sau:

- Mô hình phóng ($i^* > 0$):

$$f_1(it, i^*, i, T, T_a) = E_0(T) - K(T) \cdot \frac{Q(T_a)}{Q(T_a) - it} \cdot (i^* + it) + A \cdot \exp(-B \cdot it) - C \cdot it \quad (7)$$

- Mô hình nạp ($i^* < 0$):

$$f_2(it, i^*, i, T, T_a) = E_0(T) - K(T) \cdot \frac{Q(T_a)}{it + 0,1Q(T_a)} \cdot i^* - K(T) \cdot \frac{Q(T_a)}{Q(T_a) - it} \cdot it + A \cdot \exp(-B \cdot it) - C \cdot it \quad (8)$$

Trong đó:

T – Nhiệt độ bên trong ắc quy (K);

T_a – Nhiệt độ môi trường (K);

C – Độ dốc đường cong xả danh nghĩa (V/Ah).

2.2.2. Ảnh hưởng của hiệu ứng lão hoá

Theo [9, 10], tác động của quá trình lão hóa lên dung lượng ắc quy và điện trở bên trong được biểu thị bằng các phương trình sau:

$$\varepsilon(n) = \begin{cases} \varepsilon(n-1) + \frac{0,5}{N(n-1)} \left(2 - \frac{DOD(n-2) + DOD(n)}{DOD(n-1)} \right) & \text{if } k/2 \neq 0 \\ \varepsilon(n-1) & \text{otherwise} \end{cases} \quad (9)$$

$$N(n) = H \left(\frac{DOD(n)}{100} \right)^{-\xi} \cdot \exp \left(-\psi \left(\frac{1}{T_{ref}} - \frac{1}{T_a(n)} \right) \right) \cdot (I_{dis-ave}(n))^{-\gamma_1} \cdot (I_{ch-ave}(n))^{-\gamma_2} \quad (10)$$

Trong đó:

ε – Yếu tố lão hóa ắc quy;

N – Số chu kỳ lớn nhất;

H – Hằng số chu kỳ;

ξ – Hệ số mũ của DOD;

ψ – Hằng số tốc độ Arrhenius cho số chu kỳ;

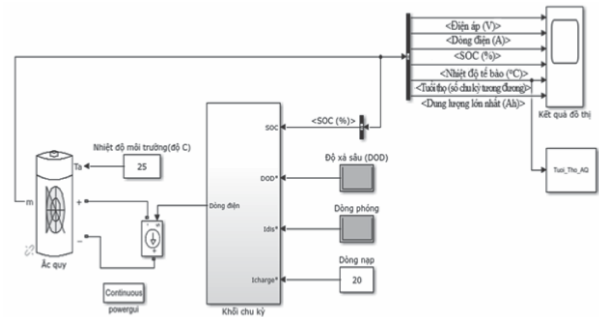
I_{dis_ave} , I_{ch_ave} – Dòng điện phóng, nạp trung bình (A) trong khoảng thời gian nửa chu kỳ;

γ_1 , γ_2 – Hệ số mũ đối với dòng phóng điện, dòng nạp điện.

DOD – Độ xả sâu (%) của ắc quy.

2.3. Mô hình mô phỏng tính toán ước lượng tuổi thọ của các loại ắc quy

Mô hình mô phỏng tính toán tuổi thọ của ắc quy (hình 2) được xây dựng bằng công cụ Matlab-Simulink trên cơ sở mô hình toán đã được trình bày ở trên.



Hình 2. Mô hình tổng quát tính toán tuổi thọ của ắc quy.

3. KHẢO SÁT ƯỚC LƯỢNG TUỔI THỌ ẮC QUY

3.1. Chọn thông số đầu vào

Bảng 1. Thông số cơ bản của ắc quy.

TT	Thông số	Đơn vị	Giá trị			Ghi chú
			Lithium	Niken	Lead axit	
1	Điện áp danh định	V	12,6			
2	Điện áp cắt	V	10,5			
3	Điện áp sạc đầy	V	13,8			
4	Dung lượng định mức	Ah	40			
5	Hằng số chu kỳ (H)		4730	24900	24890	
6	Hằng số tốc độ Arrhenius (ψ)		1814	2013	2188	
7	Hệ số mũ của dòng phóng (γ_1)		0,2803	0,2403	0,297	
8	Hệ số mũ của dòng nạp điện (γ_2)		0,103	0,7719	0,8505	



3.2. Kết quả khảo sát bằng mô hình mô phỏng

3.2.1. Ảnh hưởng của nhiệt độ môi trường tới tuổi thọ của ắc quy

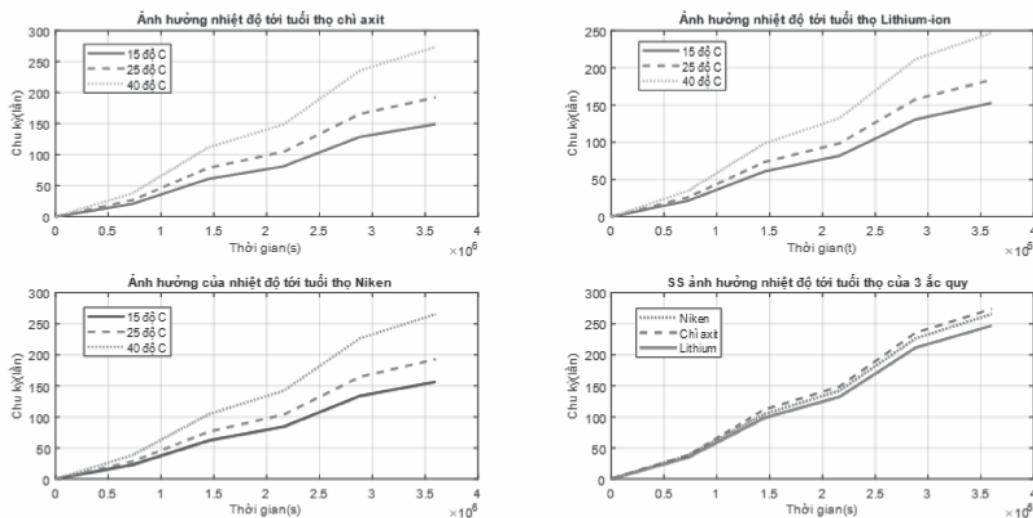
Khảo sát ở nhiệt độ môi trường 25°C với độ xả sâu DOD = [20 80 20] và tốc độ phóng điện $I_d = [20 \ 80 \ 20]$ không đổi. Tiếp theo, thay đổi giá trị nhiệt độ môi trường thành 15°C, 40°C... với DOD = [20 80 20] và $I_d = [20 \ 80 \ 20]$ không đổi.

Kết quả mô phỏng như sau: Khi nhiệt

độ môi trường thay đổi với các giá trị khác nhau thì có các giá trị chu kỳ khác nhau, nhận thấy:

- Tại thời điểm $t = 0,5 \cdot 10^6$ (s) thay đổi nhiệt độ môi trường từ 25°C lên 40°C và so sánh sự thay đổi số chu kỳ của ba ắc quy. Kết quả: $\Delta_{Ch} = 7,65$ (tăng 42,1%) $> \Delta_{Ni} = 7,04$ (tăng 36,7%) $> \Delta_{Li} = 6,01$ (tăng 33,7%).

- Tương tự, tại thời điểm $t = 3,5 \cdot 10^6$ (s). Kết quả: $\Delta_{Ch} = 79,8$ (tăng 42,3%) $> \Delta_{Ni} = 71,3$ (tăng 37,7%) $> \Delta_{Li} = 61,7$ (tăng 34,2%).



Hình 3. Ảnh hưởng của nhiệt độ tới tuổi thọ của các ắc quy.

Qua khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ môi trường đến tuổi thọ của các loại ắc quy, nhận thấy:

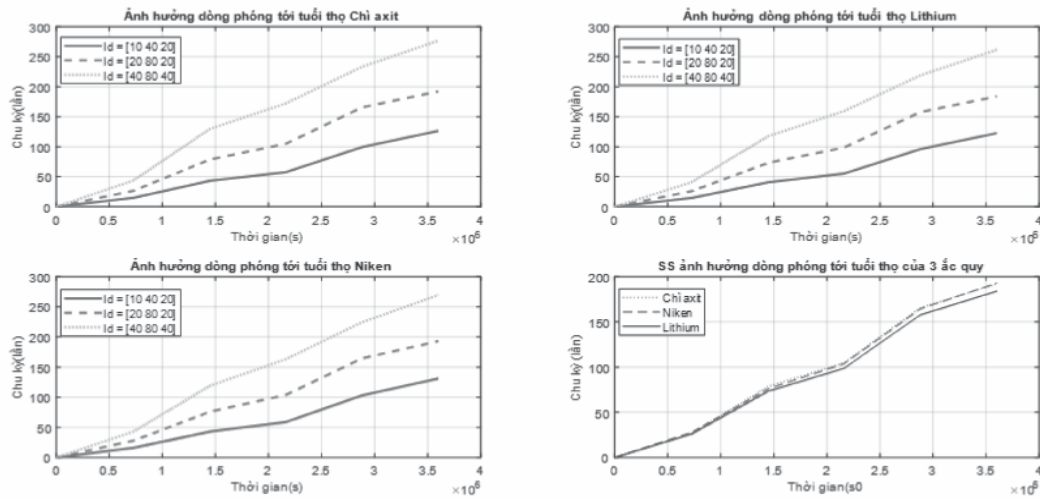
- Sự biến thiên chu kỳ của ắc quy chì axit là lớn nhất và ắc quy Lithium-ion là nhỏ nhất;
- Nhiệt độ môi trường tăng thì số chu kỳ tăng theo, nghĩa là tuổi thọ của ắc quy giảm. So sánh sự biến thiên tuổi thọ của ắc quy tại các

nhiệt độ khác nhau, ta thấy khi nhiệt độ tăng thì số chu kỳ cũng tăng dần theo thời gian, nghĩa là thời gian càng giai đoạn về sau, thì sự ảnh hưởng của nhiệt độ tới tuổi thọ của ắc quy càng tăng.

3.2.2. Ảnh hưởng của tốc độ phóng điện tới tuổi thọ của ắc quy

Thay đổi các giá trị dòng phóng điện như sau: $I_{d1} = [10 \ 40 \ 10]$; $I_{d2} = [20 \ 80 \ 20]$; $I_{d3} = [40 \ 80 \ 40]$ với DOD = [20 80 20] và nhiệt độ môi trường bằng 25°C không đổi.

Kết quả mô phỏng như sau:



Hình 4. Ảnh hưởng của dòng phóng tới tuổi thọ của ắc quy.

Qua khảo sát ảnh hưởng của tốc độ phóng điện đến tuổi thọ của các loại ắc quy, nhận thấy:

- Sự biến thiên chu kỳ của ắc quy chì axit là lớn nhất và ắc quy Lithium-ion là nhỏ nhất;

- Tốc độ phóng điện tăng thì số chu kỳ tăng theo, nghĩa là tuổi thọ của ắc quy giảm. So sánh sự biến thiên tuổi thọ của ắc quy tại các tốc độ phóng điện khác nhau, ta thấy số chu kỳ tăng dần theo thời gian, nghĩa là thời gian càng giai đoạn về sau, thì sự ảnh hưởng của tốc độ phóng điện tới tuổi thọ của ắc quy càng tăng.

4. KẾT LUẬN VÀ KHUYẾN NGHỊ

Bài báo này đã tập trung trình bày mô hình toán của các loại ắc quy sử dụng trên ô tô điện. Sử dụng phần mềm mô phỏng Matlab-Simulink để xây dựng mô hình nghiên cứu tuổi thọ của ắc quy. Phân tích đánh giá làm rõ sự ảnh hưởng của các yếu tố như nhiệt độ môi trường, tốc độ phóng điện tới tuổi thọ của ắc quy. Khi

hiệt độ môi trường, tốc độ phóng điện tăng thì số chu kỳ tăng, nghĩa là tuổi thọ của ắc quy giảm. Kết quả cho thấy ắc quy Lithium-ion chịu ảnh hưởng ít nhất, nghĩa là ắc quy Lithium-ion dùng sẽ tốt nhất và có tuổi thọ cao nhất. Kết quả này sẽ được sử dụng cho các nghiên cứu tiếp theo về việc tối ưu hóa nguồn năng lượng trên xe ô tô điện, đồng thời giúp nhà sản xuất và người sử dụng xe ô tô điện có kế hoạch bảo dưỡng, sửa chữa cũng như chọn chế độ vận hành phù hợp. ❖

Ngày nhận bài: 08/9/2023

Ngày phản biện: 01/10/2023

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Erik Schaltz, "Electrical Vehicle Design and Modeling", Aalborg University - Denmark, 2011.
- [2]. Tremblay, O., Dessaint, L.-A. "Experimental Validation of a Battery Dynamic Model for EV Applications." World Electric Vehicle Journal. Vol. 3 - ISSN 2032-6653 - © 2009 AVERE, EVS24 Stavanger, Norway, May 13-16, 2009. 🖱

- [3]. B. Balagopal, C.S. Huang, M. Chow, "Effect of Calendar Aging on Li Ion Battery Degradation and SOH", 43rd Annual Conf. of the IEEE Ind. Ele. Society (IECON 2017), pp. 7647-7652, Beijing, China.
- [4]. M.S.H. Lipu, M.A. Hannan, A. Hussain, M.M. P.J. Ker, M.H.M. Saad and A. Ayob, "A review of state of health and remaining useful life estimation methods for lithium-ion battery in electric vehicles: Challenges and recommendations", Jr. of Cleaner Production, vol. 205, pp. 115-133, Dec.2018.
- [5]. Omar N., M. A. Monem, Y. Firouz, J. Salminen, J. Smekens, O. Hegazy, H. Gaulous, G. Mulder, P. Van den Bossche, T. Coosemans, and J. Van Mierlo. "Lithium iron phosphate based battery - Assessment of the aging parameters and development of cycle life model". Applied Energy, Vol. 113, January 2014, pp. 1575–1585.
- [6]. S. Wijewardana, "New Dynamic Battery Model for Hybrid Vehicles", International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering. Website: www.ijetae.com, University of London, London, 2014.
- [7]. Barré, A.; Deguilhem, B.; Grolleau, S.; Gérard, M.; Suard, F.; Riu, D. "A review on lithium-ion battery ageing mechanisms and estimations for automotive applications". J. Power Sources, 2013, 241, 680-689.
- [8]. Han, X.; Lu, L.; Zheng, Y.; Feng, X.; Li, Z.; Li, J.; Ouyang, M. "A review on the key issues of the lithium ion battery degradation among the whole life cycle". eTransportation, 2019.
- [9]. Essam M. Allam. "Study Vehicle Battery Simulation and Monitoring System". American Journal of Modeling and Optimization, 2015, Vol. 3, No. 2, 40-49 Available online at <http://pubs.sciepub.com/ajmo/3/2/2> © Science and Education Publishin DOI:10.12691/ajmo-3-2-2.
- [10]. <https://www.mathworks.com/help/physmod/sps/powersys/ref/battery.html>.

THIẾT KẾ BỘ LÀM KÍN HAI NỬA CHO TUA BIN THỦY ĐIỆN

DESIGN AND MANUFACTURE OF STEPLESS CENTERING CLAMPS FOR CYLINDRICAL PARTS

Ngô Xuân Cường^{1,*}, Lê Thu Quý¹, Trần Văn Dũng², Đinh Khắc Mác¹, Đỗ Quang Chiến¹

¹Phòng Thí nghiệm trọng điểm Công nghệ Hàn và Xử lý bề mặt, Viện Nghiên cứu Cơ khí

²Trung tâm Thiết bị Công nghiệp, Viện Nghiên cứu Cơ khí

TÓM TẮT

Trong báo cáo này, nhóm tác giả giới thiệu về thiết kế bộ làm kín hai nửa tháo lắp nhanh dùng trong buồng áp lực thủy điện.

Đây là bộ làm kín có tính năng: Làm kín động; Bù khe hở và điều chỉnh cân bằng áp lực tại mặt làm kín động; Áp dụng cho các tổ máy thủy điện đứng và ngang; Tháo lắp, thay thế nhanh.

Từ khóa: Bộ làm kín; Phốt thủy điện; Gioăng làm kín thủy điện; Làm kín hai nửa.

ABSTRACT

In this report, the authors introduce the design of a quick-release double-half seal used in a hydroelectric pressure chamber.

This is a seal that features: Dynamic sealing; Clearance compensation and pressure equalization at the dynamic sealing face; Applicable to vertical and horizontal hydroelectric power plants; Quick disassembly and replacement.

Keywords: Sealing kit; Hydroelectric seals; Hydroelectric Seal; Double Seal.

1. GIỚI THIỆU

Ngành thủy điện nước ta đang phát triển mạnh mẽ kể cả về quy mô và kỹ thuật. Sản lượng điện do thủy điện chiếm tỷ trọng không nhỏ, đáp ứng nhu cầu điện cho sản xuất và sinh hoạt trong nước. Trong nhà máy thủy điện, các thiết bị chính đều phải nhập ngoại. Chúng ta đang từng bước chủ động từ nguồn lực trong nước, nghiên cứu, thiết kế chế tạo, cải tiến kỹ thuật để cung cấp cho thị trường trong việc xây dựng, lắp đặt, thay thế sửa chữa cho

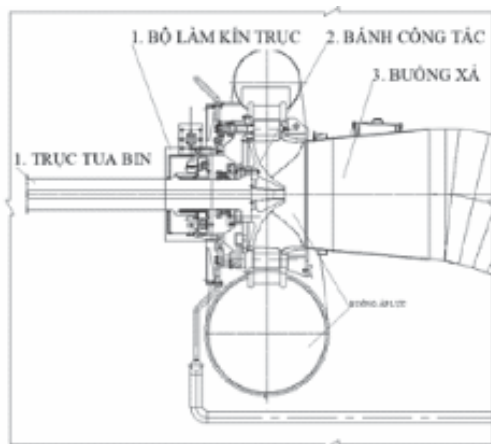
các nhà máy thủy điện nhằm: tăng tỷ lệ nội địa hóa, giảm tỷ lệ nhập ngoại. Việc nghiên cứu, thiết kế bộ làm kín hai nửa cho tua bin thủy điện cũng không ngoài mục đích đó.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU, THIẾT KẾ, CHẾ TẠO

2.1. Xây dựng mô hình thiết kế

Hình 1 là sơ đồ khu vực buồng xoắn áp lực và trục tua bin của tổ máy thủy điện. 

Trục tua bin thủy điện là trục nối bánh công tác và trục máy phát. Bánh công tác nằm trong buồng nước áp lực. Như vậy, giữa trục tua bin và buồng nước áp lực cần phải được làm kín thông qua bộ làm kín động. Việc làm kín này thường chọn cặp 2 mặt gương ma sát. Cặp mặt đĩa phẳng này: 1 tĩnh, 1 động luôn chuyển động không có khe hở với nhau khi trục tua bin làm việc. Để đảm bảo khe hở kín và bù mòn mặt đĩa luôn ma sát với nhau ở điều kiện nhất định. Như vậy, cặp đĩa của mặt phẳng làm kín là chi tiết chịu mòn và được thay thế ngắn hạn hoặc đột xuất. Để thuận lợi cho quá trình sửa chữa, thay thế và tháo lắp mà không cần phải tháo cả tổ máy, tác giả chọn kết cấu hai nửa để chế tạo bộ làm kín.



Hình 1. Sơ đồ vị trí bộ làm kín trục tua bin thủy điện

Trên hình 2 là kết cấu bộ làm kín:

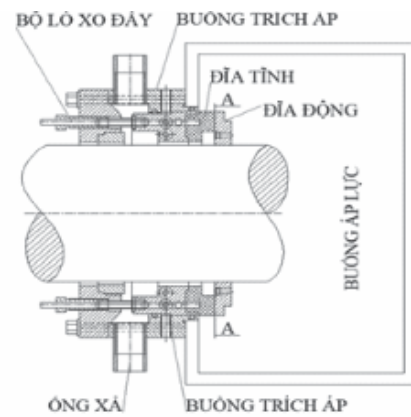
- Kết cấu hai nửa.
- Mặt làm kín A-A bao gồm: Đĩa tĩnh và đĩa động.

Đĩa động lắp ghép cố định với trục tua bin, được chế tạo bằng vật liệu chịu mòn độ cứng cao. Đĩa tĩnh lắp ghép với thân di chuyển dọc và vỏ bộ làm kín hai nửa tạo thành cặp làm kín động qua mặt A-A. Đĩa tĩnh làm bằng vật

liệu PTFE: giảm ma sát, có tính chịu mòn và là đĩa hy sinh và thay thế định kỳ.

- Cơ cấu bù khe hở: Hệ thống lò xo và buồng trích áp đẩy thân di chuyển dọc để đảm bảo khe hở mặt A-A luôn luôn kín.

- Ống xả: Xả nước rò.



Hình 2. Kết cấu bộ làm kín

2.2. Phương pháp nghiên cứu thiết kế

2.2.1. Phân tích mặt làm kín A-A

A-A là mặt làm kín trong quá trình làm việc của trục tua bin với chức năng không cho nước từ buồng áp lực theo trục tua bin vào tổ máy. Mặt làm kín A-A được quy định bởi đĩa động (lắp ghép cố định với trục) và mặt tĩnh (lắp ghép với vỏ), mặt làm kín này phải đạt được các yếu tố kỹ thuật:

- Độ bóng cần thiết 1.25;
- Độ phẳng cần < 0.05;
- Độ vuông góc cần < 0.05;
- Cặp vật liệu có độ chịu mòn và hệ số ma sát thấp.

Từ đó chọn vật liệu cho cặp làm kín: HKC – PTFE. PTFE làm tiết hy sinh cần thay thế định kỳ.

- Đĩa động dùng thép chịu mòn độ cứng cao > 55HRC;

- Đĩa tĩnh dùng vật liệu PTFE với các đặc tính ưu việt:

- + Áp suất bề mặt cho phép: $24 \div 35 \text{ Mpa}$;
- + Hệ số ma sát: 0,04;
- + Nhiệt độ làm việc: $-180 \sim 260^\circ\text{C}$;
- + Nhiệt độ nóng chảy: 330°C .

Bài toán đặt ra là duy trì độ kín của mặt A-A và tính toán độ mòn của đĩa tĩnh PTFE sẽ quyết định chất lượng đối với bộ làm kín. Việc duy trì độ kín mặt A-A được hệ lò xo đẩy và bộ cân bằng áp có điều chỉnh thực hiện.

Tính toán mòn cho đĩa tĩnh PTFE: Căn cứ theo [7], dựa trên phương trình tính tốc độ hao mòn:

$$V_i = k_i \cdot F \cdot s$$

Trong đó: F là tải trọng, s là khoảng cách trượt, V_i là khối lượng mài mòn và k_i là hệ số tốc độ mài mòn cụ thể.

Chỉ số i xác định bề mặt được xem xét. Giá trị k được tính bằng mm^2/N (hoặc mm^3/Nm).

Theo quan điểm thiết kế, chiều sâu mòn thuận tiện hơn V. Với $h_i = V_i/A$, áp suất tiếp xúc $p = F/A$ với A là diện tích chịu mài mòn thì: $h_i = k_i \cdot p \cdot s$.

Khoảng cách trượt s có thể được thay thế bằng $s = v \cdot t$ trong đó v là giá trị trung bình của tốc độ trượt và t là thời gian chạy.

Bởi vì giá trị k phụ thuộc giống như hệ số ma sát vào rất nhiều tham số nên hệ số này phải được tìm ra bằng thực nghiệm.

Đối với PTFE: $k = 2.5 \times 10^{-6} [\text{mm}^2/\text{Nm}]$.

2.2.2. Cơ cấu bù khe hở

Mặt làm kín A-A luôn phải chịu áp lực thường xuyên của cột nước tác dụng lên bề mặt đĩa tĩnh. Muốn A-A tồn tại thì khe hở giữa đĩa tĩnh và đĩa động luôn phải kín. Điều này chỉ có thể khi đĩa tĩnh và đĩa động lắp ở vị trí cố định, nhưng không khắc phục được quá trình mòn khi thiết bị làm việc. Để khắc phục vấn đề này, trong quá trình thiết kế, tác giả thiết kế cụm đĩa tĩnh có thể di chuyển dọc trục để bù khe hở nhờ kết hợp giữa bộ lò xo đẩy và áp lực cột nước trích ra đẩy đĩa tĩnh sát với đĩa động.

Vận dụng [3], kết cấu bộ làm kín thiết kế một buồng trích áp có điều chỉnh áp lực nhờ van áp suất để giảm áp lực ma sát trên mặt A-A tới mức cho phép. Nghĩa là sử dụng áp lực đẩy: $< 24 \text{ Mpa}$ (Đối với PTFE, áp suất cho phép $24 \div 35 \text{ Mpa}$). Khi đó, tốc độ mòn diễn ra ổn định ở mức thấp.

2.2.3. Yêu cầu thiết kế

Trên cơ sở [4], [5], [6], thiết kế chi tiết bộ làm kín hai nửa phải đảm bảo các yêu cầu kỹ thuật:

- Độ đồng tâm;
- Độ vuông góc;
- Độ song song;
- Độ phẳng;
- Đĩa động dùng vật liệu SKD61 hoặc phủ lớp hợp kim cứng WC bề mặt, độ bóng đạt 0.32. Đĩa tĩnh dùng PTFE độ bóng đạt 0.63;
- Có đường xả nước rò;
- Có bộ lò xo kết hợp thủy lực điều chỉnh áp suất đẩy tấm tĩnh;
- Làm kín các bộ phận tĩnh và di chuyển dọc bằng gioăng cao su;

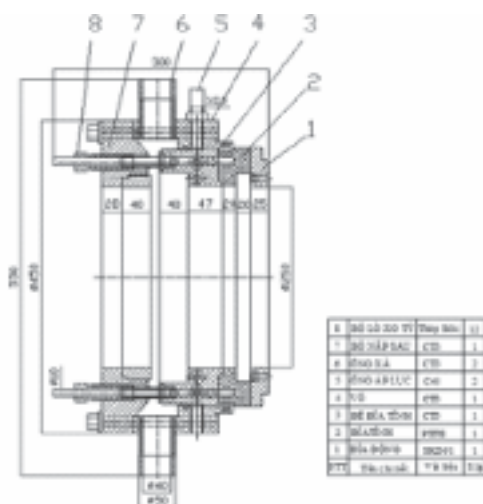


- Kích thước phù hợp với đường kính trục tua bin và không gian lắp ghép cụ thể;

- Tháo lắp đơn giản, dễ dàng.

2.2.4. Thiết kế bộ làm kín hai nửa cho trục tua bin đường kính 250mm

Từ các tài liệu [1], [2] đã thiết kế được bản vẽ cho các bộ làm kín có cỡ trục 250mm và 465mm (Hình 3), bản vẽ chung 2D bộ làm kín hai nửa cho trục tua bin đường kính 250mm.



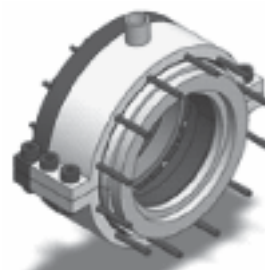
Hình 3. Bản vẽ 2D bộ làm kín hai nửa cho trục tua bin đường kính 250mm

Nguyên lý làm việc của bộ làm kín:

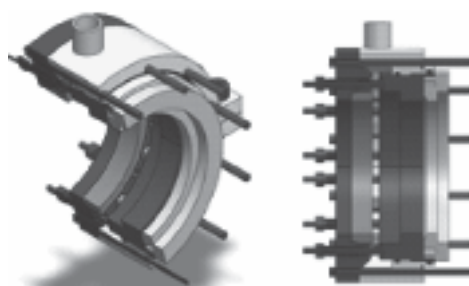
Khi máy nghỉ hoặc vận hành, mặt tiếp xúc giữa đĩa động 1 và đĩa tĩnh 2 luôn kín do lực đẩy của hệ lò xo và buồng trích áp ngăn không cho nước từ buồng áp lực theo trục tua bin vào tổ máy. Quá trình mòn đĩa tĩnh 2 theo thời gian luôn được buồng trích áp và điều chỉnh hệ lò xo tác động đẩy để làm kín khe hở A-A. Điều chỉnh áp lực nước trong buồng trích áp, cho ra lực đẩy hợp lý tối ưu nhằm giảm thiểu nhất độ hao mòn đĩa tĩnh mà vẫn đảm bảo kín.

3. KẾT QUẢ

Bản vẽ 3D thiết kế tổng thể (hình 4) và mặt cắt qua tâm (hình 5) của bộ làm kín hai nửa lắp ghép phù hợp với trục tua bin của tổ máy phát Thủy điện Nậm Chim (đường kính trục tua bin Ø250).

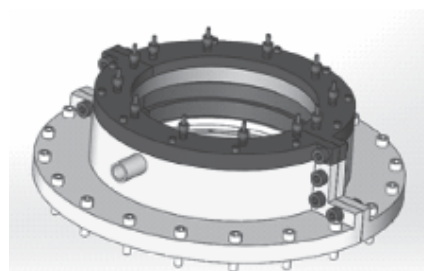


Hình 4. Bản vẽ 3D bộ làm kín hai nửa đường kính trục Ø250



Hình 5. Mặt cắt 3D bộ làm kín hai nửa cho trục Ø250

Trên hình 6 là bản vẽ mặt cắt 3D bộ làm kín hai nửa lắp ghép phù hợp với trục tua bin của tổ máy phát Thủy điện Sông Bạc có trục đường kính trục tua bin Ø465.



Hình 6. Bản vẽ 3D bộ làm kín hai nửa đường kính trục Ø465

4. THẢO LUẬN

1) Bộ làm kín hai nửa lắp ghép phù hợp với trục tua bin của tổ máy phát thủy điện với các đường kính trục tua bin Ø250 và Ø465 đảm nhiệm được chức năng làm kín và giải quyết được sự cố tràn nước vào tổ máy từ nhiều năm nay, được khách hàng tin tưởng, đánh giá cao và đặt hàng chế tạo.

2) Bộ làm kín hai nửa trên cơ sở kết cấu hợp lý, phối hợp các tính năng cơ lý, áp dụng vật liệu phù hợp và đạt được các tính năng kỹ thuật:

- Làm kín nước giữa cổ trục tua bin và buồng áp lực;
- Lắp ghép vào tổ máy đơn giản, không cần tháo tổ máy;
- Điều chỉnh áp lực làm kín;
- Dễ sử dụng, điều chỉnh trong khi máy đang chạy;
- Làm việc ổn định.

3) Cơ cấu bù mòn bằng hệ lò xo đẩy và bộ cân bằng áp suất giúp bộ làm kín làm việc ổn định và kéo dài tuổi thọ.

4) Có thể đăng ký đề tài khoa học công nghệ trong lĩnh vực kỹ thuật cơ khí thủy công.

5) Có thể đăng ký sở hữu trí tuệ.

5. KẾT LUẬN

Thiết kế, chế tạo bộ làm kín hai nửa cho tua bin thủy điện theo nguyên lý, kết cấu này là mẫu sản phẩm mới có thể áp dụng cho tất cả các tổ máy thủy điện (Thủy điện Nậm Chim với đường kính trục tua bin Ø250; Thủy điện Sông Bạc, tổ máy có đường kính trục tua bin Ø465). Sản phẩm được nghiên cứu thiết kế bằng các

vật liệu lắp ghép, kết cấu phù hợp nhằm giảm giá thành chế tạo, tăng thời gian sử dụng và giảm chi phí cho những vật liệu đắt tiền.

*Ký hiệu, chữ viết tắt:

P (Mpa): Áp suất;

D (mm): Đường kính;

HKC: Hợp kim cứng;

PTFE: Nhựa teflon;

HRC: Độ cứng Rokwell;

SKD61: Thép do NIPON sản xuất theo tiêu chuẩn JIS của Nhật Bản.

Lời cảm ơn:

Nghiên cứu này được hỗ trợ của Viện Nghiên cứu Cơ khí, Phòng Thí nghiệm trọng điểm Công nghệ Hàn và Xử lý bề mặt. Tác giả xin cảm ơn các nhà máy: Thủy điện Nậm Chim, Thủy điện Sông Bạc, đã tạo điều kiện về cơ sở vật chất và hiện trường áp dụng cho nghiên cứu này. ❖

Ngày nhận bài: **08/8/2023**

Ngày phản biện: **27/10/2023**

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Lê Văn Tiến; *Đồ gá cơ khí hoá và tự động hoá*, 1999.
- [2]. Trần Văn Địch; *Sổ tay và Atlas đồ gá*. NXB. Khoa học Kỹ thuật, 2000.
- [3]. Nguyễn Văn Huyền; *Cơ cấu tương tác Cơ – Điện – Thủy khí*. NXB. Xây Dựng, 2019.
- [4]. Trần Văn Địch, Nguyễn Đắc Lộc; *Sổ tay công nghệ chế tạo máy*. NXB. Khoa học và Kỹ thuật, 2006.
- [5]. Trần Thế San, Nguyễn Ngọc Minh; *Vật liệu cơ khí hiện đại*. NXB. Khoa học và Kỹ thuật, 2006.
- [6]. Ninh Đức Tồn; *Dung sai*. NXB. Khoa học và Kỹ thuật, 2000.
- [7]. Archard, J. F., Aug. 1953. *Contact and Rubbing of Flat Surfaces*. Journal of Applied Physics 24.

TIÊU CHÍ MẤT ỔN ĐỊNH CỤC BỘ CỦA VIỆC TẠO HÌNH KIM LOẠI TẮM VÀ ỨNG DỤNG TRONG BIỂU ĐỒ GIỚI HẠN TẠO HÌNH (FLD)

INSTABILITY CRITERION OF SHEET METAL FORMING AND APPLICATION IN FORMING LIMIT DIAGRAM (FLD)

Nguyễn Chung, Nguyễn Khắc Chinh
Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vinh

TÓM TẮT

Chỉ tiêu mất ổn định là một yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến độ chính xác của giản đồ giới hạn tạo hình (FLD), biểu thị trạng thái biến dạng của vật liệu kim loại khi vật liệu đạt đến giới hạn tạo hình. Trong bài báo này, các tiêu chí mất ổn định cục bộ trong quá trình tạo hình dẻo của kim loại tấm được phân biệt bằng các phương pháp suy luận khác nhau dựa trên lý thuyết mất ổn định dẻo và các hiện tượng thực nghiệm. Đưa ra các tính năng, ứng dụng trong FLD của các tiêu chí không ổn định và các thách thức cần giải quyết.

Từ khóa: Tiêu chí mất ổn định; Tấm kim loại; Biểu đồ giới hạn tạo hình (FLD).

ABSTRACT

The instability index is an important factor affecting the accuracy of the forming limit diagram (FLD), which represents the deformation state of a metal material when the material reaches the forming limit. In this paper, the local buckling criteria in the plastic forming process of sheet metal are distinguished by different inference methods based on plastic buckling theory and experimental phenomena. Outline features, applications in FLD of unstable criteria and challenges to be addressed.

Keywords: Instability criteria; Metal panel; Forming limit chart (FLD).

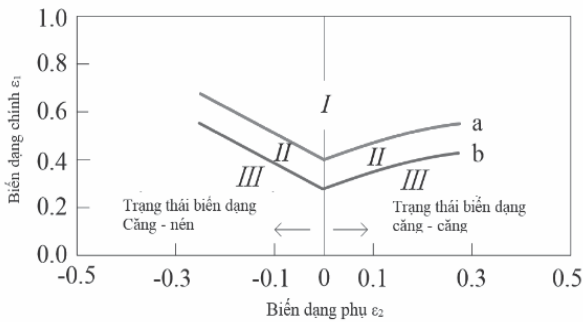
1. GIỚI THIỆU

Mất ổn định trong quá trình tạo hình dẻo của kim loại tấm có thể chia thành hai loại: mất ổn định khuếch tán và mất ổn định cục bộ. Mất ổn định khuếch tán xảy ra khi ngoại lực đạt cực đại và mất ổn định cục bộ là biến dạng tiếp theo sau mất ổn định khuếch tán. Chỉ tiêu mất ổn định là phương trình của biến dạng giới hạn, khi biến dạng trong quá trình tạo hình bằng với biến dạng giới hạn thì xuất hiện mất ổn định.

Bởi vì hầu hết các bộ phận vẫn có thể được sử dụng trước khi xảy ra mất ổn định cục bộ, nên mất ổn định cục bộ thường được coi là giới hạn biến dạng trong quá trình tạo hình và tiêu chí mất ổn định cục bộ được sử dụng rộng rãi hơn so với tiêu chuẩn khuếch tán.

Biểu đồ giới hạn tạo hình (FLD) thường được sử dụng để biểu thị các biến dạng giới hạn ở trạng thái mất ổn định cục bộ trong quá trình tạo hình dẻo của kim loại tấm dưới các đường

biến dạng khác nhau [1, 2]. Như được minh họa trong Hình 1, FLD được mô tả dưới dạng đồ thị của biến dạng chính ϵ_1 so với biến dạng phụ ϵ_2 ở trạng thái mất ổn định khuếch tán hoặc cục bộ ở trạng thái ứng suất phẳng dưới các đường biến dạng khác nhau, trong đó các đường cong biểu thị các biến dạng giới hạn có thể thu được thông qua các thí nghiệm theo trạng thái biến dạng cực hạn [3]. Các biến dạng giới hạn và FLD bị ảnh hưởng rất nhiều bởi các tiêu chí mất ổn định, vì vậy các tiêu chí phải được lựa chọn đúng để FLD có độ chính xác cao.



Hình 1. Biểu đồ giới hạn tạo hình (FLD) của kim loại tấm: I, II và III lần lượt là vùng nổ, vùng nguy hiểm và vùng tạo hình.

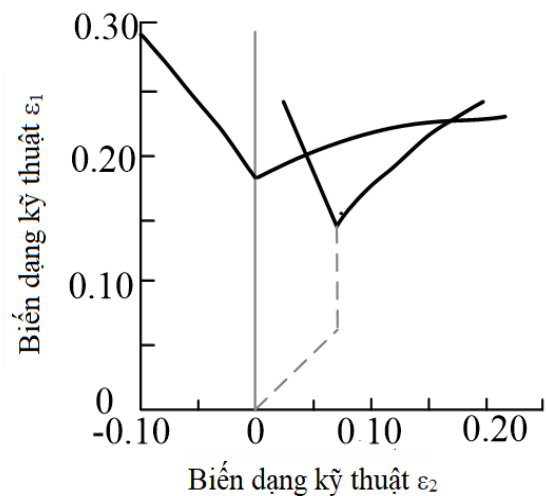
Trong bài báo này, các tiêu chí mất ổn định cục bộ thông thường trong quá trình tạo hình dè của kim loại tấm được phân biệt bằng các phương pháp suy luận khác nhau dựa trên lý thuyết mất ổn định dè và các hiện tượng thực nghiệm. Được chia thành hai loại theo các giả thuyết về thiệt hại tương ứng của môi trường liên tục vĩ mô và thiệt hại liên tục vi mô.

2. TIÊU CHÍ MẤT ỔN ĐỊNH DỰA TRÊN LÝ THUYẾT MẤT ỔN ĐỊNH DÈO

Các biến dạng giới hạn của FLD có thể được xác định thông qua các phương pháp phân tích dựa trên lý thuyết mất ổn định dè và một số giả thuyết. Các tiêu chí mất ổn định cục bộ được chia thành hai loại theo các giả thuyết

về thiệt hại liên tục môi trường vĩ mô và thiệt hại liên tục vi mô, tương ứng.

Độ lệch của các đường cong FLD xuất hiện trong thử nghiệm dưới các đường biến dạng khác nhau, như được minh họa trong Hình 2. Một mô hình vật lý mới và phương pháp tính toán giới hạn hình thành tương ứng được phát triển trong tiêu chí và tiêu chí bỏ qua các giá trị khuyết tật của kim loại và độ dày ban đầu không đồng nhất, chỉ xem xét ảnh hưởng của độ lệch biến dạng.

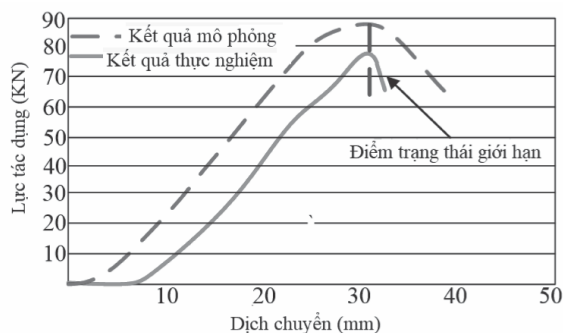


Hình 2. Sự dịch chuyển biến dạng của FLD theo các đường biến dạng khác nhau

3. TIÊU CHÍ MẤT ỔN ĐỊNH DỰA TRÊN THỰC NGHIỆM

Việc tính toán giới hạn tạo hình với tiêu chí chảy dè và tiêu chuẩn cứng hóa dựa trên lý thuyết mất ổn định dè rất phức tạp nên mô phỏng phần tử hữu hạn được sử dụng trong giải pháp số, là công cụ hữu hiệu để tính toán FLD. Bằng cách phân tích các hiện tượng trong mô phỏng như sự biến thiên của ứng suất, biến dạng và chiều dày có thể thu được các tiêu chí mất ổn định dựa trên các hiện tượng thực nghiệm. 

Năm 2011, H. Wang [5] đưa ra tiêu chí về lực đột lớn nhất bằng cách thực hiện mô phỏng và thử nghiệm tạo hình tấm hợp kim nhôm cho thấy biến dạng giới hạn là tại vị trí lực đột lớn nhất. Bằng cách đo lực chày thu được đường cong hành trình của lực chày, quan sát thấy rằng lực chày giảm sau khi xảy ra mất ổn định, như minh họa trong Hình 3. Tiêu chí sử dụng phép thử Nakazima rất dễ sử dụng và các dự đoán về FLD sẽ không chính xác nếu sự mất ổn định bắt đầu từ cạnh của kim loại.



Hình 3. Đường cong di chuyển lực đột đập điển hình

4. NHỮNG THÁCH THỨC CẦN GIẢI QUYẾT

Do nguyên nhân nứt và mất ổn định biến dạng dẻo phức tạp nên việc nghiên cứu giới hạn tạo hình còn một số vấn đề: 1) Kết quả tiêu chí còn khác nhau với nhiều giả thuyết khác nhau, nên đề xuất một tiêu chí với nhiều giả thuyết chỉ tiêu phù hợp với thực tiễn; 2) Tiêu chí truyền thống khó dự đoán FLD theo các đường biến dạng toàn diện hoặc các mô hình cấu thành; 3) Từ các cách khác để đảm bảo độ chính xác dự đoán của FLD, chẳng hạn như đường dẫn tải hoặc mô hình cấu thành.

5. KẾT LUẬN

Tiêu chí không ổn định được sử dụng rộng rãi để dự đoán giới hạn hình thành của kim loại. Các tiêu chí mất ổn định cục bộ thông thường trong quá trình tạo hình dẻo của kim loại tấm được phân biệt bằng các phương pháp suy luận khác nhau dựa trên lý thuyết mất ổn định dẻo và các hiện tượng thực nghiệm. Việc nghiên cứu FLD vẫn đang được tiến hành, việc tìm ra tiêu chí bất ổn định phù hợp để đảm bảo độ chính xác dự đoán của FLD có ý nghĩa cần thiết. ❖

Ngày nhận bài: 08/9/2023

Ngày phản biện: 25/10/2023

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Keeler S. P., *Plastic Instability and Fracture in Sheets Stretched over Rigid Punches* (Trans ASM, 1963).
- [2]. Goodwin G. M., *SAE Transactions*, Vol. 77(1968), p. 680093.
- [3]. R.Hill: *J. Mech. Phys. Solids*, 1952, Vol. 1(1952), p. 19.
- [4]. K.M. Xue, L. Zhou and P. Li, *Chinese Journal of Mechanical Engineering*, Vol. 45(2009), p. 229 (In Chinese).
- [5]. H. Wang, *The Method of Obtain Forming Limit Diagram and its Application in Sheet Metal Forming*. (Ph.D., Nanjing university of aeronautics & astronautics, China 2011), p. 50.