

Design Development and Manufacture of a N95 Face Mask Making Machine

Hieu Giang Le^{1*}, Linh Le¹, Minh Phung Dang¹, Hoang Lam Le¹, Van Hung Le²

¹Ho Chi Minh City University of Technology and Education, Ho Chi Minh City, Vietnam

²Faculty of Mechanical Engineering, Dongnai College of High Technology, Vietnam

* Corresponding author. Email: gianglh@hcmute.edu.vn

ARTICLE INFO

Received: 15/01/2022
Revised: 18/01/2022
Accepted: 14/03/2022
Published: 28/04/2022

KEYWORDS

Medical mask making machine;
Face mask;
N95;
Covid-19;
Ultrasonic welding.

ABSTRACT

Wearing medical masks is one of the five precaution measures in the 5K message officially announced by Vietnam's Ministry of Health. As the Covid-19 epidemic is still very complicated, a research on the design and manufacture of the qualified medical mask making machine to meet the demand for protecting ourselves from Covid-19 epidemic is vitally necessary. Therefore, the research team focused on researching, designing and manufacturing of a N95 medical mask making machine to produce N95 masks which can prevent 95% of dust and bacteria in the air. The N95 face mask making machine is basically a N95 mask processing line consisting of 5 main clusters with a lot of design and control calculation and some details are not within the scope of this article. The current article is aimed at presenting the introduction of the machine, the operating principles, the control system parts, and the test run assessing the machine's main features. Experimental results indicate that the machine works stably when running at low, medium and high productivity equal to or less than 2400 pieces/hour with SMS antibacterial fabric and straps made in Korea. There are some defective products when the machine operates at a productivity higher than 2400 pieces/hour. The test results also show that the stable productivity level of the machine depends on whether the materials originate in Vietnam or in Korea.

Phát Triển Thiết Kế Và Chế Tạo Máy Làm Khẩu Trang Y Tế N95

Lê Hiếu Giang^{1*}, Lê Linh¹, Đặng Minh Phụng¹, Lê Hoàng Lâm¹, Lê Văn Hùng²

¹Khoa cơ khí, trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM

²Khoa cơ khí, trường Cao đẳng Công nghệ cao Đồng Nai

* Tác giả liên hệ. Email: gianglh@hcmute.edu.vn

THÔNG TIN BÀI BÁO

Ngày nhận bài: 15/01/2022
Ngày hoàn thiện: 18/01/2022
Ngày chấp nhận đăng: 14/03/2022
Ngày đăng: 28/04/2022

TỪ KHÓA

Máy làm khẩu trang y tế;
Khẩu trang;
N95;
Covid-19;
Hàn siêu âm.

TÓM TẮT

Phần tóm Khẩu trang y tế là một trong năm qui định trong thông điệp 5K của Bộ Y Tế. Do dịch bệnh vẫn diễn biến hết sức phức tạp nên việc nghiên cứu, chế tạo khẩu trang đạt chuẩn để đáp ứng yêu cầu chống dịch về lâu dài là hết sức cần thiết. Đó là lý do nhóm nghiên cứu đã tập trung nghiên cứu thiết kế và chế tạo máy làm khẩu trang y tế N95, loại khẩu trang có thể ngăn chặn 95% khối bụi và vi khuẩn có trong không khí. Máy làm khẩu trang y tế N95 thực chất là một dây chuyền gia công khẩu trang N95 gồm có 5 cụm chính với rất nhiều phần tính toán thiết kế và điều khiển nên không thể trình bày hết trong phạm vi bài báo này. Vì vậy nội dung bài báo chỉ trình bày giới thiệu về máy, nguyên lý hoạt động, phần hệ thống điều khiển và phần chạy thử nghiệm đánh giá tính năng của máy. Kết quả thực nghiệm cho thấy máy hoạt động ổn định khi chạy ở năng suất thấp, trung bình và cao bằng hoặc dưới 2400 cái/giờ đối với loại vải kháng khuẩn SMS và dây đeo do Hàn Quốc sản xuất. Máy bắt đầu xuất hiện các sản phẩm lỗi khi chạy ở năng suất cao hơn 2400 cái/giờ. Kết quả thử nghiệm còn cho thấy năng suất ổn định của máy còn phụ thuộc vào xuất xứ loại vật liệu sử dụng ở Việt Nam, hay Hàn Quốc.

Doi: <https://doi.org/10.54644/jte.69.2022.1127>

Copyright © JTE. This is an open access article distributed under the terms and conditions of the [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium for non-commercial purpose, provided the original work is properly cited.

1. Giới thiệu

Khẩu trang được khuyến nghị là một tấm chắn đơn giản để giúp ngăn các giọt bắn từ đường hô hấp vào không khí và lan sang người khác khi người đeo ho, hắt hơi, trò chuyện hoặc cao giọng. Đây được xem là cách kiểm soát nguồn lây nhiễm. Đeo khẩu trang có thể làm giảm việc phun các giọt bắn qua mũi và miệng. Việc này sẽ giúp giữ lại các giọt bắn từ đường hô hấp và không bắn vào người khác. COVID-19 chủ yếu lây lan giữa những người có tiếp xúc gần với nhau, vì vậy việc sử dụng khẩu trang [1,2] đặc biệt quan trọng tại các địa điểm mà mọi người ở gần nhau hoặc khó duy trì các biện pháp giãn cách giao tiếp xã hội. COVID-19 có thể lây lan bởi những người không có triệu chứng và không biết rằng họ đã bị nhiễm. Đó là lý do tại sao việc mọi người nên đeo khẩu trang ở nơi công cộng và thực hiện giãn cách xã hội là rất quan trọng và cần thiết.

Tại thị trường khẩu trang Việt Nam, khẩu trang y tế thông thường vẫn là mặt hàng được ưa chuộng bởi giá thành rẻ giúp người tiêu dùng tiết kiệm được kinh phí trong khi tình hình dịch bệnh đang diễn biến phức tạp và có thể phải sống chung với nó lâu dài. Để tăng khả năng bảo vệ từ virus COVID-19, khẩu trang N95 (lọc được 95% bụi mịn 0,3 micron trong không khí) [3] là lựa chọn phù hợp những người tiêu dùng muốn sử dụng khẩu trang với chất lượng tốt, đảm bảo sức khỏe và hiệu quả bảo vệ cao từ COVID-19.

Các công trình nghiên cứu trên thế giới về máy làm khẩu trang: Hung-Ho Chen đề xuất máy làm khẩu trang bao gồm cụm dẫn vải, cụm gấp, cụm hàn và cắt khẩu trang [4]. Pamperin và cộng sự [5] đã đề xuất phương pháp và hệ thống cho quá trình cắt và đặt dây trong quá trình sản xuất khẩu trang. Tuy nhiên các thiết kế đầy đủ hơn xuất phát từ các công ty sản xuất máy khẩu trang N95 [6]. Ngoài ra, chi phí đầu tư dây chuyền sản xuất khẩu trang N95 tự động khá cao nên hiện tại ở Việt Nam chưa nhiều và chủ yếu là các máy bán tự động hoặc thủ công từng công đoạn. Ngoài ra, một số công ty Việt Nam [7,8] cũng chủ động nhập khẩu cả dây chuyền và phân phối lại cho khách hàng có nhu cầu. Các công ty trên thế giới đã nghiên cứu thiết kế và chế tạo máy làm khẩu trang y tế N95 [9-11], cụ thể hơn, công ty Nessco Ấn Độ [12] là nhà sản xuất và xuất khẩu hàng đầu với số lượng lớn sản xuất khẩu trang N95. Máy làm khẩu trang y tế N95 sử dụng PLC để điều khiển quá trình hoạt động, kết hợp sử dụng hàn siêu âm với một thiết bị dao cắt định hình, hàn và cắt hoàn thành cùng một lúc. Dựa vào hình ảnh chủ yếu từ các công ty chế tạo máy làm khẩu trang N95, đồng thời xuất phát từ nhu cầu nghiên cứu giải mã và làm chủ công nghệ, đóng góp thêm các thiết kế phát triển và chế tạo máy làm khẩu trang y tế N95 phù hợp với công nghệ ở Việt Nam, tiến tới cải tiến thêm các phiên bản, từng bước xuất khẩu ra thị trường nước ngoài. Tuy nhiên, ở Việt Nam, các công trình nghiên cứu về máy làm khẩu trang y tế N95 dựa trên điều khiển đồng bộ trong hệ thống servo đạt được nhờ sử dụng ứng dụng hệ thống cơ khí ảo thay cho hệ thống cơ khí truyền thống ít được quan tâm. Do đó, bài báo trình bày các kết quả nghiên cứu thiết kế và chế tạo máy làm khẩu trang y tế N95 dựa trên điều khiển đồng bộ trong hệ thống servo đạt được nhờ sử dụng ứng dụng hệ thống cơ khí ảo thay cho hệ thống cơ khí truyền thống được thực hiện tại Khoa Cơ Khí Chế Tạo Máy, Trường Đại Học Sư Phạm Kỹ Thuật TP. Hồ Chí Minh, đóng góp ý tưởng thiết kế, hệ thống điều khiển và chế tạo máy làm khẩu trang y tế N95 cho thị trường trong nước.

2. Nguyên lý hoạt động của máy làm khẩu trang y tế N95

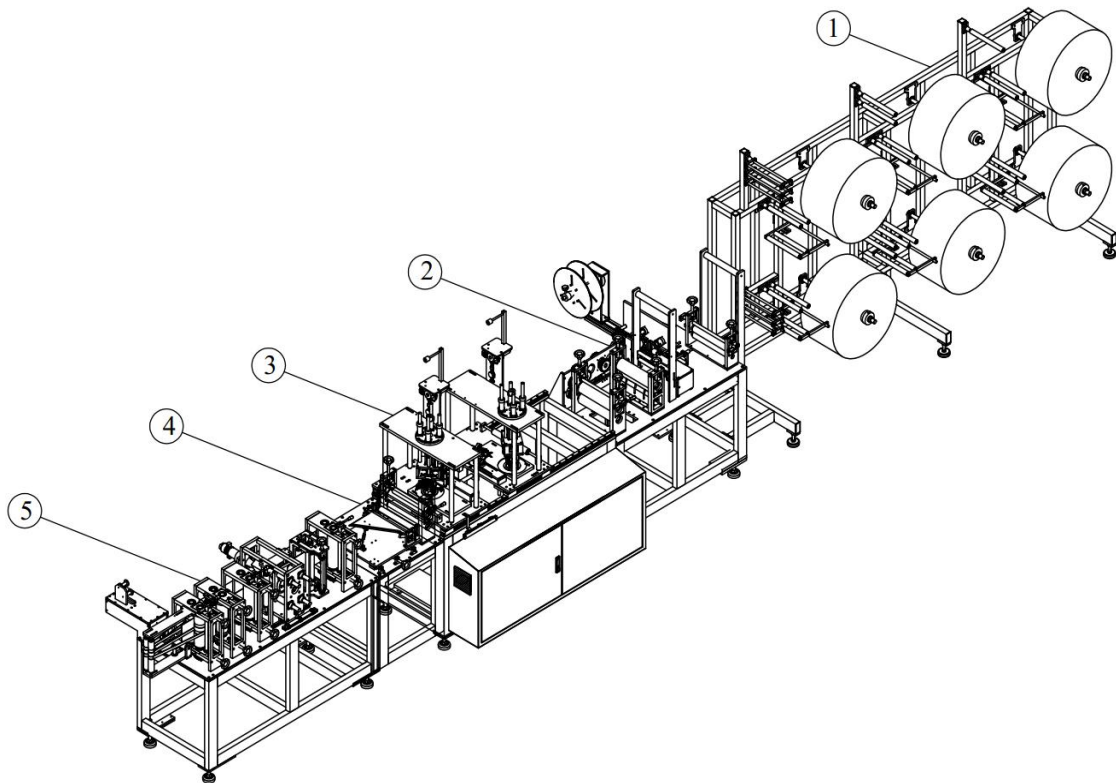
Dựa vào yêu cầu đặc tính chất lượng của khẩu trang y tế N95, sơ đồ nguyên lý của máy làm khẩu trang y tế 4 lớp được đề xuất như sau:

Đầu tiên các cuộn vải được treo trên cụm xả vải (1) và các lớp vải đưa vào dây chuyền sao cho vải được thẳng. Sau đó, cụm nẹp mũi và hàn dính (2) có chức năng cắt các thanh nẹp tựa mũi thành những khúc theo kích thước và đưa vào dây chuyền. Kế tiếp cụm hàn quay đeo (3) có chức năng kết dính quay đeo vào vải. Bước kế tiếp, cụm gấp mép (4) có chức năng gấp đôi khẩu trang. Cuối cùng, cụm cắt sản phẩm (5) có chức năng cắt theo biên dạng đưa thành phẩm ra ngoài.

Thông số kỹ thuật của máy được trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1. Thông số kỹ thuật của máy làm khẩu trang y tế N95

Đặc tính kỹ thuật	Thông số
Kích thước máy	9850x1400x1800 mm
Năng suất	2400 chiếc/giờ
Công suất động cơ	9 kW
Loại khẩu trang	4 lớp
Vật liệu	vải không dệt, vải lọc kháng khuẩn 04 lớp



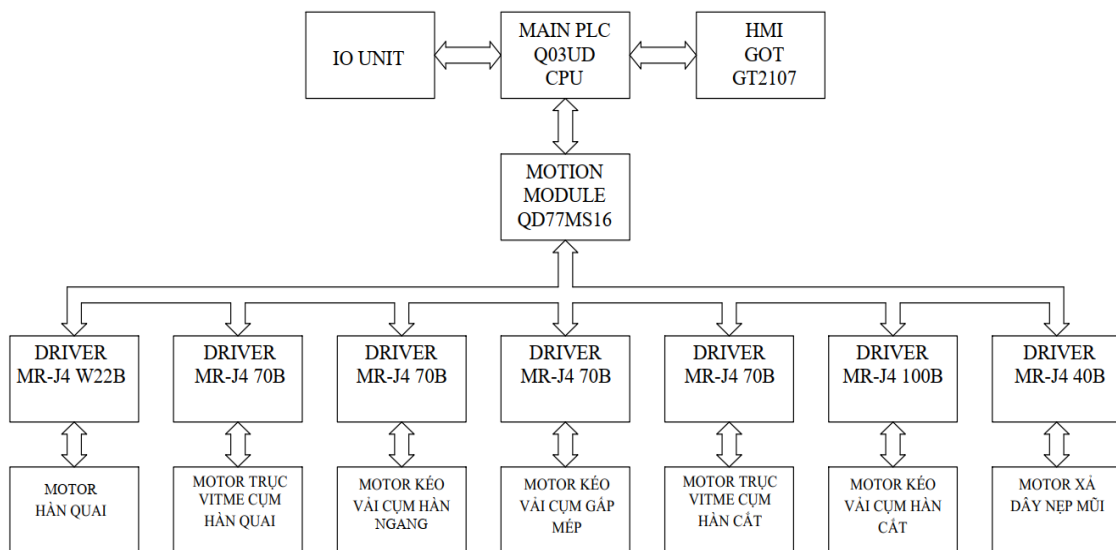
Hình 1. Mô hình thiết kế 3D toàn máy làm khẩu trang y tế N95

- (1): Cụm xả vải; (2): Cụm nếp mũi và hàn đỉnh; (3): Cụm hàn quay đeo; (4): Cụm gấp mép; (5): Cụm cắt sản phẩm

3. Thiết kế hệ thống điều khiển điện của máy làm khẩu trang

3.1 Mạch điều khiển tự động

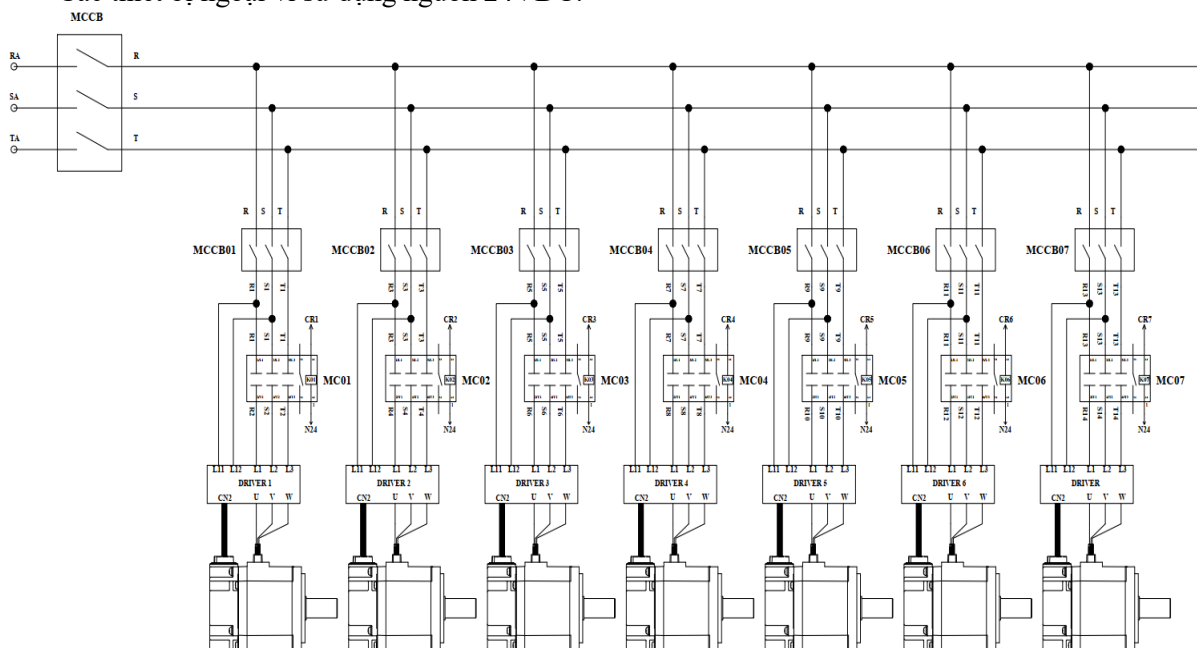
Căn cứ vào các yêu cầu kỹ thuật của quá trình làm khẩu trang y tế N95, sơ đồ khối hệ thống điều khiển của máy khẩu trang N95 được thiết kế như trong **Hình 2**. Cụ thể hơn, mạch điều khiển tự động của máy khẩu trang N95 được tích hợp bộ điều khiển dòng PLC Q của Mitsubishi, với một PLC chính (Q03UDCPU) và mô-đun điều khiển chuyển động QD77MS16 giao tiếp với các bộ khuếch đại servo thông qua mạng SSCNET* III/H (SSCNET: Servo System Controller Network).



Hình 2. Sơ đồ khối hệ thống điều khiển của máy khẩu trang N95

Ngoài ra sơ đồ thiết kế mạch động lực được trình bày trong **Hình 3**. Với các thông số cụ thể như sau:

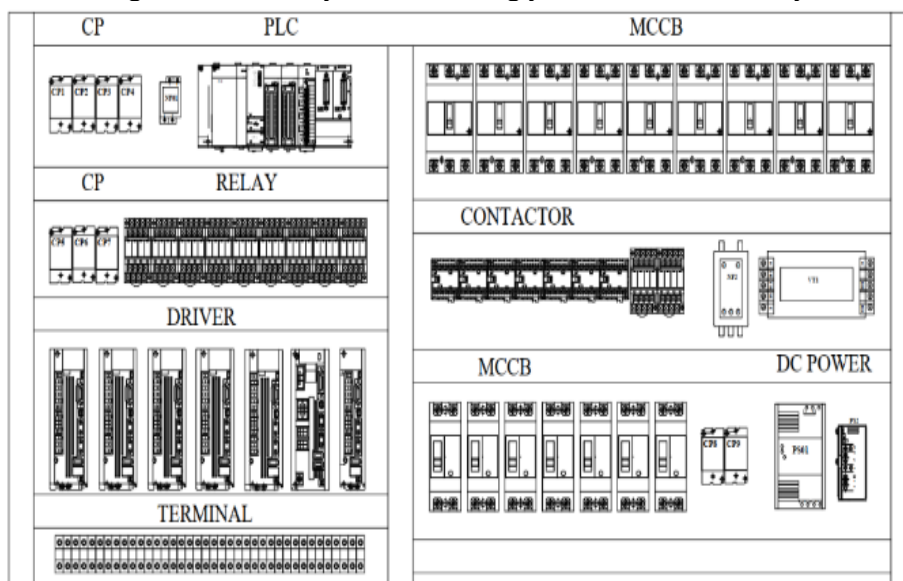
- Các bộ khuếch đại Servo sử dụng nguồn điện 3 pha 200VAC – 50Hz
- Bộ PLC sử dụng nguồn điện 5VDC được biến đổi qua mô-đun nguồn Q61P.
- Các thiết bị ngoại vi sử dụng nguồn 24VDC.



Hình 3. Sơ đồ thiết kế mạch động lực máy khâu trang N95

3.2 Thiết kế cụm tủ điện cho máy

Sơ đồ bố trí thiết bị trong tủ điện cho máy làm khâu trang y tế N95 được trình bày như trong **Hình 4**.



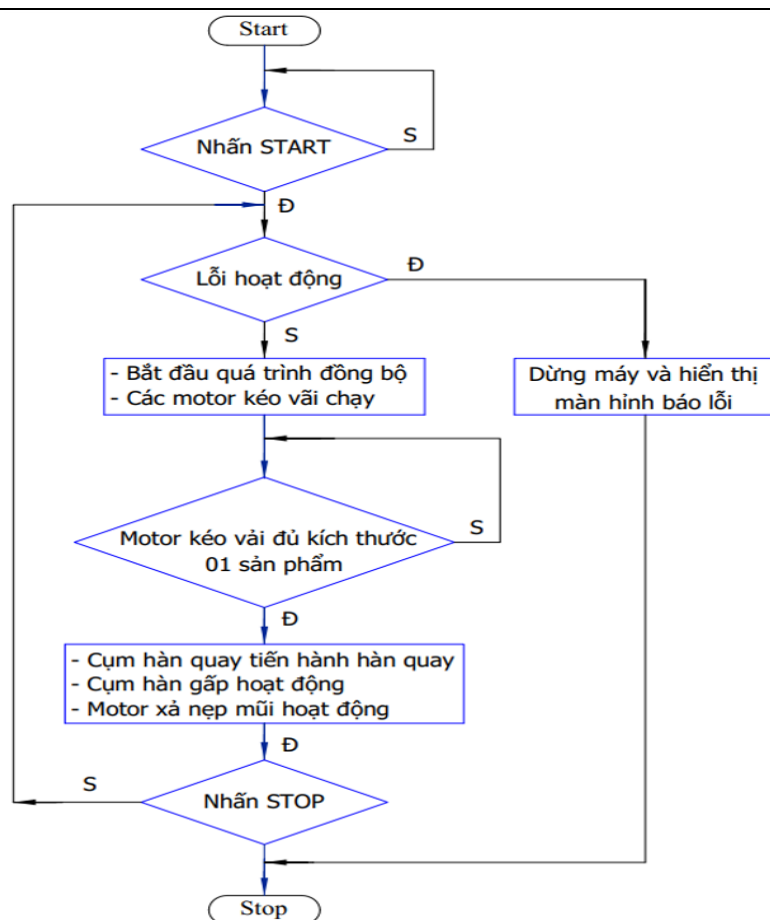
Hình 4. Sơ đồ bố trí thiết bị trong tủ điện

Các thiết bị trong tủ được bố trí sao cho khả năng đối lưu khí đạt hiệu quả cao nhất, các thiết bị sinh ra nhiệt lớn được lắp ở phía trên bảng tủ điện nhằm tăng khả năng hạ nhiệt cho thiết bị. Ngoài ra, để tăng cường khả năng làm mát cho tủ, hai bên hông tủ được bố trí các mạng cá và đỉnh tủ được lắp thêm quạt hút khí nhằm gia tăng sự đối lưu khí bên trong tủ và làm mát thiết bị.

3.3 Lưu đồ giải thuật và giao diện điều khiển máy

3.3.1 Lưu đồ giải thuật

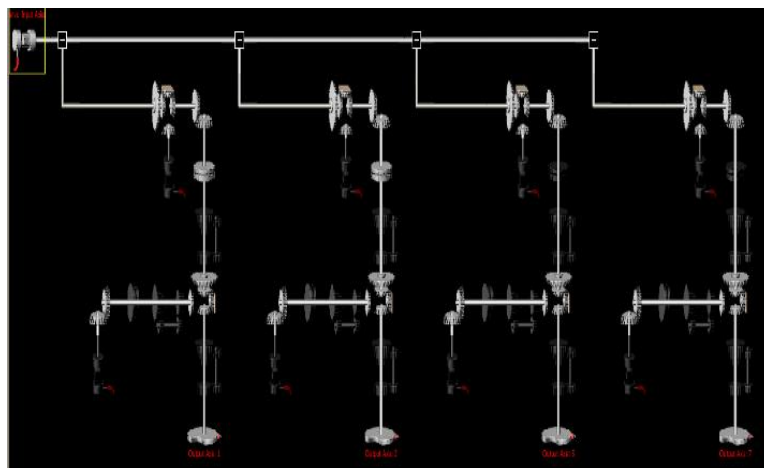
Căn cứ vào các yêu cầu kỹ thuật của quá trình làm khâu trang, lưu đồ giải thuật điều khiển của máy làm khâu trang y tế được đề xuất như **Hình 5**.



Hình 5. Lưu đồ giải thuật điều khiển

Máy khâu trang N95 có thiết kế các cụm tách rời nhau, các động cơ kéo vải độc lập. Do đó, để hệ thống được liên kết và hoạt động đồng bộ mà không qua các hệ liên kết cơ khí ta phải sử dụng hệ liên kết của bộ điều khiển gọi là hệ đồng bộ cơ khí ảo để liên kết các chuyển động của các động cơ. Điều khiển đồng bộ có nghĩa là điều khiển một hay nhiều động cơ, cơ cấu theo một động cơ, cơ cấu khác theo những quy định, tỷ số truyền nhất định do người điều khiển cài đặt cho phù hợp với các ứng dụng cụ thể.

Điều khiển đồng bộ trong hệ thống servo [13, 14] đạt được nhờ sử dụng ứng dụng hệ thống cơ khí ảo thay cho hệ thống cơ khí thực như trục cam, bánh răng, ly hợp và bánh răng vi sai. Trong nghiên cứu này, hệ cơ khí ảo của máy khâu trang làm khâu trang y tế N95 được thể hiện như trong Hình 6.



Hình 6. Hệ cơ khí ảo của máy khâu trang làm khâu trang y tế N95

3.3.2 Giao diện điều khiển máy

Để hỗ trợ cho quá trình điều khiển máy làm khẩu trang y tế N95, các giao diện điều khiển máy được xây dựng như trong Hình 7 đến Hình 10.



Hình 7. Giao diện điều khiển tự động



Hình 8. Giao diện căn chỉnh máy



Hình 9. Giao diện cài đặt thông số

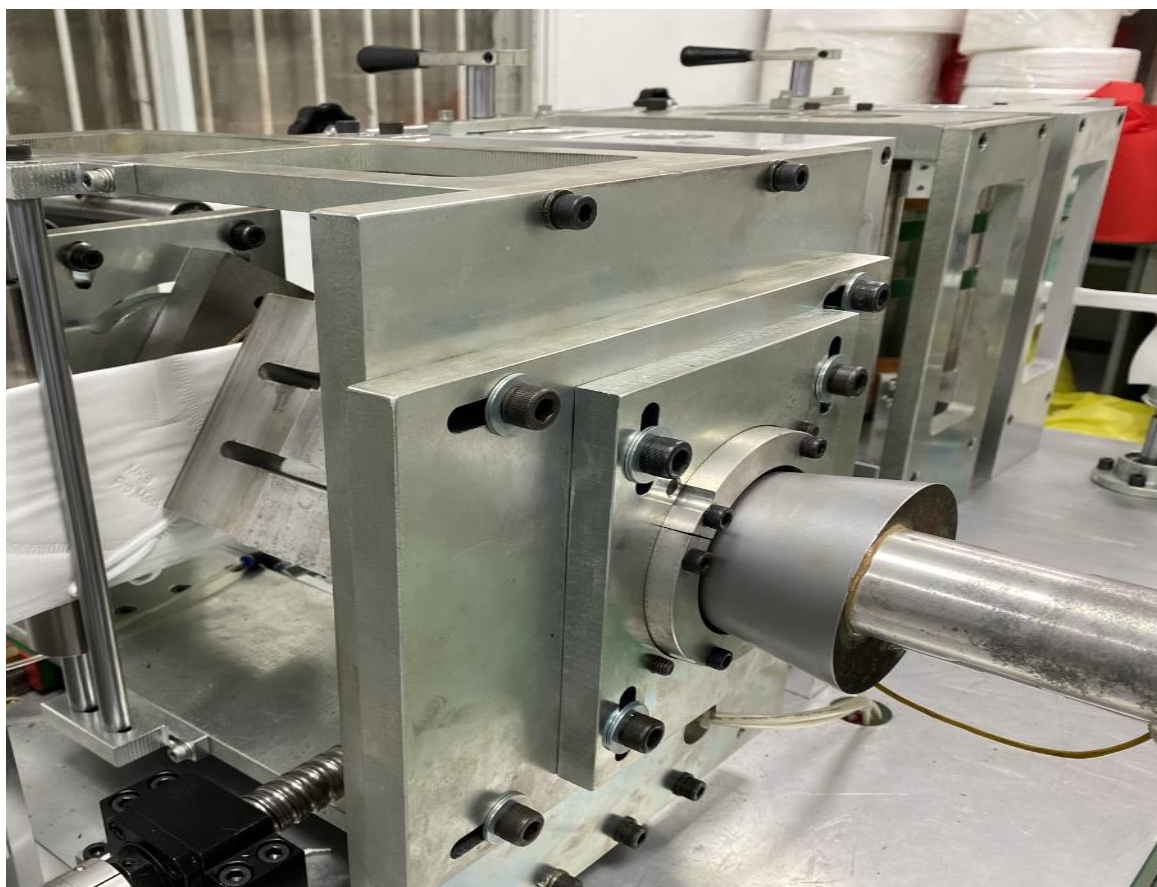


Hình 10. *Giao diện báo lỗi*

4. Chế tạo và thử nghiệm máy làm khẩu trang y tế N95

Máy làm khẩu trang y tế được chế tạo hoàn thiện bao gồm một số cụm chế tạo cụ thể như trong **Hình 11** đến **Hình 16**.

Máy được dùng để chế tạo khẩu trang y tế N95 4 lớp: 2 lớp ngoài cùng là 2 lớp kháng khuẩn SMS, 2 lớp bên trong bao gồm một lớp giấy lọc và một lớp gòong. Quá trình chạy thử nghiệm được tiến hành đối với loại vải kháng khuẩn SMS do Việt Nam sản xuất và Hàn Quốc sản xuất.



Hình 11. *Cụm hàn siêu âm*



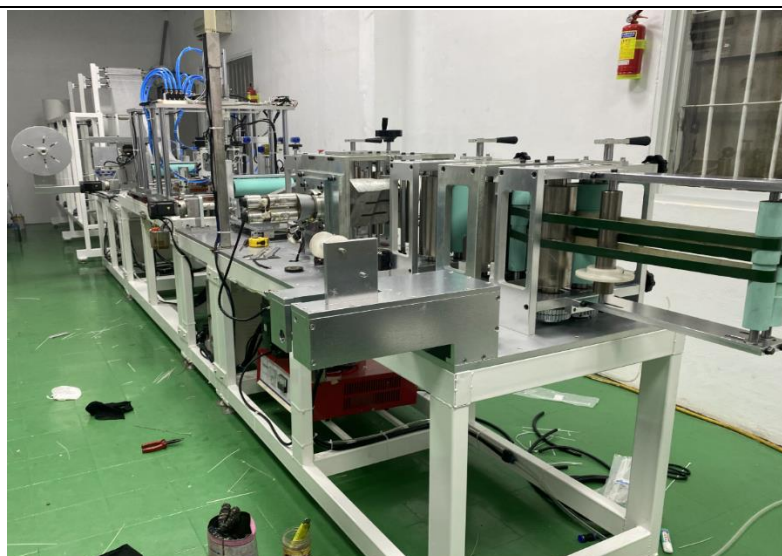
Hình 12. Cụm căn sản phẩm



Hình 13. Tủ điện điều khiển máy



Hình 14. Màn hình điều khiển máy gắn trên tủ điện



Hình 15. Máy làm khẩu trang y tế chế tạo hoàn thiện

Đối với loại vải kháng khuẩn SMS và dây đeo do Việt Nam sản xuất:

+ Với năng suất 20 cái/phút, máy hoạt động ổn định, sản phẩm 100% đạt yêu cầu, không có phế phẩm.

+ Với năng suất 30 cái/phút, máy hoạt động ổn định, sản phẩm 100% đạt yêu cầu, không có phế phẩm.

+ Với năng suất 40 cái/phút, số sản phẩm đạt yêu cầu khoảng 34-36 cái, từ 4-6 sản phẩm hàn không đều, hàn bị đứt quai.

+ Với năng suất 54 cái/phút, số sản phẩm đạt yêu cầu khoảng 34-36 cái, ngoài việc có một số sản phẩm hàn không đều, hàn bị đứt quai, còn có sản phẩm bị xoắn dây.



Hình 16. Sản phẩm khẩu trang y tế N95

Đối với loại vải kháng khuẩn SMS và dây đeo do Hàn Quốc sản xuất:

+ Với năng suất 40 cái/phút, máy hoạt động ổn định, sản phẩm 100% đạt yêu cầu, không có phế phẩm và đạt 2400 cái/giờ.

+ Nếu máy được thiết lập ở chế độ năng suất cao hơn giá trị trên, bắt đầu có phế phẩm.

Qua thử nghiệm máy cho thấy nếu sử dụng vải và dây đeo có xuất xứ Hàn Quốc thì năng suất máy sẽ cao hơn; điều đó cho thấy chất lượng của chất liệu vải khá quan trọng đối với năng suất của máy, đối với tốc độ hàn và chất lượng hàn quai đeo.

5. Kết luận

Bài báo đã giới thiệu về máy làm khẩu trang y tế N95 4 lớp cùng với nguyên lý hoạt động của máy. Hệ thống điều khiển máy cùng với lưu đồ giải thuật điều khiển đã được trình bày; trong đó hệ thống điều khiển đồng bộ trong hệ thống servo đạt được nhờ sử dụng ứng dụng hệ thống cơ khí ảo thay cho hệ thống cơ khí truyền thống. Máy đã được chế tạo thành công và chạy thử nghiệm đạt kết quả như mục tiêu đặt ra:

- Máy hoạt động ổn định, có thể tinh chỉnh theo các yêu cầu cụ thể khác nhau dựa trên thuật toán toán điều khiển đồng bộ trong hệ thống servo đạt được nhờ sử dụng ứng dụng hệ thống cơ khí ảo thay cho hệ thống cơ khí thực như trục cam, bánh răng, ly hợp và bánh răng vi sai.

- Năng suất máy có thể điều chỉnh theo mong muốn của người điều khiển.

- Năng suất đạt 2400 chiếc/giờ, khẩu trang đẹp và đồng bộ với loại vải SMS và dây đeo của Hàn Quốc.

- Phục vụ tốt cho việc nghiên cứu, giảng dạy theo định hướng “Research for better life” của Khoa Cơ Khí Chế Tạo Máy, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. HCM.

Lời cảm ơn

Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn Trường đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. HCM đã hỗ trợ kinh phí thực hiện đề tài thông qua đề tài nghiên cứu khoa học Research for better life, mã số T2020-01RBL.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Lydia Bourouiba, *Turbulent Gas Clouds and Respiratory Pathogen Emissions Potential Implications for Reducing Transmission of COVID-19*, 2020 American Medical Association, March 26, 2020, doi:10.1001/jama.2020.4756.
- [2] Saad B. Omer, Preeti Malani, Carlos del Rio, *The COVID-19 Pandemic in the US, A Clinical Update*, 2020 American Medical Association, April 6, 2020, doi:10.1001/jama.2020.5788.
- [3] https://en.wikipedia.org/wiki/N95_respirator
- [4] Hung-Ho Chen, *Face Maskmanufacturing Machine*, Dec. 22, 2009, US 7,635,015 B2, U.S. Patent.
- [5] Mark Thomas Pamperin, Nathan Craig Harris, Joseph P. Weber, Ajay Y. Houde, David Lamar Harrington, *Method And System For Cutting and Placing Nose Wires In A Facemask Manufacturing Process*, US 10,227,202 B2, Mar. 12, 2019, U.S. Patent.
- [6] <https://maytudong.com.vn/product/may-lam-khau-trang-n95/>, truy cập vào ngày 20 tháng 9 năm 2021.
- [7] <https://maychebiengocn.com/may-san-xuat-khau-trang-n95-full-automatic-model-01>, truy cập vào ngày 20 tháng 9 năm 2021.
- [8] <http://maylamkhautrang.vn/san-pham/may-han-quai-khau-trang-kn95-topstar/>, truy cập vào ngày 20 tháng 9 năm 2021.
- [9] http://www.yinusainc.com/main/N95_mask_machine, truy cập vào ngày 20 tháng 9 năm 2021.
- [10] <https://www.binhongmachine.com/product/n95-mask-machine-12.html>, truy cập vào ngày 20 tháng 9 năm 2021.
- [11] <https://www.sharpertek.com/automated-n95-non-woven-mask-machine-smmm-120-pm.html>, truy cập vào ngày 20 tháng 9 năm 2021.
- [12] <https://www.nesscoindia.com/product/automatic-n95-mask-making-machine/>, truy cập vào ngày 20 tháng 9 năm 2021.
- [13] Lê Hiếu Giang, Đặng Minh Phụng, Thái Văn Phước, Quách Thanh Hải, *Máy và Hệ Thống Điều Khiển Số*, NXB ĐHQG TP. HCM, 2020.
- [14] Đặng Minh Phụng, Lê Hiếu Giang, Lê Linh, Trương Nguyễn Luân Vũ, Trần Tiến Phát, *Nghiên cứu phát triển thiết kế và chế tạo máy phay lăn răng CNC phục vụ đào tạo, Hội nghị khoa học và công nghệ toàn quốc về cơ khí lần thứ IV, TP. HCM 11-2015*.



Hieu Giang Le has been currently a vice president at the Ho Chi Minh City University of Technology and Education since 2013. He graduated from the University of Ho Chi Minh City University of Technology and Education (UTE), Ho Chi Minh City, Vietnam in 1995. He received Master degree of Engineering in 1998 at UTE. During 1995-1999, he worked as a teaching assistant at the Faculty of Mechanical Engineering of UTE. From 1999 to 2003, He studied PhD program and got PhD Degree at the Department of Materials Engineering, Czech Technical University in Prague, Czech Republic. From 2004 up till now, he has been lecturer, Associate Professor at the Faculty of Mechanical Engineering of UTE. His research interests include composite materials, compliant mechanism, CNC machining, computer-aided engineering, compliant micro-positioning stages and optimization algorithm.



Linh Le is currently a lecturer at the Mechanical Engineering Faculty, Ho Chi Minh City University of Technology and Education. He received his Bachelor, Master and PhD's degree in mechanical engineering from the Ho Chi Minh City University of Technology and Education, Vietnam in 2003, 2005 and 2021 respectively. His research interests include CNC machining, design and fabrication agricultural machines, computer-aided engineering and dissociative controller for multivariable systems.



Minh Phung Dang is currently a lecturer at the Mechanical Engineering Faculty, Ho Chi Minh City University of Technology and Education. He received his Bachelor and Master's degree in mechanical engineering from the Ho Chi Minh City University of Technology and Education, Vietnam in 2007 and 2009, respectively. He has been a Ph.D. student at the Mechanical Engineering Faculty, Ho Chi Minh City University of Technology and Education since 2015. His research interests include compliant mechanism, CNC machining, design and fabrication agricultural machines, computer-aided engineering, compliant micro-positioning stages and optimization algorithm.



Hoang Lam Le is currently a lecturer at the Faculty of Electrical and Electronic Engineering, Ho Chi Minh City University of Technology and Education. He received the B.S. degree and M.S degree in Power Engineering from Ho Chi Minh City University Of Technology, Vietnam in 2006 and 2008, respectively. His research interest includes the precise position synchronous control for multi-axis servo systems.



Van Hung Le is currently a lecturer at the Mechanical Engineering Faculty, Dongnai College of High Technology. He received his Bachelor and Master's degree in mechanical engineering from the Ho Chi Minh City University of Technology and Education, Vietnam in 2009 and 2011, respectively. His research interests include CNC machining, design and fabrication machines.