

THIẾT KẾ, CHẾ TẠO HỆ THỐNG SẢN XUẤT TỰ ĐỘNG THEO MODUL PHỤC VỤ GIẢNG DẠY

DESIGN AND FABRICATION AUTOMATED PRODUCTION SYSTEMS IN MODULES FOR EDUCATIONAL PURPOSES

Nguyễn Văn Mùi, Đặng Văn Hòa

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

Đến tòa soạn ngày 12/04/2024, chấp nhận đăng ngày 14/06/2024

Tóm tắt: Hệ thống sản xuất tự động đã và đang được áp dụng trong sản xuất hiện đại ở Việt Nam cũng như trên thế giới. Việc tiếp cận với các hệ thống này sẽ giúp sinh viên hiểu hơn về nguyên lý hoạt động, cách thức vận hành, điều khiển cũng như lập trình. Hiện nay, việc trang bị hệ thống sản xuất tự động đã được các trường quan tâm và đầu tư. Tuy nhiên, với số lượng lớn sinh viên và hệ thống được trang bị chỉ có thể áp dụng cho một loại sản phẩm cố định nên chưa đáp ứng được nhu cầu của đào tạo. Bài báo này trình bày về việc tính toán thiết kế một hệ thống chiết rót tự động theo modul với các thông số kỹ thuật đáp ứng được yêu cầu của một hệ thống sản xuất tự động trong thực tế cũng như giúp giảm tải được sinh viên học tập tại phòng thực hành cũng như có thể tiếp cận được với một hệ thống sản xuất mới. Một hệ thống chiết rót tự động với công suất 1000 chai/giờ, với các modul cấp nắp, cấp chai, băng tải, chiết rót, dán nhãn, đóng lốc có thể hoạt động riêng biệt cũng như kết nối với nhau để tạo ra một hệ thống hoàn chỉnh. Người học có thể vận hành, lập trình cũng như kết nối các modul trong hệ thống

Từ khóa: Hệ thống sản xuất tự động, modul, chiết rót tự động, giảng dạy, lập trình điều khiển.

Abstract: Automated production systems have been and are being implemented in modern production in Vietnam as well as worldwide. Accessing these systems will help students better understand the principles of operation, operation and control methods, as well as control programming. Currently, the installation of automated production systems has been a focus and investment for university. However, with a large number of students and the system being equipped to apply only to a specific type of product, it has not yet met the training needs. This article presents the calculation of designing a modular automated production system to reduce the workload for students in practical rooms and allow students to access a new production system. An automated filling system with a capacity of 1000 bottles/hour with modules include cap feeding, bottle feeding, conveyor, filling, labeling, and packaging, which can operate independently as well as connect to each other to create a complete system. Learners can operate, program, and connect the modules within the system..

Keywords: Automated production system, module, automatic filling, teaching, control programming

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngày nay, sự phát triển công nghiệp hóa hiện đại hóa của thế giới và nước ta ngày càng được đẩy mạnh. Tại Việt Nam, các khu công nghiệp ở các thành phố với các nhà máy sản

xuất hiện đại xuất hiện ngày càng nhiều. Trong công nghiệp sản xuất thực phẩm, đồ uống, mỹ phẩm thì các hệ thống chiết rót tự động đã và đang được ngày càng quan tâm và ứng dụng rộng rãi [4].

Nguồn nhân lực có trình độ cao với các kiến thức cập nhật có thể vận hành, bảo trì bảo dưỡng thiết bị sản xuất tự động nói chung và các hệ thống chiết rót tự động nói riêng đang trở nên cấp thiết. Để đáp ứng nhu cầu đó, các trường đại học và các cơ sở đào tạo cần tiến hành thay đổi, cập nhật chương trình đào tạo thường xuyên và đồng thời không ngừng trang bị thêm các máy móc thiết bị, mô hình có tính tự động hóa và tiệm cận hoặc tương đương với thiết bị sản xuất thực tế giúp người học có thể tiếp xúc với thiết bị ngay trong môi trường giảng đường đảm bảo chuẩn đầu ra đã cam kết.

Hệ thống chiết rót tự động là một hệ thống sản xuất tự động được thiết kế theo các modul riêng biệt. Hệ thống này có cấu tạo bao gồm các modul băng tải, cấp chai, cấp nắp, chiết rót, đóng nắp, dán nhãn, đung lốc đảm bảo đầy đủ một quy trình sản xuất nước đóng chai tự động. Ngoài ra, hệ thống này cũng được thiết kế chế tạo với mục đích phục vụ đào tạo các học phần lý thuyết và thực hành tại các trường đại học, qua đó giúp người học có thể tiếp cận cũng như tham gia lập trình, điều khiển, vận hành một hệ thống sản xuất tự động thực tế [2].

2. TÍNH TOÁN THIẾT KẾ CÁC MODUL CỦA HỆ THỐNG CHIẾT RÓT

Để thiết kế một hệ thống chiết rót tự động với năng suất 1000 chai/h. Hệ thống được tính toán theo dạng modul độc lập, mỗi modul có thể hoạt động riêng biệt cũng như kết nối thành hệ thống tự động.

2.1. Modul cấp chai

Bảng 1. Thông số đầu vào modul cấp chai

STT	Thông số đầu vào	Đơn vị	Số lượng
1	Số lượng chai trên băng tải	Cái	100

STT	Thông số đầu vào	Đơn vị	Số lượng
2	Trọng lượng 01 chai	g	100
3	Tổng trọng lượng	kg	10

Chiều cao phễu đảm bảo chai có thể chứa trong phễu không bị rơi ra ngoài. Chiều cao phễu lựa chọn $h_p=330$ mm.

Đường kính phễu chứa [3]:

$$D_p = \frac{V_p}{l} \quad (1)$$

Với V_p là thể tích của phễu.

Thể tích phễu chứa có thể chứa được 100 chai.

$$V_p = 100 \times 330 = 33.000 \text{ ml}$$

Thay vào (1):

$$D_p = \frac{33.000}{33} = 100 \text{ cm} = 1.000 \text{ mm}$$

Đường kính đĩa xoay của hệ thống:

$$D_d = D_p - 2(d_c + d_k) \quad (2)$$

Với D_d : đường kính đĩa xoay;

d_c : đường kính chai, $d_c = 60$ mm;

d_k : khoảng khe hở từ đĩa xoay đến thành phễu, $d_k = 5$ mm.

$$D_d = 1000 - 2.(60+5) = 870 \text{ mm}$$

Chiều cao của đĩa:

$$h_d = \frac{h_p}{3} = \frac{330}{3} = 110 \text{ mm}$$

Với mâm xoay được chế tạo bằng vật liệu thép, khối lượng được xác định.

$$M_{mx} = V_d \times 7,85 \times 10^{-3} \\ = 870 \times 110 \times 7,85 \times 10^{-3} = 7,51 \text{ kg}$$

Công suất cần thiết của động cơ là [1]:

$$N_{ct} = \frac{F.v}{1.000\eta} \quad (3)$$

$$N_{ct} = \frac{(10+7,51) \times 9,8 \times 3,5}{1.000 \times 0,99} = 0,606 \text{ kW}$$

2.2. Modul cấp nắp

Bảng 2. Thông số đầu vào modul cấp nắp

STT	Thông số đầu vào	Đơn vị	Số lượng
1	Số lượng nắp chai trên modul	Cái	100
2	Trọng lượng 01 nắp chai	g	20
3	Tổng trọng lượng	kg	2

Modul cấp nắp đảm bảo cho 100 chai trên băng truyền và số nắp chai dự trữ, số lượng nắp chai trên modul là 200 chiếc. Khối lượng 1 chiếc là 20 g, tổng khối lượng nắp chai là 2 kg.

Chiều dài băng tải được xác định[3]:

$$L_{bt} = \frac{N_1 \times D_c}{Z_1} \quad (4)$$

Với, N_1 : số nắp chai, $N_1=100$;

D_c : đường kính nắp chai, $D_c=28$ mm;

Z_1 : số hàng nắp chai trên băng tải, $Z_1=5$.

$$L_{bt} = \frac{100 \times 28}{5} = 560 \text{ mm}$$

Chiều rộng băng tải được xác định:

$$B = D_c \times Z_2 + 2 \times D_x \quad (5)$$

Với, Z_c : số lắp trên 1 hàng, $Z_c=5$;

D_x : khoảng cách từ nắp chai đến thành, $D_x=10$ mm;

$$B = 28 \times 5 + 2 \times 10 = 160 \text{ mm.}$$

Khối lượng của dải băng tải

$$M_{bt} = B \times h \times L_{bt} \times 1,7 \times 10^{-3} = 0,636 \text{ kg}$$

Công suất cần thiết của động cơ là [1]:

$$N_{ct} = \frac{F.v}{1.000\eta} \quad (6)$$

$$N_{ct} = \frac{(1+0,636) \times 9,8 \times 3,5}{1.000 \times 0,99} = 0,057 \text{ kW}$$

2.3. Modul băng tải đầu vào

Bảng 3. Thông số đầu vào modul băng tải đầu vào

STT	Thông số đầu vào	Đơn vị	Số lượng
1	Số lượng chai trên modul	Cái	100
2	Trọng lượng 01 chai	g	100
3	Tổng trọng lượng	kg	10

Chiều dài băng tải là[3]:

$$L_{btv} = N_c \times d_c \quad (7)$$

Với N_c : số chai $N_c=100$

$$L_{btv} = 60 \times 100 = 6.000 \text{ mm}$$

Lựa chọn con lăn hai đầu băng tải với đường kính $D_{cl} = 50$ mm.

Chiều dài dây đai là:

$$L_d = 2 \times L_{btv} + D_{cl} = 12.100 \text{ mm}$$

Chiều rộng băng tải:

$$B = d_c + 2 \times b_x \quad (8)$$

b_x : khoảng cách từ chai đến thành, $b_x=20$ mm

$$B = 60 + 2 \times 20 = 100 \text{ mm}$$

Chiều dày băng tải chọn $h = 2$ mm.

Khối lượng băng tải:

$$M_{btv} = B \times h \times L_d \times 1,7 \times 10^{-3} = 4 \text{ kg}$$

Công suất cần thiết của động cơ là:

$$N_{ct} = \frac{F.v}{1.000\eta} \quad (9)$$

$$N_{ct} = \frac{(1+4) \times 9,8 \times 3,5}{1.000 \times 0,99} = 0,173 \text{ kW}$$

2.4. Modul băng tải đầu ra

Bảng 4. Thông số đầu vào modul băng tải đầu

STT	Thông số đầu vào	Đơn vị	Số lượng
1	Số lượng chai trên modul	Cái	100
2	Trọng lượng 01 chai	g	600
3	Tổng trọng lượng	kg	60

Chiều dài băng tải là[3]:

$$L_{btr} = N_c \times d_c$$

Với N_c : số chai $N_c=100$

$$L_{btr} = 60 \times 100 = 6.000 \text{ mm}$$

Lựa chọn con lăn hai đầu băng tải với đường kính $D_{cl} = 50 \text{ mm}$.

Chiều dài dây đai là:

$$L_d = 2 \times L_{btr} + D_{cl} = 12.100 \text{ mm}$$

Chiều rộng băng tải:

$$B = d_c + 2 \times b_x$$

b_x : khoảng cách từ chai đến thành, $b_x=20 \text{ mm}$

$$B = 60 + 2 \times 20 = 100 \text{ mm}$$

Chiều dày băng tải chọn $h = 2 \text{ mm}$.

Khối lượng băng tải:

$$M_{btv} = B \times h \times L_d \times 1,7 \times 10^{-3} = 4 \text{ kg}$$

Công suất cần thiết của động cơ là:

$$N_{ct} = \frac{F.v}{1.000\eta} \quad (10)$$

$$N_{ct} = \frac{(60 + 4) \times 9,8 \times 3,5}{1.000 \times 0,99} = 2,22 \text{ kW}$$

2.5. Modul chiết rót

Với năng suất 1.000 chai/giờ, dung tích của chai 500 ml, thời gian chiết rót trung bình 3,6 s/chai. Lưu lượng bơm cần thiết đáp ứng yêu cầu đặt ra là:

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{0,5}{3,6} = 0,1389 \left(\frac{t}{s} \right)$$

Công suất cần thiết của bơm là[1]:

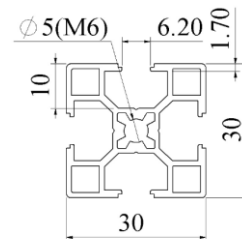
$$P = \frac{Q \times P_{dc}}{102 \times \eta} \quad (11)$$

Với P_{dc} là áp suất bồn chứa, bồn chứa ở mực nước cao nhất là 1m, tương ứng với áp suất bồn $P_{dc}=10 \text{ bar}$.

$$P = \frac{0,1389 \times 1.000}{102 \times 0,8} = 1,7 \text{ kW}$$

2.6. Modul đóng nắp

2.6.1. Khung đỡ cho modul đóng nắp



Hình 1. Kích thước nhôm định hình 30x30

Với modul đóng nắp chai, tải trọng không lớn, tuy nhiên cần độ cứng vững và có thể chịu được môi trường làm việc có nước. Lựa chọn nhôm định hình kích thước 30x30.

Bảng 5. Thông số khung đỡ

Thông số	Kết quả
Vật liệu	Nhôm định hình
Chiều dài khung	360 mm
Chiều rộng khung	250 mm
Chiều cao khung	500 mm

2.6.2. Xilanh bộ nâng hạ

Bỏ qua ma sát, lực chuyển động trên cần pittông được tính như sau [4]:

$$F = p \times A$$

Trong đó:

p: áp suất chất lỏng;

A: diện tích làm việc của cần pittông được tính theo công thức:

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

D: đường kính của pittông, đồng thời là đường kính trong của xilanh.

Đối với khoang cần, diện tích làm việc của pittông được tính theo công thức:

$$A = \frac{\pi \times (D^2 - d^2)}{4}$$

d : đường kính cần pittông.

Thể tích làm việc của xilanh được tính theo công thức

$$V = A.H = \frac{F \times H}{p}$$

H : khoảng chạy của pittông.

Vận tốc chuyển động của pittông phụ thuộc vào lưu lượng Q và diện tích làm việc F của pittông. Nếu không kể đến rò rỉ:

$$V = \frac{Q}{A}$$

Hành trình của xilanh $L_{xl} = 40$ mm

Tải trọng đáp ứng $F = 3$ kg

Áp suất khí nén:

$P = 6$ bar = 6,1183 kgf/cm²

Đường kính xilanh:

$$D = \sqrt{\frac{F \times 4}{p \times p_i}} = \sqrt{\frac{3,4}{6,118 \times 3,14}} = 0,79 \text{ cm} = 7,9 \text{ mm}$$

Theo thông số ở trên và do mô men xoắn của thiết bị vận nấp khi vận nấp chai nên chọn xilanh có: đường kính $D = 10$ mm, hành trình $L_{xl} = 40$ mm.

2.7. Modul dán nhãn

Việc dán nhãn cho các chai sau khi chiết rót và đóng nắp được thực hiện tự động dựa vào ma sát giữa chai và con lăn. Để cuộn nhãn có thể quay được thì lực kéo của động cơ F phải lớn hơn lực ma sát F_{ms} giữa cuộn nhãn và con lăn[4].

$$F_{ms} = m \times g \times \rho \quad (12)$$

m: khối lượng con lăn, $m = 2$ kg;

g: gia tốc trọng trường, $g = 9,8$ m/s²;

ρ : hệ số ma sát giữa con lăn và cuộn nhãn $\rho = 0,2$;

$$F_{ms} = 209,8 \times 0,2 = 39,2 \text{ N.}$$

Chọn lực kéo động cơ $F = 40$ N

Công suất cần thiết của động cơ là:

$$N_{ct} = \frac{F.v}{1.000\eta} \quad (13)$$

$$N_{ct} = \frac{40 \times 3,5}{1.000 \times 0,99} = 0,14 \text{ kW}$$

2.8. Modul đóng lốc sản phẩm

Modul đóng lốc đảm bảo năng suất 1.000 chai/h. Tổng số lốc trên băng tải là 10 tương đương với 60 chai, với tổng khối lượng 36 kg. Các chai sau khi dán nhãn được xếp thành lốc với 6 chai/lốc. Qua hệ thống cơ màng và gia nhiệt để tạo thành lốc sản phẩm.

Chiều dài băng tải trong bộ gia nhiệt $L_{bt} = 1.500$ mm.

Chiều dài xích với đường kính đĩa xích $D_{đx} = 100$ mm là:

$$L_{xht} = 2 \times L_{bt} + D_{đx} = 3.100 \text{ mm}$$

Chiều rộng băng tải $B_{bt} = 340$ mm

Khối lượng băng chuyền:

$$M_{bt} = (B_{xht} \times h_{xht} \times L_{xht} + B_{bt} \times h_{bt} \times L_{bt}) \times 7,87 \times 10^{-6}$$

$$= (3.100 \times 2 \times 10 \times 2 + 3.100 \times 2 \times 340) \times 7,87 \times 10^{-6}$$

$$= 17,56 \text{ kg}$$

Tổng khối lượng bao gồm cả chai nước là:

$$M_T = 36 + 17,56 = 53,56 \text{ kg}$$

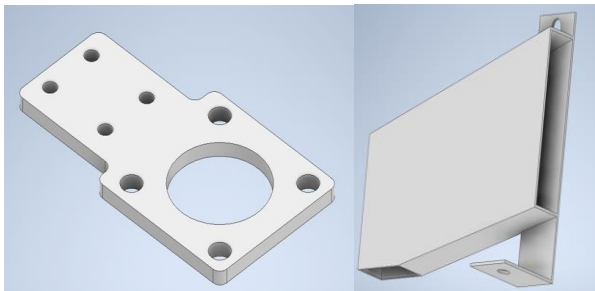
Công suất cần thiết của động cơ là:

$$N_{ct} = \frac{F.v}{1.000\eta} \quad (14)$$

$$N_{ct} = \frac{53,56 \times 9,8 \times 3,5}{1.000 \times 0,94} = 1,95 \text{ kW}$$

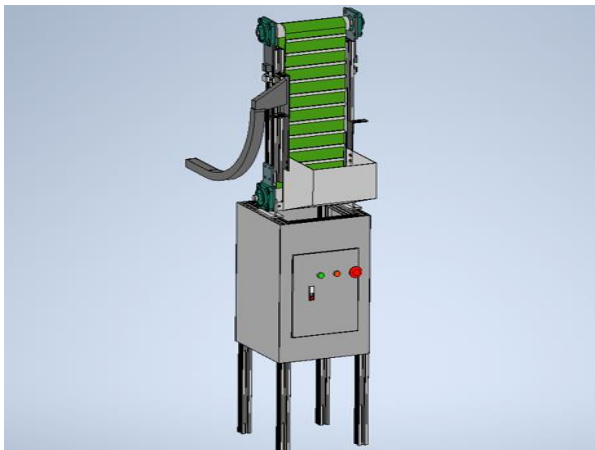
3. MÔ HÌNH HÓA THIẾT BỊ

Hệ thống chiết rót được mô hình hóa và mô phỏng trên môi trường số, qua đó kiểm tra quá trình hoạt động giúp giảm sai sót và chi phí khi chế tạo. Hệ thống được mô hình hóa từng chi tiết theo đúng các thông số đã tính toán, thiết kế [8, 10].

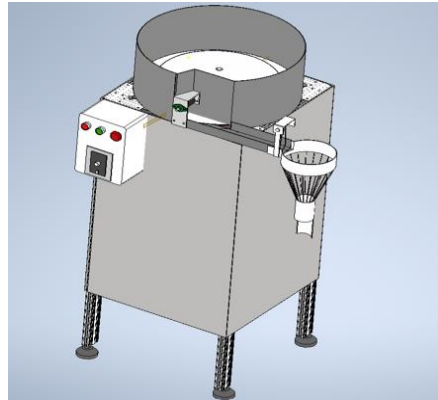


Hình 2. Mô hình hóa các chi tiết

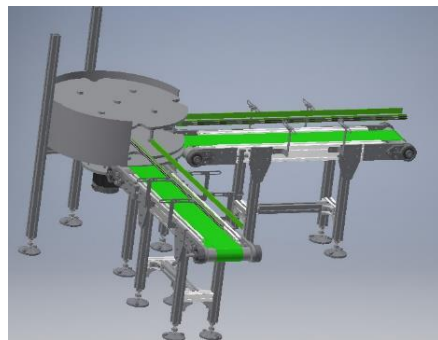
Các chi lắp ráp theo các modul, sau đó lắp ghép thành hệ thống hoàn chỉnh.



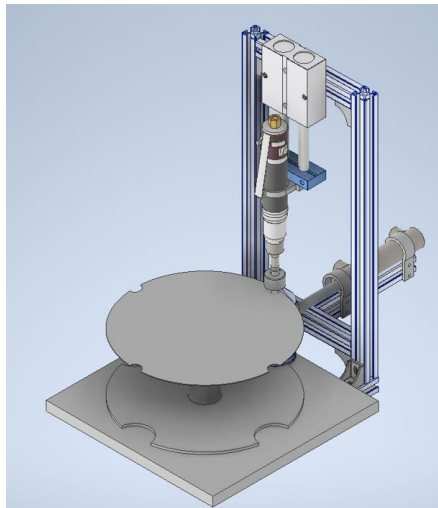
Hình 3. Mô hình hóa modul cấp nắp



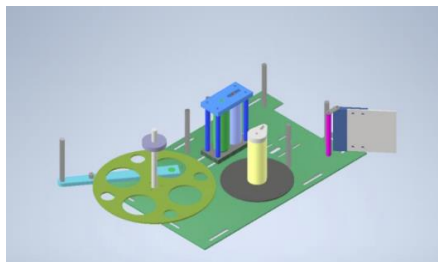
Hình 4. Mô hình hóa modul cấp chai



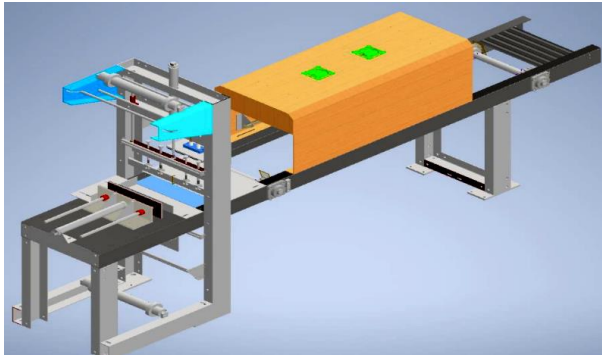
Hình 5. Modul chiết rót và băng tải



Hình 5. Modul đóng nắp



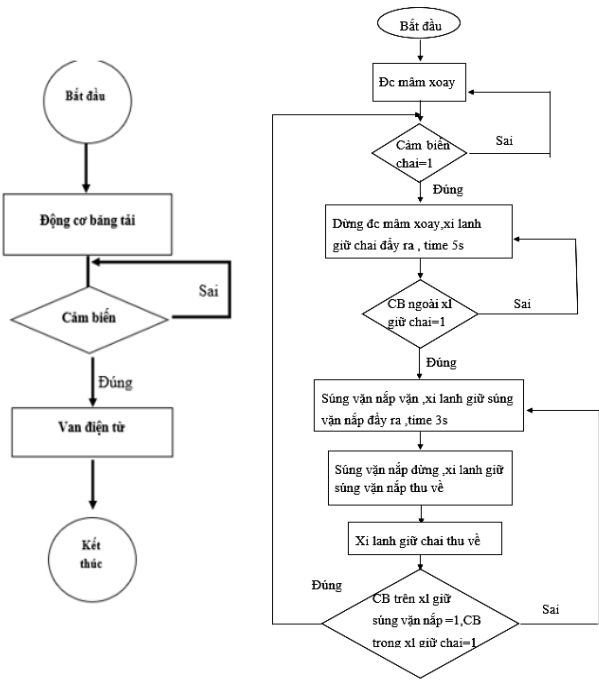
Hình 6. Mô hình hóa modul dán nhãn



Hình 7. Mô hình hóa modul đóng lốc

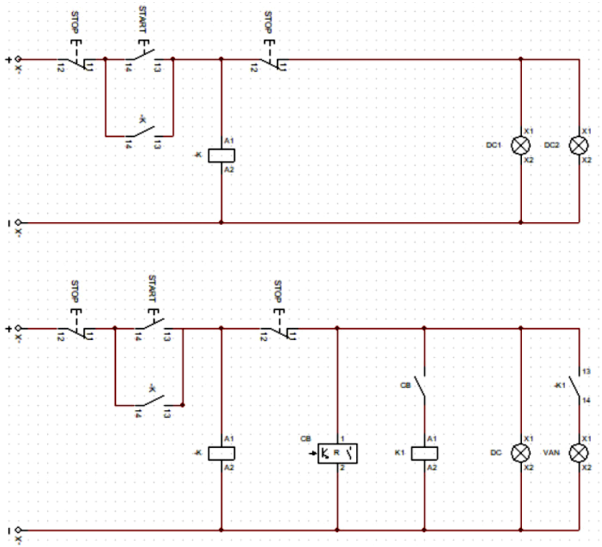
4. THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN [6]

Các bộ điều khiển được thiết kế theo dạng modul giúp cho thiết bị có thể hoạt động độc lập cũng như riêng lẻ từng modul. Với các modul này, xây dựng các bài toán điều khiển riêng lẻ nhằm hỗ trợ công tác giảng dạy các học phần về tự động hóa quá trình sản xuất, điều khiển tự động cũng như lập trình thực hành tại các trường đại học.

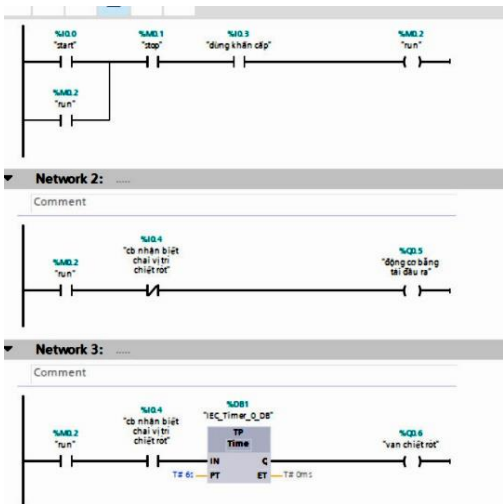


Hình 8. Sơ đồ điều khiển cho các modul

Với các lưu đồ thuật toán của các chương trình và thiết bị điều khiển có thể sử dụng kết hợp điều khiển cứng (dùng các role) và điều khiển mềm PLC [6].



Hình 9. Sử dụng mạch điều khiển cứng



Hình 10. Mạch điều khiển mềm dùng PLC

5. CHẾ TẠO HỆ THỐNG CHIẾT RÓT TỰ ĐỘNG THEO MODUL

Hệ thống chiết rót tự động được thiết kế, chế tạo theo dạng modul. Các modul này được chế tạo, thử nghiệm và hiệu chỉnh một các độc lập, nó có thể hoạt động riêng lẻ theo các chương trình điều khiển và có thể kết nối để trở thành một hệ thống hoạt động tự động. Sau khi hiệu chỉnh, hệ thống được thử nghiệm đạt năng suất 1.000 chai/h theo yêu cầu đặt ra. Ngoài ra, hệ thống này cũng được lập trình và nạp chương trình theo từng các modul để phục vụ công tác giảng dạy.



Hình 11. Modul chiết rót và băng tải



Hình 12. Modul dán nhãn



Hình 13. Modul đóng nắp

6. KẾT LUẬN

Thiết kế, chế tạo thành công một hệ thống chiết rót tự động với năng suất 1.000 chai/h bao gồm các modul cấp nắp, cấp chai, băng tải, chiết rót, dán nhãn, đóng lốc.

Xây dựng các bài toán điều khiển theo dạng modul có thể lập trình và thay đổi các dữ liệu phục vụ công tác giảng dạy các học phần lý thuyết và thực hành tại các trường đại học.

Kết quả nghiên cứu trình bày trong bài báo này sẽ là một định hướng tốt các giải pháp sản xuất tự động cũng như giảng dạy và học tập.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Trịnh Chất, Lê văn Uyển, Tính toán thiết kế hệ dẫn động cơ khí - Tập 1, Trang 3-19, 50-231, NXB Giáo dục Việt Nam, (2012).
- [2] Nguyễn Phương, Nguyễn Thị Hương Giang, Cơ sở tự động hóa trong ngành cơ khí, Trang 164-189, NXB Khoa học và Kỹ thuật, (2005).
- [3] Châu Mạnh Lực, Phạm Văn Song, Trang bị công nghệ và cấp phối tự động, Trang 12-67, Trường Đại học Đà Nẵng, (2003).
- [4] Trần Văn Địch, Trần Xuân Việt, Nguyễn Trọng Doanh, Lưu Văn Nhang, Tự động hóa quá trình sản xuất, Trang 3-16, 378-383, NXB Khoa học và Kỹ thuật, (2001).
- [5] Trịnh Kiều Tuấn, Nguyễn Văn Mùi, Phạm Trung Thiên, Tài liệu học tập điều khiển tự động, Trang 13-116, Tài liệu số Uneti, (2019).
- [6] Phạm Trung Thiên, Nguyễn Hữu Quang, Nguyễn Tiến Dũng, Tài liệu học tập Cơ sở thiết kế hệ thống cơ điện tử, Trang 59-198, Tài liệu số Uneti (2021).
- [7] Nguyễn Tuấn Hưng, Trịnh Kiều Tuấn, Phan Trọng Đức, Tài liệu học tập thực tập kỹ thuật thiết kế cơ khí nâng cao, Trang 25-201, Tài liệu số Uneti, (2018).
- [8] Đỗ Kiến Quốc, Giáo trình Sức bền vật liệu, NXB Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh, Trang 20-298, (2007).
- [9] Phạm Quang Thắng, Bài giảng Inventor Cơ bản-Nâng cao, Trang 1-103, Đại học Nông Lâm Thành Phố Hồ Chí Minh, (2017).

Thông tin liên hệ: **Nguyễn Văn Mùi**

Điện thoại: 0912878799 - Email: nvmui@uneti.edu.vn

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