

THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO HỆ THỐNG BĂNG TẢI NGHIÊNG CHÂN KHÔNG VẬN CHUYỂN SẢN PHẨM LÊN CAO CÓ ĐỘ DỐC LỚN

DESIGNING AND MANUFACTURING INCLINED VACUUM CONVEYOR SYSTEM FOR TRANSPORTING PRODUCT TO HIGH AND TILTED SURFACE

Võ Như Thành*

Trường Đại học Bách khoa – Đại học Đà Nẵng, Đà Nẵng, Việt Nam¹

*Tác giả liên hệ / Corresponding author: vnthanh@dut.udn.vn

(Nhận bài / Received: 06/02/2023; Sửa bài / Revised: 27/4/2023; Chấp nhận đăng / Accepted: 08/5/2023)

Tóm tắt - Bài báo này trình bày về quá trình nghiên cứu, thiết kế, chế tạo băng tải nghiêng kết hợp hệ thống hút chân không. Các sản phẩm được vận chuyển từ băng tải đầu vào với công suất khoảng 120 sản phẩm/phút và phải được đưa lên vị trí cao hơn 1,0 mét so với băng tải đầu vào và cho công suất đầu ra tương đương là 120 sản phẩm/phút. Cơ cấu truyền động bao gồm 2 phần là phần vận chuyển của băng tải và phần cơ cấu tạo lực hút theo nguyên lý chênh lệch vận tốc dòng khí vào và ra khỏi một khoang kín có rãnh hẹp. Toàn bộ hệ thống được điều khiển bằng bộ PLC Mitsubishi FX3G và Board mạch Arduino Nano. Kết quả thực nghiệm cho thấy, hệ thống đáp ứng tốt được yêu cầu thiết kế với các sai số không đáng kể. Khối lượng sản phẩm yêu cầu ban đầu là đến 200 gram nhưng hệ thống đáp ứng được lên đến 300 gram do sử dụng cơ cấu hút có công suất lớn hơn so với tính toán.

Từ khóa - Băng tải nghiêng; Hút chân không; PLC Mitsubishi FX3G; Arduino Nano.

1. Đặt vấn đề

Trong hầu hết các dây chuyền sản xuất tự động trong công nghiệp, công đoạn phân loại, sắp xếp theo nhiều tiêu chí khác nhau rất quan trọng. Để đáp ứng nhu cầu đó, việc kết hợp các cơ cấu cơ khí truyền thống như băng tải kết hợp ứng dụng các kỹ thuật tiên tiến nhằm tự động hóa hoàn toàn, thay thế sức lao động của con người là hết sức quan trọng cũng như góp phần nâng cao chất lượng và năng suất của các hệ thống vận chuyển sản phẩm [1].

Trong công đoạn vận chuyển sản phẩm thì băng tải đóng vai trò quan trọng và mang tính ứng dụng cao. Băng tải đang được ứng dụng rất nhiều trong công nghiệp hiện đại nói chung và công nghiệp đóng gói sản phẩm nói riêng. Sự có mặt của băng tải giúp tiết kiệm được thời gian, công sức, kinh phí đầu tư cho các hệ thống cũng như linh hoạt hóa các công đoạn đóng gói sản phẩm đòi hỏi độ chính xác và yêu cầu về mặt thẩm mỹ sau khi vận chuyển [2].

Băng tải công nghiệp ứng dụng trong công nghiệp cần phải đạt được những yêu cầu như mức độ hoạt động liên tục với công suất lớn nên cần đạt được các yêu cầu thiết kế, chế tạo phù hợp. Các loại băng tải khác nhau có những ưu và nhược điểm khác nhau phù hợp với nhiều ứng dụng khác nhau trong thực tế sản xuất [1].

Băng tải cao su có khả năng chịu nhiệt, sức tải lớn. Hệ thống băng chuyền bằng băng tải cao su là hệ thống vận chuyển nguyên liệu mang lại hiệu quả kinh tế rất cao so với

Abstract - This article presents the design and manufacturing process of inclined conveyor combined with vacuum system. Products are transported from the inlet conveyor at a high speed of 120 products/min and must be moved to a position approximately 1.0 meters above the inlet conveyor and give an equivalent output capacity of 120 products/minute. In this system, the transmission mechanism consists of two parts, which is the conveying part of the conveyor belt and the second part is the mechanism that generates the suction force according to the principle of air vacuum. The whole system is controlled by Mitsubishi FX3G PLC and Arduino Nano. Experimental results show that the system meets the design requirements with negligible errors. The initial required product volume is up to 200 grams, but the system can meet up to 300 grams due to the suction mechanism using a vacuum with a larger capacity than calculated.

Key words - Inclined conveyor; Vacuum; PLC Mitsubishi FX3G; Arduino Nano.

các hệ thống cùng chức năng. Hệ thống vận chuyển nguyên liệu bằng băng tải cao su có thể được lắp đặt ở nhiều địa hình, nhiều khoảng cách khác nhau [3].

Băng tải xích có đáp ứng khá tốt trong ứng dụng tải dạng chai, sản phẩm cần độ vững chắc. Băng tải xích chủ yếu được sử dụng để vận chuyển tải nặng đơn vị, ví dụ như tấm nâng hàng, hộp lưới điện, và các đồ chứa công nghiệp. Những băng tải có thể được một hoặc hai sợi dây chuyền trong cấu hình. Tải được đặt trên các dây chuyền, ma sát kéo tải phía trước [4].

Băng tải con lăn bao gồm các loại điển hình như băng tải con lăn nhựa, băng tải con lăn nhựa PVC, băng tải con lăn thép mạ kẽm, băng tải con lăn truyền động bằng motor. Băng tải con lăn là giải pháp phù hợp để vận chuyển sản phẩm với trọng lượng từ nhẹ, trung bình đến rất nặng, trong các môi trường thông thường đến các môi trường có hóa chất ăn mòn, bụi bặm [5].

Băng tải đứng phù hợp với ứng dụng vận chuyển hàng hóa theo phương hướng lên thẳng đứng. Băng tải đứng cũng thường được gọi là thang máy vận chuyển hàng hóa. Loại băng tải này chủ yếu dùng để vận chuyển các sản phẩm hàng hóa dạng hộp từ vị trí thấp lên vị trí cao hơn theo phương thẳng đứng [6].

Băng tải PVC là loại băng tải cực kỳ thông dụng đặc biệt là ứng dụng trong ngành công nghiệp điện tử. Nó được các công ty, tập đoàn điện tử lớn của Hàn Quốc, Nhật Bản

¹ The University of Danang - University of Science and Technology, Danang, Vietnam (Vo Nhu Thanh)

sử dụng nhiều cho các dây chuyền sản xuất của mình. Băng tải PVC có ưu điểm là độ bền cao đi cùng giá thành rẻ nên được sử dụng rộng rãi nhất hiện nay [2].

Băng tải linh hoạt (băng tải con lăn xếp) được sử dụng để vận chuyển các mặt hàng ở những không gian nhỏ hẹp một cách thuận tiện. Đặc biệt, nhờ khả năng co giãn, thay đổi chiều dài mà khả năng vận chuyển trở lên linh hoạt và dễ dàng hơn khi thay đổi vị trí lắp đặt băng tải ở các ứng dụng khác nhau [5].

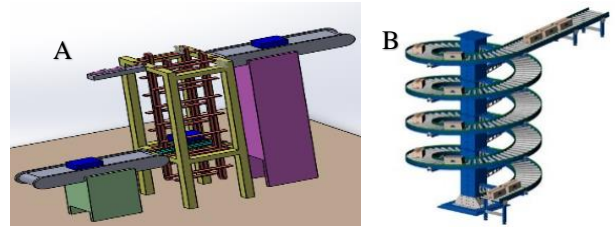
Ngoài ra, còn có một số loại băng tải đặc biệt khác như: Băng tải góc cong, băng tải xoắn ốc, băng tải rung, băng tải nhiệt, băng tải PU,... Trong nghiên cứu này theo yêu cầu thiết kế của công ty có các số liệu và dữ liệu ban đầu theo yêu cầu như sau:

- Băng tải vận chuyển hộp sản phẩm có kích thước: Rộng 60-100mm x dài 100-150mm x cao 25-50 mm; Trọng lượng mỗi sản phẩm từ 100 gram đến 200 gram.
- Các sản phẩm được sắp xếp không dính nhau.
- Khả năng vận chuyển từ độ cao 500mm đến 1500mm.
- Cấu tạo của băng chuyền là tự do (con lăn hoặc băng tải đều được).
- Khoảng cách giữa các sản phẩm là ngẫu nhiên và hạn chế không sử dụng thiết bị điều khiển.
- Đầu vào băng tải có tốc độ 120 sản phẩm/phút, công suất đầu ra 120 sản phẩm/phút.
- Không được sử dụng cơ cấu chặn/giữ sản phẩm lại rồi thả ra. Không sử dụng băng tải gập do có thể gây hiện tượng dồn các sản phẩm
- Yêu cầu các sản phẩm không bị rách, hư hỏng trong quá trình vận chuyển.
- Sử dụng càng ít động cơ càng tốt.
- Độ nghiêng vận chuyển của băng tải nghiêng có thể lên đến 70 độ.

2. Lựa chọn phương án và tính toán thiết kế

2.1. Phương án thiết kế và lựa chọn

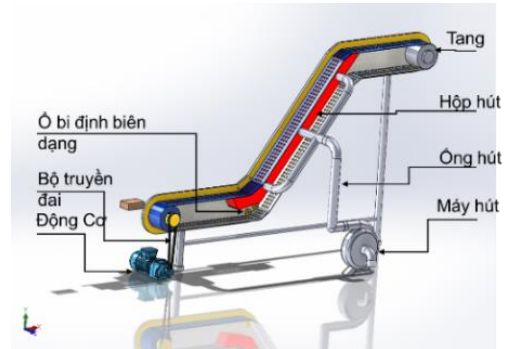
Phương án thiết kế 1 ở Hình 2(A) sử dụng cơ cấu nâng thẳng đứng và xylanh để đẩy sản phẩm tới băng chuyền tiếp theo. Hệ thống có các cảm biến quang để ngắt nhịp băng tải sao cho sản phẩm đầu ra có khoảng cách đều.



Hình 2. Phương án thiết kế 1(A) dùng cơ cấu nâng và phương án thiết kế 2(B) dùng băng tải xoắn ốc

Phương án thiết kế 2 ở Hình 2(B) sử dụng băng tải khung hình xoắn ốc. Thông qua các con lăn ở trên băng tải trung gian để vận chuyển vật lên trên cao.

Phương án thiết kế 3 sử dụng cơ cấu hút dưới băng tải nghiêng sao cho khi vật đi lên dốc sẽ được hút bám vào băng tải.

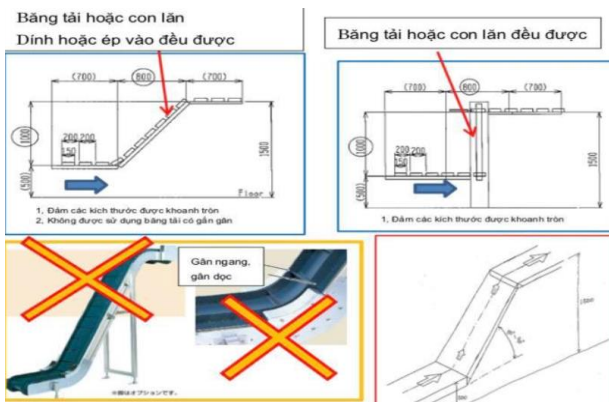


Hình 3. Phương án băng tải nghiêng chân không

Sản phẩm sau khi đi qua phần đầu vào phẳng thì sẽ được hút bám sát vào băng tải và tiếp tục di chuyển đến phần nghiêng để đi lên với độ cao 1m với góc nghiêng là từ 50° đến 70°. Chọn phương án thiết kế dựa vào các phân tích ưu điểm và nhược điểm ở Bảng 1 sau.

Bảng 1. Ưu và nhược điểm các phương án thiết kế

Thiết kế	Ưu điểm	Nhược điểm
Phương án 1	- Dễ dàng đưa vật phẩm lên cao. - Khoảng cách giữa các vật đều nhau.	- Kết cấu cơ khí và điều khiển phức tạp. - Công suất đầu ra không cao. Khó đạt năng suất yêu cầu.
Phương án 2	- Đáp ứng được đưa vật lên cao. - Cấu trúc cơ khí không quá phức tạp. - Tiết kiệm diện tích.	- Khoảng cách các vật đầu vào và đầu ra khác nhau. - Chiếm nhiều không gian. Thời gian trễ nhiều. Lực ly tâm lớn dễ làm văng sản phẩm. - Dễ gây hiện tượng trượt sản phẩm dẫn đến kẹt hệ thống.
Phương án 3	Kết cấu đơn giản hơn, quãng đường vận chuyển không quá dài. Đạt năng suất và chất lượng sản phẩm như yêu cầu.	Kết cấu cơ khí tương đối phức tạp. Hệ thống hút chân không có tính phi tuyến lớn.



Hình 1. Yêu cầu của nghiên cứu

Do đó, để giải quyết vấn đề trên, nhóm tác giả đã tiến hành tìm hiểu, nghiên cứu, áp dụng những kiến thức về cơ khí, điện tử và lập trình để thiết kế thành công hệ thống băng tải vận chuyển sản phẩm lên cao với bề mặt có độ dốc lớn. Hệ thống được yêu cầu hoạt động với độ tin cậy và chính xác tốt, có khả năng tùy chỉnh để phù hợp với nhiều loại sản phẩm khác nhau. Đáp ứng được các yêu cầu đặt ra mà quan trọng nhất là công suất vận chuyển 120 sản phẩm/phút.

Thông qua việc đánh giá ưu điểm, nhược điểm, tính khả thi và hiệu năng của mỗi phương án. Nhóm nghiên cứu đã quyết định lựa chọn phương án 3 để thực hiện vì các lý do sau:

Phương án 1 thời gian vận chuyển bằng cơ cấu nâng và xylanh đẩy cho công suất thấp và dễ gây hiện tượng lật sản phẩm dẫn đến bị hư hỏng sản phẩm. Phương án 2 nếu sử dụng con lăn và chiều dài băng tải lớn dẫn đến thời gian chờ sẽ lâu, để bù đắp thì phải tăng tốc độ vận chuyển lên nhiều lần trên băng tải xoắn dẫn đến việc dễ bị trượt và dón sản phẩm. Còn phương án 3 thì có các ưu điểm sau:

- Hệ thống đơn giản, dễ chế tạo hơn.
- Đáp ứng được những yêu cầu của nghiên cứu về góc nghiêng lớn, quãng đường vận chuyển sản phẩm không quá dài.
- Dễ dàng lập trình cho chương trình điều khiển.
- Giải quyết được vấn đề về công suất sản phẩm vận chuyển là 120 sản phẩm/phút vì chủ yếu phụ thuộc vào tốc độ của băng tải.
- Có thể vận chuyển đa dạng sản phẩm.
- Tuy nhiên, việc bố trí động cơ ở phía dưới không hợp lý, do đó động cơ được điều chỉnh đưa lên phía trên cao để kéo băng tải nhằm đảm bảo hiệu suất như thể hiện ở Hình 7.

3. Tính toán thiết kế

3.1. Tính toán lựa chọn động cơ băng tải

Công suất luôn là yếu tố cần phải xác định trước tiên khi tính toán chọn động cơ cho băng tải. Công suất này là tổng hợp của các thành phần cơ bản sau:

- Công suất cần thiết để chạy không tải.
- Công suất cần thiết để di chuyển vật trên băng tải.
- Công suất cần thiết để thắng lực ma sát.

Tổng hợp của 2 thành phần đầu là công suất cần thiết để chạy băng tải. Tính công suất động cơ:

$$N_{ct} = \frac{N}{\eta} \quad (1)$$

Trong đó, N_{ct} là công suất cần thiết cho động cơ (W), N là công suất trên băng tải (W), η là hiệu suất chung của băng tải.

Xác định công suất N (W):

$$N = Fv \quad (2)$$

Trong đó, F là lực kéo của băng tải (N), v là vận tốc lớn nhất của băng tải (0.6 m/s) để đáp ứng yêu cầu công suất 120 sản phẩm/phút.

Lực kéo băng tải [7]:

$$F = mkg \quad (3)$$

Trong đó, m là khối lượng tối đa trên băng tải 6 kg (bao gồm dây đai và sản phẩm), k là hệ số an toàn được chọn bằng 1.5, g là gia tốc trọng trường là 10m/s², f là hệ số ma sát giữa sản phẩm và băng tải 0.1 [1].

Suy ra:

$$N = Fv = 54 \text{ (W)} \quad (4)$$

Hiệu suất chung của hệ thống là

$$\eta = \eta_d \cdot \eta_{ol}^2 = 0,95 \times 0,99^2 = 0,931$$

Trong đó, η_d : Hiệu suất bộ truyền đai; η_{ol} : Hiệu suất ổ lăn.

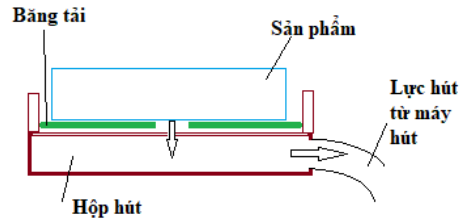
Công suất cần thiết của động cơ là:

$$N_{ct} = \frac{54}{0,931} = 58 \text{ (W)} \quad (5)$$

Để phù hợp với yêu cầu đã được tính toán, tác giả chọn động cơ AC tích hợp hộp giảm tốc công suất 100W loại GV18-100W-10S, tỉ số truyền 1/10, tốc độ ~140 vòng/phút.

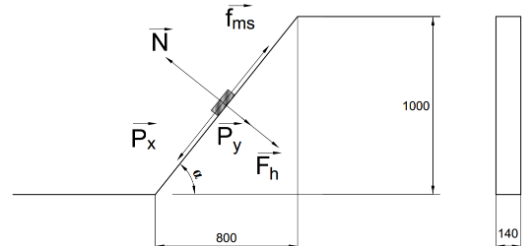
Vận tốc băng tải tối thiểu theo yêu cầu là 0,6 m/s tương đương 36 m/phút và đường kính tang băng tải thiết kế là 100 mm, để đảm bảo độ chính xác và tránh dao động rung lắc tác giả chọn bộ truyền đai răng với tỉ số truyền giữa trục động cơ và trục tang băng tải là 1:1. Từ đó suy ra được tốc độ tối thiểu của động cơ là 115 vòng/phút, do đó động cơ được chọn với 140 vòng/phút là đáp ứng yêu cầu.

3.2. Tính chọn công suất máy hút



Hình 4. Nguyên lý hút chân không sản phẩm

Hình 4 thể hiện nguyên lý hút chân không để sản phẩm bám chặt vào băng tải nhằm tránh tình trạng bị rớt, trượt khi di chuyển ở bề mặt có góc nghiêng lớn. Trong Hình 5, P_x , P_y là tác động của trọng trường theo phương băng tải và vuông góc băng tải, F_h là lực hút cần thiết, N là phản lực của vật trên băng tải, f_{ms} là lực ma sát, α là góc nghiêng của băng tải.



Hình 5. Sơ đồ lực phân tích lực hút từ bề mặt băng tải

Để vật không bị trượt trên mặt đai như Hình 5 thì

$$f_{ms} > P_x \quad (6)$$

Mà $f_{ms} = \mu \cdot N$, với $\mu = 0,1$ là hệ số ma sát của đai thì

$$\mu N > P_x \quad (7)$$

$$\Leftrightarrow \mu(P_y + F_h) > P_x \quad (8)$$

với F_h là lực hút cần tìm. Với $\mu = 0,1$, ta có

$$P_y + F_h > 10 \cdot P_x \quad (9)$$

Lực hút cần thiết là

$$F_h > 10P_x - P_y = 10mgsina - mgcosa = 14,1 \text{ (N)} \quad (10)$$

Khối lượng vật lớn nhất $m = 200$ gram, góc α lớn nhất theo thiết kế là 70° . Chọn F_h bằng 15N để tính toán các bước tiếp theo.

Áp suất tác dụng lên mỗi sản phẩm (kích thước 100mm×150mm×30 mm) là

$$P = \frac{F_h}{S} = \frac{15}{0,015} = 1000 \left(\frac{N}{m^2} \right) \quad (12)$$

Phần đai nghiêng có thể chứa tối đa 13 hộp cùng 1 lúc,

khí đó áp suất P_h mà hệ thống hút tạo ra để giữ sản phẩm, ta có

$$P_h = 1000 \times 13 = 13000 \text{ (N/m}^2\text{)} \quad (13)$$

Thể tích phần hộp hút chiều dài 1500mm như thể hiện ở Hình 6 được tính gần đúng với tiết diện 50mmx80mm và khe hở 2mm là

$$V_{hộp} = 1,500 \times 0,05 \times 0,08 = 0,006 \text{ (m}^3\text{)} \quad (14)$$

Thể tích đường ống cơ cấu hút với chiều dài ống tạm tính là 2500 mm có bán kính ống hút là 50 mm (Hình 6) là

$$V_{ống} = 2,5\pi R^2 \quad (15)$$

$$\Rightarrow V_{ống} = \pi \times 0,05^2 \times 2,5 = 0,020 \text{ (m}^3\text{)}$$

Tổng thể tích hút V_h là

$$V_h = V_{hộp} + V_{ống} = 0,026 \text{ (m}^3\text{)} \quad (16)$$

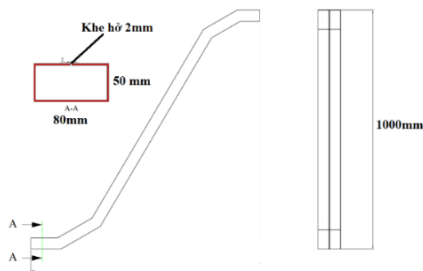
Do cơ cấu hút sử dụng 2 lỗ hút nên mỗi lỗ hút sẽ hút lưu lượng bằng thể tích cả cơ cấu nên lượng khí hút ra trong 1 giây có thể lấy bằng 2 lần thể tích các bộ phận ống dẫn và hộp hút như ở Hình 7.

$$Q = 2V_h = 0,052 \text{ (m}^3\text{/s)} \quad (17)$$

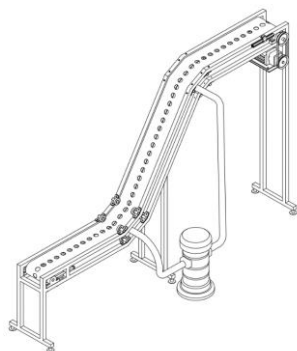
Từ đó, công suất hút của động cơ hút có thể tính là

$$N_h = P_h Q_h = 13000 \times 0,052 = 676 \text{ (W)} \quad (18)$$

Để bù lượng khí bị thoát đi nhiều do cấu trúc cơ khí chưa được gia công nên hệ thống lựa chọn chọn máy hút có công suất hút 1000W trở lên. Ở nghiên cứu này sử dụng máy hút bụi Hitachi cv-sh20v công suất 2000W.



Hình 6. Cấu tạo hộp hút chân không



Hình 7. Mô hình băng tải hút chân không

Tiết diện của lỗ hút của máy hút là $A_{mh} = \pi \cdot R^2 = 3,14 \times 0,05^2 = 0,00785 \text{ (m}^2\text{)}$, do đó để lực hút máy hút không thay đổi quá nhiều thì tiết diện khe hút phải nhỏ hơn A_{mh} , với chiều dài hộp hút là 1,5m thì

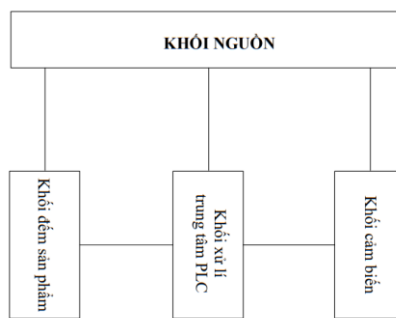
$$A_{khe} = rd = r \times 1,5 < 0,00785 \Rightarrow r < 0,0052 \text{ (m)} \quad (18)$$

Để tạo lực hút phù hợp và trừ bớt hao tổn nhiều do đặc tính khí động học phức tạp của dòng khí và quá trình chạy của băng tải thì một hộp chân không bằng thép tiết diện

50x80 mm được bịt kín 2 đầu và có khe hở nhỏ 2 mm như trên Hình 6 được đặt bên dưới hệ thống băng tải như ở Hình 7, trên hộp hút có 2 lỗ tròn đường kính 44 mm được gắn với máy hút để tạo lực hút như nguyên lý máy hút bụi.

Đai PVC của băng tải có bề rộng 180mm và dày 2mm được khoét các lỗ tròn nhỏ ở chính giữa có đường kính khoảng 40mm cách đều nhau với khoảng cách giữa 2 tâm liền kề khoảng 100mm để tạo ra lực hút dính các sản phẩm tránh bị trượt xuống khỏi băng tải như nguyên lý thể hiện ở Hình 4. Khung giá đỡ sử dụng thép hộp 30 x 30 mm gia công liền kết với nhau bằng phương pháp hàn.

3.3. Thiết kế hệ thống điện điều khiển

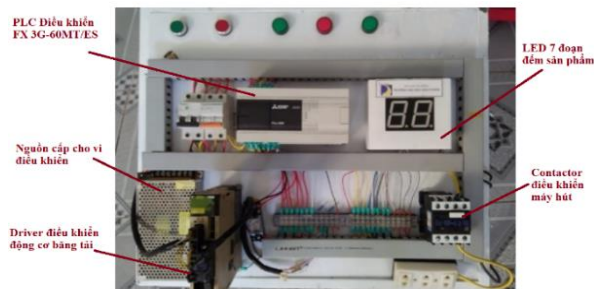


Hình 8. Các khối kỹ thuật trong hệ thống

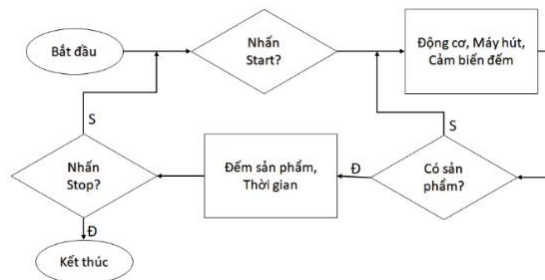
Khối nguồn sử dụng nguồn điện xoay chiều 220VAC – 50Hz để cấp nguồn cho động cơ AC, máy hút và nguồn 24VDC để cung cấp điện cho cảm biến, PLC và các thiết bị khác.

Khối xử lý trung tâm với bộ điều khiển khả lập trình PLC FX 3G-60MT/ES để điều khiển toàn hệ thống. PLC nhận tín hiệu, xử lý và điều khiển cơ cấu chấp hành [8].

Khối cảm biến sử dụng cảm biến lazer để thu thập dữ liệu gửi về khối xử lý trung tâm. Mạch Arduino nhận tín hiệu từ PLC thực hiện đếm và hiển thị số lượng sản phẩm theo nguyên lý quét LED dùng IC74HC595 và hiện thị trên 2 LED 7 đoạn số lượng sản phẩm. Mạch nhận tín hiệu đếm và reset từ PLC thông qua 2 chân D10 và D12 của Arduino.



Hình 9. Ảnh chụp thực tế của hệ thống điều khiển



Hình 10. Lưu đồ thuật toán của chương trình chính



Hình 11. Ảnh chụp thực tế của hệ thống băng tải

Từ sơ đồ kỹ thuật ở Hình 8, nhóm nghiên cứu đã thiết kế hệ thống điều khiển điện như thể hiện trong Hình 9. Chương trình của hệ thống được mô tả như trong lưu đồ thuật toán ở Hình 10 tương ứng với 2 nút điều khiển “Start” và “Stop” để bắt đầu chạy hệ thống hoặc dừng hệ thống. Mô hình thực tế được chế tạo như được thể hiện ở Hình 11.

4. Kết quả và thảo luận và hướng phát triển

4.1. Kết quả và thảo luận

Sau khi hoàn tất mô hình hệ thống và tiến hành chạy thử với các sản phẩm cần vận chuyển là hộp carton kích thước 100mm×150mm×30 mm được cấp liên tục ở phần đầu phẳng của băng tải theo chiều dọc. Sau 4 lần chạy thử nghiệm cho mỗi loại sản phẩm lần lượt có trọng lượng tăng dần từ 100 gram đến 400 gram, mỗi lần chạy thử nghiệm với 20 sản phẩm có cùng trọng lượng. Nhóm nghiên cứu có những kết quả và thảo luận như sau:

- Hệ thống hoạt động đúng yêu cầu đưa sản phẩm lên cao 1000 mm. Công suất vận chuyển đầu ra đạt được năng suất khoảng 120 sản phẩm/phút và có thể nâng cao thêm năng suất bằng việc điều chỉnh tốc độ của băng tải lên cao hơn.

- Có một số trường hợp sản phẩm bị trễ tại điểm tiếp xúc uốn cong khi đi lên phần nghiêng của băng tải chân không trong trường hợp sản phẩm có khối lượng 300 gram trở lên. Tổng cộng khoảng 6,25% có bị trễ ở trong các lần chạy đối với sản phẩm có khối lượng 300 gram.

- Khối lượng sản phẩm vận chuyển yêu cầu là 200 gram nhưng khi thử nghiệm có thể vận chuyển lên đến 300 gram do máy hút sử dụng trong thực nghiệm có công suất lớn hơn tính toán. Khi thử nghiệm với sản phẩm 350 gram và 400 gram thì không đưa lên được.

- Thành công của nghiên cứu giúp hỗ trợ tốt hơn công đoạn đóng gói sản phẩm, dán nhãn, ... trong các dây chuyền sản xuất và đóng gói.

4.2. Hướng phát triển

Sử dụng máy hút chuyên dụng có công suất lớn và có thể điều chỉnh lực hút để vận chuyển được đa dạng sản phẩm hơn. Sử dụng động cơ có công suất lớn và tốc độ nhanh kết hợp với các bộ điều khiển theo sai lệch như PID (vi phân-tích phân-tỉ lệ) hơn để đáp ứng về mặt tốc độ và độ chính xác cao hơn cho băng tải [9] – [11]. Thiết kế và hoàn thiện kết cấu cơ khí có khả năng đóng mở linh động cũng như tăng giảm độ rộng khe hở để gia tăng áp suất hút

tốt hơn nhằm giảm thiểu sai số và đảm bảo độ cứng vững để hệ thống có thể hoạt động trong thời gian lâu dài.

5. Kết luận

Hệ thống băng tải chân không được thiết kế, chế tạo và ứng dụng thành công trong việc giải quyết bài toán vận chuyển vật lên cao với mặt phẳng có độ nghiêng lớn. Trong giới hạn nghiên cứu này chỉ vận chuyển 1 chiều là đi lên, tuy nhiên khi cần vận chuyển hướng xuống nhưng tránh tình trạng lật và trượt thì băng tải chân không này vẫn ứng dụng tốt như thể hiện ở phần tính toán lực hút cần thiết để chống trượt ở Mục 3.2. Đây là nguyên mẫu đầu tiên và phân gia công cơ khí vẫn mang tính thủ công nên vẫn còn một vài hạn chế như hiện tượng lệch tải, tiếng ồn lớn từ hệ thống. Tuy nhiên, các tác giả khẳng định trong giới hạn hiểu biết của mình nghiên cứu này có tính sáng tạo mới, việc ứng dụng nguyên lý hút chân không vào băng tải trong vận chuyển các sản phẩm có độ nghiêng lớn chưa có nghiên cứu nào được công bố tính đến thời điểm nghiên cứu này được báo cáo.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi công ty Sunfield, Nhật Bản và sự giúp đỡ của kỹ sư Lê Quốc Vương và Hoàng Đình Tiến trong quá trình chế tạo và thực nghiệm hệ thống.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] P. M. McGuire, *Conveyors: Application, Selection, and Integration* (1st ed.), 2009, CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781439803905>
- [2] V. N. Tien and V. N. Thanh, “Prototype of complex sorting station for categorizing products by material, orientation, and in order using Siemens PLC S7-1200”, *The University of Danang - Journal of Science and Technology*, vol. 6, no. 67, pp. 75-79, 2013.
- [3] M. Mersida, P. Eldar, V. Tomaz, and B. Meri, “Determination of Mechanical Properties of Composite Materials-The Rubber Conveyor Belt with Cartridges Made of Polyester And Polyamide”. *A NNALS of Faculty Engineering Hunedoara – International Journal of Engineering*, vol. 16, no. 1, pp. 141-144, 2018.
- [4] V. C. Trung *et al.*, “Controllers design for the semi-automation shrimps tempura frying production line”, *VNUHCM Journal of Engineering and Technology*, vol 4, no. 3, pp. 1157-1170, 2021, .
- [5] S. M. Shinde and R. B. Patil, “Design and Analysis of a Roller Conveyor System for Weight Optimization and Material Saving”, *International Journal on Emerging Technologies*, vol. 3, no.1, pp. 168-173, 2012.
- [6] Y. S. Hamed, H. Alotaibi, and E. R. El-Zahar, “Nonlinear Vibrations Analysis and Dynamic Responses of a Vertical Conveyor System Controlled by a Proportional Derivative Control”, in *IEEE Access*, vol. 8, 2020, pp. 119082-119093, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3005377.
- [7] T. Chat, L. V. Uyen, “*Calculation of mechanical drive system design*”, Volume 1, Education Publishing House, Hanoi, 2006.
- [8] V. N.Thanh, “Transformation method from hi-graph language to FBD (function block diagram) using SR (set-reset) block in siemens simatic software for PLC (programmable logic controller) programming”, *The University of Danang - Journal of Science and Technology*, vol. 6, no. 67, pp. 64-67, 2013.
- [9] T.H.T. Tran, D.S. Nguyen, N.T. Vo, and H.N. Le, “Design of delta robot arm based on topology optimization and generative design method”, in *5th International Conference on Green Technology and Sustainable Development*, 2020, pp. 157-161.
- [10] L. H. Nam, D. P. Vinh, P. Anh-Duc, and V. N. Thanh, “System identifications of a 2DOF pendulum controlled by QUBE-servo and its unwanted oscillation factors”, *Archive of Mechanical Engineering*, vol. 67, pp. 435-450, 2020.
- [11] T. Q. Bang, T. N. Hai, “Design and fabrication of product flipping conveyor belt”, in *National Conference on Mechanical Engineering and Manufacturing Technology (NCMME2019)*, 2019, pp. 230-235.