

THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO MÔ HÌNH PHÂN LOẠI SẢN PHẨM TỰ ĐỘNG ỨNG DỤNG LASER

DESIGN AND MANUFACTURING AUTOMATIC PRODUCT CLASSIFICATION MODEL FOR LASER APPLICATION

Kim Văn Quy^{1*}, Đoàn Văn Quân¹, Vũ Minh Quang¹,
Hoàng Duy Chiến², Nguyễn Văn Đường³, Nguyễn Văn Thiện⁴

TÓM TẮT

Bài báo trình bày quá trình nghiên cứu, thiết kế và chế tạo mô hình phân loại sản phẩm tự động ứng dụng laser. Sử dụng cảm biến Omron ZX LD 40, nhóm tác giả tiến hành nghiên cứu lý thuyết, kết hợp chế tạo mô hình thực tế nhằm mô phỏng quá trình đo kiểm, hiển thị kết quả và phân loại sản phẩm. Từ kết quả thí nghiệm và nghiên cứu lý thuyết, nghiên cứu cho thấy khả năng đo nhiều kích thước với các bề mặt khác nhau và có khả năng cải tiến, ứng dụng vào sản xuất thực tế.

ABSTRACT

The article presents the process of research, designing and manufacturing automatic product classification model for laser application. Use sensor Omron ZX LD 40, to theory research, manufacturing actual model for simulate the test process, display the results and classification. From display the results and theory research, the subject can expand for some surfaces, dimensions and improve to use in actual production.

¹Lớp Cơ khí 7 - K10, Khoa Cơ khí, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

²Lớp Tự động hóa 4 - K10, Khoa Điện, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

³Lớp Điện 5 - K10, Khoa Điện, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

⁴Khoa Cơ khí, Đại học Công nghiệp Hà Nội

*Email: quykimyn@gmail.com

1. GIỚI THIỆU

Những năm gần đây, trong công cuộc công nghiệp hóa - hiện đại hóa đất nước, các thành tựu khoa học kỹ thuật trên thế giới được ứng dụng rộng rãi trong sản xuất công nghiệp trên quy mô lớn, các phương pháp gia công tiên tiến như xung điện, cắt dây, dập liên hoàn, CNC, cắt laser... được đưa vào sử dụng thay thế các phương pháp gia công thô sơ trong sản xuất hàng loạt. Việc ứng dụng thành tựu khoa học trên thế giới giúp cho nền công nghiệp có những bước phát triển vượt bậc so với thời kỳ trước, quy mô sản xuất lớn hơn, năng suất lao động được nâng cao, chất lượng đảm bảo và sản lượng ngày một gia tăng. Đi kèm với những kết quả đó, việc đo kiểm thủ công trong những môi trường sản xuất liên tục dần trở nên lạc hậu, thiếu tin cậy và gây lãng phí thời gian. Nghiên cứu thiết kế và chế tạo mô hình phân loại sản phẩm tự động ứng dụng laser nhằm nghiên cứu một giải pháp cho việc đo kiểm chính xác, tự động và không làm gián đoạn sản xuất. Phạm vi nghiên

cứ trong khoảng dung sai $\pm 0,2$ sản phẩm hộp kích thước 25x30x35.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu lý thuyết: Nghiên cứu tính chất vật lý tia laser, cấu tạo, ứng dụng của các loại cảm biến công nghiệp nói chung và cảm biến Omron ZX LD 40 nói riêng. Phương pháp kết hợp giữa điều khiển khả trình PLC và các cơ cấu chấp hành cơ khí.

Nghiên cứu thực tiễn: Nghiên cứu nguyên lý hoạt động của sensor, xử lý tín hiệu Analog, kết hợp với điều khiển PLC, hệ thống khí nén, xi lanh. Tính toán thiết kế băng tải, lựa chọn động cơ đạt yêu cầu kỹ thuật và mục đích sử dụng cho mô hình.

3. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Tính chất vật lý của tia laser.

Lý thuyết các loại cảm biến công nghiệp và cảm biến Omron ZX LD 40.

Thiết kế băng tải Conveyor Belt Design Manual - hãng Bridgestone và các môn học Chế tạo máy, chi tiết máy, CADD, Cơ lý thuyết...

Lý thuyết điều khiển logic khả trình PLC.

4. THIẾT KẾ PHẦN CƠ KHÍ

❖ Thiết kế băng tải

Bảng 1. Quy trình lắp đặt khung băng tải

Quy trình	Nội dung	Thiết bị
Bước 1: Chuẩn bị	Cắt nhôm thành từng đoạn theo thiết kế Gia công mặt bích Order con lăn, belts, inox	Máy cắt nhôm, máy mài Safun Máy phay CNC
Bước 2: Lắp mặt khung	Lắp đặt mặt khung, tấm inox đỡ, mặt bích, ổ bi, con lăn chủ động và bị động	Lục lăng, máy bắn vít, tua vít, cờ lê
Bước 3: Lắp belts	Lồng Belts vào mặt khung băng tải	Thủ công
Bước 4: Lắp chân	Lắp đặt chân vào mặt khung sau khi đã lồng belts	Lục lăng, máy bắn vít, tua vít, cờ lê

Căn cứ vào điều kiện hoạt động ít va đập, cần linh hoạt trong lắp đặt, tháo dỡ. Nhóm tác giả lựa chọn lắp đặt

khung băng tải bằng nhôm định hình, các mối ghép sử dụng ke, bu lông.

Mặt bích đỡ con lăn chủ động và bị động, nhóm nghiên cứu sử dụng vật liệu nhôm, gia công trên máy phay CNC 3 trục và máy khoan. Do mô hình nhỏ nên cần đai sử dụng ốc lục 6, con lăn chủ động, bị động, ổ bi đỡ và mặt đỡ inox, những thiết bị này đều có sẵn trên thị trường.

Dựa vào tải trọng của hệ thống và các loại dây đai thường dùng trong công nghiệp, chọn loại đai PVC kích thước 40x250x2 mm, ép nhiệt mối nối.

❖ Lựa chọn động cơ

Băng tải không đòi hỏi độ chính xác cao, tải trọng nhỏ, dễ điều khiển, ta chọn động cơ điện một chiều tốc độ thấp nhưng đảm bảo yêu cầu tải trọng sử dụng cho hệ thống.



Hình 1. Động cơ 12-24VDC TG-85E

Chiều dài hành trình: $l = 20\text{cm}$.

Thời gian đi hết hành trình: $t = 4\text{s}$

Vận tốc: $v = 0,05(\text{m/s})$.

Công suất làm việc:

$$P_{ct} = \frac{F \cdot v}{1000} = \frac{150 \cdot 0,5}{1000} = 0,0075 \text{ (kW)} = 7,5 \text{ (W)}.$$

Hiệu suất bộ truyền và ổ:

$$\eta = \eta_{\text{khớp nối}} \cdot \eta_{\text{ổ lăn}} \cdot \eta_{\text{2bánh răng}} \cdot \eta_{\text{trục}}$$

Dựa vào bảng ta chọn được hiệu suất của các loại bộ truyền và ổ như sau:

$$\eta_{\text{khớp nối}} = 0,99; \eta_{\text{ổ lăn}} = 0,99;$$

$$\eta_{\text{bánh răng}} = 0,98; \eta_{\text{trục}} = 0,98$$

$$\eta = 0,99 \cdot 0,982 \cdot 0,93 = 0,84.$$

Công suất cần thiết trên trục động cơ:

$$P_{yc} = \frac{0,0075}{0,84} = 0,0089 \text{ (kW)} = 8,9 \text{ (W)}.$$

Chọn tỷ số truyền nên dùng cho các bộ truyền trong hệ:

$$U_{btng} = 2,25; U_{br} = 4.$$

Số vòng quay sơ bộ của động cơ được xác định theo công thức.

$$n_{sb} = n_{ct} \cdot U_{btng} \cdot U_{sbh}$$

$$n_{sb} = 20 \cdot 9 = 180 \text{ (vòng/phút)}.$$

Chọn số vòng quay đồng bộ của động cơ: $n_{db} \approx n_{sb} = 220(\text{vòng/phút})$.

Động cơ được chọn dựa vào bảng chuẩn và phải thỏa mãn điều kiện sau:

$$P_{dc} \geq P_{yc}; n_{db} \approx n_{sb}; T_k / T_{dn} \geq T_{mm} / T_1$$

$$\text{Có } P_{yc} = 0,009\text{kW}; n_{sb} = 220(\text{vòng/phút}); T_{mm} / T_1 = 1,5.$$

Ta chọn được động cơ có các thông số sau:

$$P_{dc} = 0,008\text{kW}; n_{dc} = 220(\text{vòng/phút})$$

Đường kính trục động cơ: $d = 8\text{mm}$

Sau khi tính toán, nhóm nghiên cứu lựa chọn động cơ giảm tốc 12-24VDC TG-85E, tốc độ đạt 24 - 98 vòng/phút, công suất 8W, tải trọng lớn nhất 7kg đã tích hợp sẵn hộp giảm tốc.

❖ Lựa chọn hệ thống đẩy

Với việc xây dựng mô hình phân loại sản phẩm kích thước nhỏ, yêu cầu hệ thống đẩy sản phẩm cũng cần có kích thước gọn gàng, dễ dàng sử dụng. Sau khi nghiên cứu một số cơ cấu đẩy sản phẩm trong nước cũng như trên thế giới, nhóm nghiên cứu nhận thấy rằng hầu hết các hệ thống đều sử dụng khí nén bởi các ưu điểm nhỏ gọn, sạch sẽ, dễ dàng sử dụng và ít sai hỏng.

Tính toán chọn xylanh

$$\text{Ta có: } F \geq F_{msmax}$$

Trong đó:

F là lực đẩy piston.

F_{msmax} là lực ma sát lớn nhất giữa bề mặt sản phẩm và băng chuyền.

$$F_{msmax} = K \cdot N$$

Với: K là hệ số ma sát giữa bề mặt sản phẩm và băng chuyền, chọn $K = 0,8$

N là phản lực của băng chuyền với sản phẩm $N = G = 5N$

$$\text{Suy ra: } F_{msmax} = 0,8 \cdot 5 = 4 \text{ (N)}$$

Để đẩy được sản phẩm thì:

$$F \geq F_{msmax}$$

$$\Leftrightarrow P \cdot A \geq 4$$

$$\Leftrightarrow \frac{P \cdot \pi \cdot d^2}{4} \geq 4$$

Với: d là đường kính piston.

P là áp suất khí nén.

Chọn $P = 8150 \text{ (N/m}^2\text{)}$

Suy ra:

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 4}{8150 \cdot 3,14}} = 2 \text{ (cm)}$$

Băng tải có chiều rộng 40mm vì vậy chọn loại piston có hành trình 50mm như hình 2, 3.



Hình 2. Xilanh khí nén Mapen dạng ống



Hình 3. Xylanh khí nén Compact SDA

5. THIẾT KẾ PHẦN ĐIỀU KHIỂN

❖ **Quá trình thiết kế điều khiển**



Hình 4. Quá trình thiết kế điều khiển

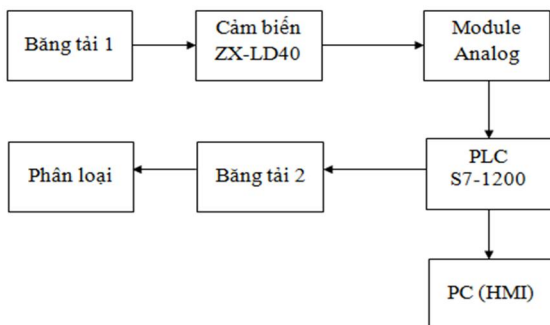
Giai đoạn tìm hiểu nguyên lý hệ thống: Nắm vững nguyên lý hoạt động của hệ thống, từ đó đưa ra những bước thực hiện trong các giai đoạn tiếp theo.

Giai đoạn lựa chọn phần mềm lập trình: Lựa chọn phương thức điều khiển phù hợp và tối ưu cho hệ thống. Phần mềm lập trình là cầu nối giữa người sử dụng và hệ thống sản xuất, vậy nên sử dụng phần mềm thân thiện, dễ dàng giao tiếp với người dùng.

Giai đoạn triển khai thiết kế: Chuyển đổi nguyên lý hoạt động thành chương trình điều khiển. Thiết kế chương trình dựa theo nguyên tắc rõ ràng, logic, thuận tiện cho quá trình sửa chữa và cải tiến.

Giai đoạn ứng dụng: Kết nối chương trình điều khiển với các cơ cấu phần cứng. Đây là giai đoạn thử nghiệm và đánh giá kết quả đạt được của chương trình điều khiển.

❖ **Sơ đồ khối chức năng của hệ thống**



Hình 5. Sơ đồ khối chức năng hệ thống

Băng tải 1: Chuyển sản phẩm từ quá trình sản xuất trước đó đến vị trí quy định để đo kích thước sản phẩm.

Cảm biến ZX-LD40: Cảm biến Laser có chức năng đo khoảng cách, phản hồi tín hiệu analog về PLC dưới dạng điện áp hoặc dòng điện.

Module analog: Tiếp nhận và xử lý tín hiệu analog đầu vào từ cảm biến, là cầu nối giữa cảm biến và thiết bị điều khiển.

PLC S7-1200: Bộ điều khiển logic khả trình, có chức năng xử lý các tín hiệu đầu vào và chỉ đạo các cơ cấu chấp hành hoạt động theo nguyên lý chương trình.

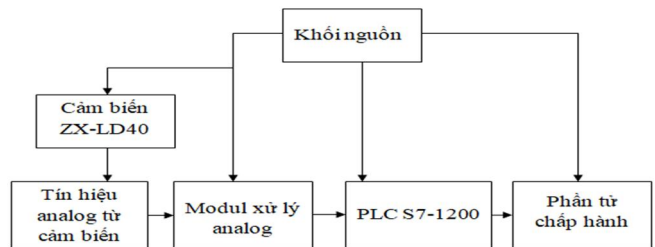
PC (HMI): Hiển thị các thông số kích thước đo được và cho phép người vận hành kiểm tra, giám sát quá trình sản xuất.

Băng tải 2: Vận chuyển sản phẩm sau khi đã qua công đoạn đo kích thước để đến vị trí phân loại.

Phân loại: Là công đoạn cuối cùng của quá trình phân loại sản phẩm. Sản phẩm có kích thước đạt yêu cầu sẽ được phân loại để tránh nhầm lẫn với sản phẩm lỗi.

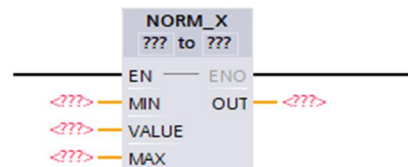
❖ **Quá trình đo khoảng cách và phân loại trong PLC**

Khoảng cách đo được từ cảm biến ZX-LD40 sẽ trả về giá trị kiểu analog. Muốn sử dụng khoảng cách này để so sánh với giá trị khoảng cách đặt trước và tiến hành phân loại sản phẩm thì phải cần chuyển đổi tín hiệu này về dạng digital để sử dụng.



Hình 6. Sơ đồ khối xử lý tín hiệu Analog

Tín hiệu Analog từ cảm biến sẽ qua bộ chuyển đổi ADC chuyển thành tín hiệu dạng Digital. Giá trị điện áp từ 0 - 10V sẽ được chuyển thành các số thập phân tương ứng nằm trong độ phân giải từ 0 - 27648, độ phân giải này là thông số mặc định do nhà sản xuất cung cấp. Do đó tín hiệu điện áp từ 0 - 5V từ cảm biến sẽ được chuyển đổi thành các số thập phân tương ứng nằm trong độ phân giải từ 0 - 13824.



Hình 7. NORM_X

Trong đó:

Giá trị điện áp từ cảm biến là: Giá trị trong dải 0 - 5V

Độ phân giải max: 13824

Độ giải min: 0

Giá trị OUT nhận được phải nằm thỏa mãn điều kiện: $0,0 \leq OUT \leq 1,0$ và giá trị điện áp quy đổi ra số thập phân phải thỏa mãn yêu cầu sau:

$0 \leq \text{giá trị điện áp từ cảm biến} \times 2764,8 \leq 13824$

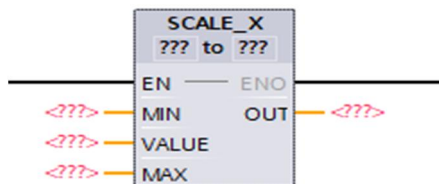
Ví dụ: Khi tín hiệu điện áp ra từ cảm biến là 2,5V, lúc này bộ chuyển đổi ADC sẽ chuyển giá trị này về giá trị số là:

$$\frac{2,5 \cdot 2764,8 - 0}{13824 - 0} = 0,5$$

Giá trị số nhận được sau khi được chuyển đổi sẽ được xử lý và chuyển đổi thành giá trị khoảng cách thực tế phù hợp, phụ thuộc vào thông số dải đo người dùng cài đặt theo công thức:

$$\text{Khoảng cách} = \text{OUT} * (\text{MAX} - \text{MIN}) + \text{MIN}$$

Công thức này là phép tính được thiết lập sẵn trong khối lệnh SCALE_X.



Hình 8. SCALE_X

Trong đó:

Khoảng cách: Giá trị khoảng cách nhận được sau khi xử lý. Giá trị này đúng với khoảng cách thực tế đo được (mm).

OUT: Giá trị nhận được.

MAX: Khoảng cách tối đa đo được do người dùng tùy chỉnh.

MIN: Khoảng cách tối thiểu đo được do người dùng tùy chỉnh.

Với dải đo từ 30,000 đến 50,000mm, giá trị điện áp từ cảm biến đang là 2,5V lúc này giá trị khoảng cách thu được là:

$$\begin{aligned} \text{Khoảng cách} &= [0,5 * (50,000 - 30,000)] + 30,000 \\ &= 40 \text{ (mm)} \end{aligned}$$

Sử dụng phương trình đường thẳng

$y = 0,25x - 7,5$ kiểm tra cho thấy kết quả hoàn toàn giống nhau.

6. THỬ NGHIỆM VÀ KẾT QUẢ

Sau khi đã hoàn thành chế tạo và lắp đặt hệ thống, nhóm nghiên cứu tiến hành thử nghiệm hệ thống.

Kích thước sản phẩm: $25 \pm 0,2$

Vật liệu: Al 6064

Điều kiện: Nhiệt độ, độ ẩm môi trường, điện ổn định.

Số lượng test: 10 sản phẩm

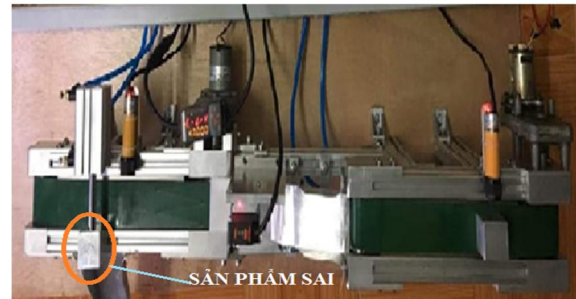
Số lần test: 10 lần

Bảng 2. Kết quả thử nghiệm hệ thống

STT	Kết quả	Hệ thống xử lý
1	25,253	OK
2	25,654	NG
3	25,334	OK
4	24,982	OK
5	25,623	NG

6	25,751	NG
7	24,269	OK
8	24,993	OK
9	24,432	NG
10	24,622	OK

❖ Quy trình phân loại sản phẩm



Hình 9. Ảnh chụp hệ thống phân loại sản phẩm lỗi



Hình 10. Ảnh chụp hệ thống phân loại sản phẩm đạt

7. KẾT LUẬN

Hệ thống phân loại còn có sai lệch thông số đo được, tuy nhiên, sai lệch này tương đối nhỏ vẫn nằm trong khoảng giới hạn của bài toán, nên vẫn đảm bảo cho hệ thống hoạt động bình thường và đúng nguyên lý.

Qua nhiều lần thử nghiệm, quá trình từ Cấp phôi → Đo → Phân loại hết trung bình 4s và kết quả đo nằm trong khoảng $\pm 0,2$. So với việc đo kiểm thủ công bằng các dụng cụ đo cơ khí hoặc điện tử, thì với kết quả thí nghiệm đạt được, để tài đã cho thấy sự vượt trội về thời gian đo kiểm và phân loại.

Từ các thông số của nhà sản xuất, sensor có khả năng đo các sản phẩm di động với độ phân giải có thể đạt tới 0,002. Do đó sản phẩm nghiên cứu hoàn toàn có khả năng ứng dụng vào sản xuất thực tế đo các sản phẩm cần độ chính xác cao.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Bridgestone, Conveyor Belt Design Manual;
- [2]. Funner Dunlop, Conveyor Handbook
- [3]. Funner Dunlop, Selecting the Proper Conveyor Belt;
- [4]. CSMA, Belt Conveyors for Bulk Material
- [5]. Datasheet của Laser khoảng cách ZX-LD40 của hãng OMRON
- [6]. https://assets.omron.eu/downloads/manual/en/z157_zx