THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO MÁY ĐÓNG NẮP CHAI NHỰA BÁN TỰ ĐỘNG PHỤC VỤ KINH DOANH HỘ GIA ĐÌNH

Huỳnh Minh Huy
Trường Đại học Tiền Giang

Tóm tắt: *Hiện nay, nhu cầu tiêu thụ các sản phẩm đóng chai như nước giải khát, nước tinh khiết, thực phẩm chức năng… ngày càng tăng. Nhiều hộ kinh doanh gia đình và cơ sở sản xuất nhỏ đang mở rộng quy mô để đáp ứng thị trường. Tuy nhiên, việc đóng nắp chai vẫn chủ yếu thực hiện thủ công hoặc bằng thiết bị đơn giản, gây tốn thời gian, dễ sai sót và ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm. Để khắc phục vấn đề này, đề tài "Thiết kế và chế tạo máy đóng nắp chai nhựa bán tự động phục vụ kinh doanh hộ gia đình" được thực hiện nhằm tạo ra thiết bị nhỏ gọn, chi phí thấp, dễ sử dụng nhưng vẫn đảm bảo hiệu quả cao. Máy phù hợp với chai nhựa PET miệng 30/25, dung tích từ 330 ml đến 500 ml – loại phổ biến trong các cơ sở nhỏ. Thiết bị giúp tăng năng suất, giảm công lao động, nâng cao độ chính xác và tính thẩm mỹ của sản phẩm. Với thiết kế đơn giản và thân thiện với người dùng, máy phù hợp với điều kiện tại các hộ sản xuất thủ công. Kết quả thử nghiệm cho thấy máy hoạt động ổn định, dễ sử dụng, có tính ứng dụng thực tế cao, góp phần hỗ trợ quá trình cơ giới hóa tại các cơ sở sản xuất nhỏ lẻ.*

Từ khóa: *thiết kế và chế tạo, bán tự động, chai nhựa PET, năng suất lao động.*

DESIGN AND MANUFACTURE SEMI-AUTOMATIC PLASTIC BOTTLE CAPPING MACHINE FOR HOUSEHOLD BUSINESS

Abstract: *Currently, the demand for bottled products such as soft drinks, purified water, functional foods.... is increasing. Many family businesses and small production facilities are expanding their scale to meet the market. However, bottle capping is still mainly done manually or with simple equipment, which is time-consuming, error-prone and affects product quality. To overcome this problem, the topic "Design and manufacture of semi-automatic plastic bottle capping machine for family businesses" was carried out to create a compact, low-cost, easy-to-use device that still ensures high efficiency. The machine is suitable for PET plastic bottles with a 30/25 mouth, capacity from 330 ml to 500 ml - a popular type in small facilities. The device helps increase productivity, reduce labor, improve accuracy and aesthetics of the product. With a simple and user-friendly design, the machine is suitable for conditions in manual production households. Test results show that the machine operates stably, is easy to use, has high practical applicability, and contributes to supporting the mechanization process at small-scale production facilities.*

Keywords*: design and manufacturing, semi-automatic, PET plastic bottles, labor productivity.*

Nhận bài: 08/03/2026 Phản biện: 05/04/2026 Duyệt đăng: 10/04/2026

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm gần đây, nhu cầu tiêu thụ các sản phẩm đóng chai như nước giải khát, nước tinh khiết và thực phẩm chức năng ngày càng gia tăng, kéo theo sự phát triển của các hộ kinh doanh gia đình và cơ sở sản xuất quy mô nhỏ. Tuy nhiên, ở nhiều đơn vị, công đoạn đóng nắp chai vẫn chủ yếu được thực hiện thủ công hoặc bằng các dụng cụ đơn giản, thô sơ, nên vừa tốn nhiều thời gian, công sức, vừa dễ xảy ra sai sót trong quá trình sản xuất. Điều này không chỉ làm giảm năng suất lao động mà còn ảnh hưởng trực tiếp đến độ kín khít của nắp chai, tính thẩm mỹ và chất lượng của sản phẩm cuối cùng. Trong khi đó, các thiết bị đóng nắp tự động hiện có trên thị trường thường được thiết kế cho các dây chuyền sản xuất lớn, có chi phí đầu tư cao và yêu cầu kỹ thuật vận hành phức tạp, chưa phù hợp với khả năng của các hộ kinh doanh gia đình và cơ sở nhỏ lẻ. Vì vậy, việc nghiên cứu và chế tạo máy đóng nắp chai nhựa bán tự động là hết sức cần thiết, nhằm tạo ra một thiết bị nhỏ gọn, dễ sử dụng, chi phí hợp lý nhưng vẫn bảo đảm hiệu quả làm việc. Thiết bị này không chỉ giúp giảm bớt lao động thủ công, nâng cao năng suất và chất lượng sản phẩm mà còn góp phần thúc đẩy quá trình cơ giới hóa, hiện đại hóa sản xuất ở quy mô hộ gia đình và cơ sở sản xuất nhỏ.

II. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Cơ sở lý thuyết

a) Chuyển động quay và các đại lượng đặc trưng:

Chuyển động quay là chuyển động của một vật mà các điểm của vật thể di chuyển trên các đường tròn có tâm nằm trên một đường thẳng vuông góc với các đường tròn này. Tốc độ chuyển động quay được đặc trưng bởi vận tốc góc ω (rad/s) và số vòng quay n (vg/ph). Giữa chúng có sự liên hệ sau:

$\omega=\pi n/30$

Vận tốc dài v (vận tốc vòng) của một điểm trên vật quay (m/s) xác định theo công thức:

$$v = \frac{\omega r}{1000} = \frac{n\pi d}{60000}$$

Trong đó: r, d là bán kính và đường kính vòng tròn, (mm)

Công A(J) khi chuyển động quay bằng tích mô men quay (mô men xoắn, N.mm) với góc quay (rad), nghĩa là:

$$A = \frac{T\varphi}{1000}$$

Công suất P(kW) liên hệ với mô men xoắn (N.mm) và vận tốc góc ω (rad/s) hoặc lực vòng Ft (N) và vận tốc vòng v (m/s) theo công thức:

$$P = \frac{A}{t} = \frac{F_t v}{10000} = \frac{T\omega}{10^6} = \frac{Tn}{9{,}55.10^6}, kW$$

trong đó t là thời gian tính bằng giây (s).

b) Lực ma sát

Lực ma sát xuất hiện khi một vật tiếp xúc với vật khác và có chuyển động tương đối với nhau. Lực này có khuynh hướng cản trở chuyển động của vật và được gọi là lực ma sát. Ma sát có thể là ma sát khô hoặc ma sát nhớt. Trong trường hợp này, chúng ta chỉ quan tâm đến ma sát khô.

Công thức tính lực ma sát khô:

F_{ms}=k.N

Trong đó:

Fms là lực ma sát (N)

k là hệ số ma sát

N là phản lực vuông góc (N).

c) Bộ truyền vít me – đai ốc

Bộ truyền vít me – đai ốc hoạt động theo nguyên lý ăn khớp của cặp ren (giữa ren trong trên đai ốc và ren ngoài trên vít me) để biến đổi chuyển động quay thành chuyển động tịnh tiến. Bộ truyền này có thể được phân loại theo tính chất tiếp xúc của bề mặt ren thành ma sát trượt và ma sát lăn.

Hiệu suất bộ truyền vít me – đai ốc theo

$$\eta = K.\left(\frac{tan\gamma}{\tan(\gamma + \rho')}\right)$$

trong đó:

γ là góc nâng ren vít

ρ^’ là góc ma sát tương đương cặp ren vít

d) Động cơ bước

Động cơ bước là một loại động cơ điện có nguyên lý hoạt động khác biệt so với các động cơ thông thường. Động cơ bước hoạt động bằng cách nhận các tín hiệu điều khiển dưới dạng xung điện, từ đó tạo ra các chuyển động góc quay hoặc chuyển động rotor.

Cấu tạo của động cơ bước bao gồm: (1) Rotor: Là dãy lá nam châm vĩnh cửu xếp chồng lên nhau, với các cặp cực đối xứng; (2) Stato: Được tạo bằng sắt từ, chia thành các rãnh để đặt cuộn dây.

Nguyên lý hoạt động của động cơ bước là chuyển động của rotor phụ thuộc vào tín hiệu xung điều khiển. Động cơ bước có khả năng đạt độ chính xác cao về mặt điều khiển.

2.2. Tính toán thiết kế

a) Thiết kế đầu vặn nắp

Cấu tạo đầu vặn nắp: Do miệng chai và nắp chai có cấu tạo và kích thước được tiêu chuẩn hóa nên phần lớn các máy đóng nắp chai đều có cấu tạo tương tự nhau. Do đó ta chỉ đưa ra một loại cấu tạo của đầu vặn nắp cơ bản đặc trưng nhất và dùng nó để thiết kế.

b) Chọn động cơ vặn nắp

Tốc độ quay của động cơ vặn nắp vận tốc di chuyển là 36mm/s sẽ là:

$$n_1 = \frac{2}{3}.\frac{36}{18} = \frac{4}{3} vg/s = 80 vg/\text{phút}$$

Theo các nhà sản xuất chai nhựa, mỗi nắp chai sẽ có lực siết nắp chai khác nhau tùy vào vật liệu, kích thước miệng chai, số mối ren trên nắp,...

c) Tính toán bộ truyền vít me – đai ốc

Lực dọc trục tác dụng lên bộ truyền vít me – đai ốc chính là lực nén tác dụng lên chai:

F_a=F_n=91N

Chiều dài trục vít: 300mm

Ta chọn vật liệu là thép C45, không tôi, ren hình thang cân, đai ốc bằng đồng thanh, nên áp suất cho phép chọn [p]=8 MPa.

Ren hình thang cân do đó hệ số ψ_h=0,5.

Chọn đai ốc nguyên nên ψ_H=1,7.

Xác định đường kính trung bình vít me theo điều kiện bền mòn:

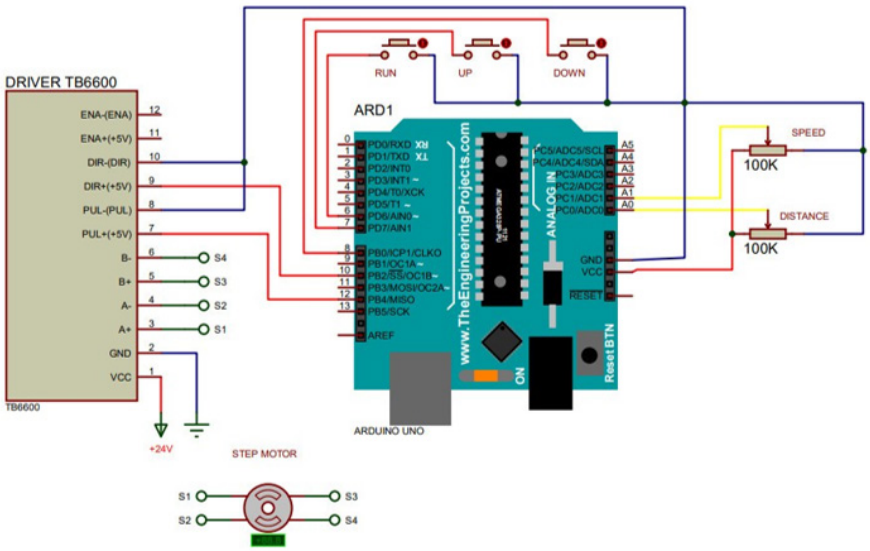
$$d_2 = \sqrt{\frac{F_a}{\pi\psi_H[p]\psi_h}} = \sqrt{\frac{91}{\pi.1{,}7.8.0{,}5}} = 2{,}06mm$$

Vì bước xoắn của miệng chai là 9mm nên cần chọn trục vít me có bước vít me phù hợp để khi vặn nắp không bị trượt, nắp chai được đậy kín.

d) Chọn mạch điều khiển động cơ bước

Mạch điều khiển động cơ bước TB6600 (Driver TB6600) sử dụng IC TB6600HQ/HG, dùng cho các loại động cơ bước 42/57/86, 2 pha, 4 dây hoặc 6 dây có dòng tải là 4A/42VDC. Mạch TB6600 tương thích với động cơ 57 nên được nhóm lựa chọn.

e) Sơ đồ mạch điều khiển



Hình 1. *Sơ đồ mạch điều khiển bộ phận lên xuống*

Các phần tử mạch điều khiển: Arduino Uno R3; Driver TB6600; 2 chiết áp 100KΩ; 3 nút nhấn nhả.

f) Gia công phần điện

Các bước gia công phần điện:

– Bước 1: Khoan các lỗ trên hộp điện.

– Bước 2: Lắp mạch tổ ong, Driver TB6600, Arduino Uno R3 vào bên trong hộp điện.

– Bước 3: Lắp các công tắc, nút nhấn, chiết áp lên các lỗ đã được khoan trên nắp hộp điện.

– Bước 4: Đấu dây theo sơ đồ mạch.

– Bước 5: Nạp code.

g) Lắp ráp máy

Các bước lắp ráp:

– Bước 1: Lắp ráp phần khung.

– Bước 2: Lắp khung vào đế máy.

– Bước 3: Lắp tấm cố định chai vào đế máy.

– Bước 4: Lắp thanh dẫn hướng, bộ truyền vít me – đai ốc, động cơ bước vào tấm đỡ dưới – Lắp tấm đỡ dưới vào khung.

– Bước 5: Lắp giá đỡ động cơ vặn nắp vào con trượt và gói đỡ đai ốc – Lắp cụm đó vào bộ truyền vít me – đai ốc.

– Bước 6: Lắp mặt bích đỡ trục, ổ lăn đỡ vít me vào tấm đỡ trên rồi lắp vào khung máy; ổ lăn gắn với trục vít me, mặt bích gắn với thanh trượt.

– Bước 7: Lắp động cơ vặn nắp vào giá đỡ động cơ – Lắp đầu vặn nắp vào trục động cơ.

– Bước 8: Lắp hộp điện vào đế máy.

– Bước 9: Nối dây điện cho động cơ vặn nắp và động cơ bước.

Hình 2. *Máy đóng nắp chai nhựa bán tự động sau khi lắp ráp*

2.3. Kết quả nghiên cứu

Bảng 1. Năng suất và tiêu thụ điện năng phụ thuộc vào tốc độ tịnh tiến của đầu vặn nắp (tốc độ trung bình)

Mẫu	Tốc độ(mm/s)	Thời gian(s)	Dòng điện(A)	Điện áp(V)	Năng suất(chai/ phút)	Công suất	Tiêu thụ điện năng(Wh/ chai)	Chất lượng sản phẩm
1	36	3.07	0.21	235	20	54.491	2.788	Đạt
2	36	3.14	0.21	235	19	54.491	2.852	Đạt
3	36	3.36	0.21	235	18	54.491	3.052	Đạt
4	36	3.37	0.21	235	18	54.491	3.061	Đạt
5	36	3.17	0.21	235	19	54.491	2.879	Đạt
6	36	3.15	0.21	235	19	54.491	2.861	Đạt
7	36	3.23	0.21	235	19	54.491	2.933	Đạt
8	36	3.31	0.21	235	18	54.491	3.006	Đạt
9	36	3.25	0.21	235	18	54.491	2.952	Đạt
10	36	3.27	0.21	235	18	54.491	2.970	Đạt
11	36	3.18	0.21	235	19	54.491	2.888	Đạt
Trung bình	36	3.23	0.21	235	18.61	54.491	2.929	Đạt

Nhận xét:

Với tốc độ tịnh tiến trung bình (36mm/s) thì:

– Năng suất đóng nắp đạt trong khoảng 15 – 20 chai/ phút.

– Điện năng tiêu thụ thấp.

– Nắp chai được đóng kín, chất lỏng không bị rò rỉ.

– Máy chạy êm.

III. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu cho thấy máy đóng nắp chai nhựa bán tự động đã cơ bản đáp ứng tốt mục tiêu đề ra, với ưu điểm nhỏ gọn, dễ sử dụng, phù hợp với điều kiện sản xuất của các hộ kinh doanh gia đình và cơ sở nhỏ. Trong quá trình vận hành, máy hoạt động ổn định, nắp chai được đóng kín, không xảy ra hiện tượng rò rỉ, bảo đảm yêu cầu về chất lượng sản phẩm. Ở tốc độ tịnh tiến trung bình 36 mm/s, máy đạt năng suất trung bình khoảng 18,61 chai/phút, đồng thời mức tiêu thụ điện năng thấp, góp phần nâng cao hiệu quả sản xuất và giảm chi phí vận hành. Từ những kết quả đó có thể khẳng định đề tài mang ý nghĩa thực tiễn rõ rệt, góp phần hỗ trợ cơ giới hóa công đoạn đóng nắp chai trong sản xuất nhỏ lẻ, đồng thời tạo tiền đề để tiếp tục nghiên cứu, hoàn thiện và ứng dụng rộng rãi hơn trong thực tế.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

N. V. Yến, *Chi tiết máy.* Hà Nội, Việt Nam: NXB Giao thông Vận tải.

T. T. Phúc, *Chi tiết máy – Bộ truyền vít me – đai ốc, tài liệu giảng dạy,* Trường Đại học Bách khoa TP. Hồ Chí Minh.

R. G. Budynas and J. K. Nisbett, *Shigley's Mechanical Engineering Design,* 10th ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill Education, 2015.

Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation, "TB6600HG/TB6600HQ BiCD constant-current 2-phase bipolar stepping motor driver IC," Datasheet, 2016.

Arduino, "Arduino Uno Rev3," Arduino Documentation. [Online]. Available: https://docs.arduino.cc/hardware/uno-rev3