

# NGHIÊN CỨU TỐI ƯU HÓA QUỸ ĐẠO DAO CẮT NHẪM NÂNG CAO NĂNG SUẤT GỌT VỎ CÀ RỐT

## RESEARCH ON OPTIMIZING CUTTING BLADE TRAJECTORY TO ENHANCE CARROT PEELING PRODUCTIVITY

Trần Anh Sơn\*, Bành Quốc Nguyên

Bộ môn Chế tạo máy, Khoa Cơ khí, Trường Đại học Bách khoa,  
Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

### TÓM TẮT

*Hiện nay, nhiều quốc gia trên thế giới đã thiết kế và phát triển các loại máy gọt vỏ cà rốt sử dụng cơ chế nhiều lưỡi cắt bố trí theo cung tròn, với năng suất cao để đáp ứng nhu cầu thị trường. Đề tài này tập trung vào việc phân tích quỹ đạo di chuyển và lực tác dụng của cụm cắt chính trong máy gọt vỏ cà rốt công nghiệp. Trước khi tiến hành đánh giá, quy trình cắt của cụm gọt sẽ được mô phỏng bằng phương trình toán học, dựa trên các thông số phần cứng như kích thước chi tiết, thông số ma sát giữa các khớp nối, vật liệu, tính chất vật lý của vật liệu, biên dạng của củ cà rốt và lực gọt vỏ. Từ đó, các yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến năng suất gọt sẽ được xác định và điều chỉnh để phù hợp với quy mô sản xuất tại thị trường Việt Nam.*

**Từ khóa:** *Cụm dao gọt vỏ; Máy gọt vỏ cà rốt; Phương trình dao động tắt dần; Nâng cao năng suất.*

### ABSTRACT

*Currently, many countries worldwide have designed and developed carrot peeling machines that use a multi-blade mechanism arranged in an arc, providing high productivity to meet market demands. This study focuses on analyzing the motion trajectory and applied forces of the main cutting assembly in industrial carrot peeling machines. Before evaluation, the peeling process of the cutting assembly is simulated using mathematical equations, based on hardware parameters such as component dimensions, friction parameters between joints, material type, physical properties of the material, carrot shape profile, and peeling force. Key factors impacting peeling productivity are then identified and adjusted to suit production scale requirements in the Vietnamese market.*

**Keywords:** *Peeling blade assembly; Carrot peeling machine; Damped oscillation equation; Productivity enhancement.*



## 1. GIỚI THIỆU

Cà rốt hằng năm được sản xuất hơn 37 triệu tấn, đứng đầu trong các loại rau củ được tiêu thụ nhiều nhất trên thế giới [1]. Máy gọt vỏ cà rốt đã góp phần tăng năng suất trong lĩnh vực sản xuất thực phẩm. Việc nâng cao năng xuất nhằm giải quyết vấn đề về kinh tế luôn được các nhà phát triển đặt lên hàng đầu. Các dòng máy công nghiệp phục vụ cho quy trình chế biến thực phẩm luôn được cải tiến trong thời gian gần đây. Đối với các loại rau củ khác nhau sẽ có các bộ thông số hình học tiêu chuẩn khác nhau, bởi lẽ đó việc xác định đối tượng nghiên cứu sẽ giúp cho việc tính toán được thống nhất và liên mạch, cà rốt là đối tượng tiêu biểu để xem xét và tính toán. Cơ chế gọt vỏ được sử dụng là biện pháp bào vỏ theo biên dạng hình học của cà rốt. Hiện nay, cơ cấu được sử dụng rộng rãi nhất với các ưu điểm: chất lượng gọt vỏ cao, năng suất lớn và không cần cung cấp nước trong quá trình gọt. Các dòng máy sử dụng cơ chế này có công suất từ 3000 củ/giờ, tương ứng với  $3 \div 4$  tạ/giờ và phù hợp với mọi loại cà rốt có chiều dài tối thiểu là 160 mm, đường kính  $25 \div 65$  mm tỉ lệ 18-20% hao hụt sau khi gọt [2].

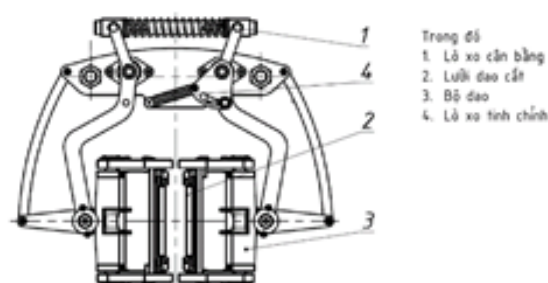
Mức độ hao hụt trong sản xuất chịu ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố, trong đó bộ phận cắt gọt đóng vai trò quan trọng trong vấn đề này, từ đó cần xây dựng phương trình toán học để xem xét sự thay đổi trong quá trình chuyển động của cụm chi tiết này đến năng suất sản xuất. Thông qua một bài báo nghiên cứu trước đó [3] gồm một cụm dao gọt vỏ với hai lò xo đã đưa ra một đồ thị của dao động tắt dần, nhận thấy rằng bài toán đưa ra vẫn chưa thỏa mãn yêu cầu thực tế về độ dao động và thời gian tắt dần tới hạn của cụm dao gọt. Vì vậy, với mục tiêu xây dựng bài toán hoàn thiện hơn, bài nghiên cứu sẽ đưa ra bài toán gần sát với thực tế hơn cũng như

giải quyết tương đối các vấn đề còn tồn đọng. Bài toán được xây dựng dựa trên sự tương tác qua lại của hai cụm dao được liên kết thông qua một lò xo chung, thông qua đó xây dựng phương trình dao động tắt dần loại bỏ được phạm vi ảnh hưởng của nguồn năng lượng tích trữ trong quá trình chuyển động để có thể đáp ứng được nhu cầu về thời gian và năng suất mong muốn. Phương trình tập trung trọng tâm vào xác định sự thay đổi về góc theo thời gian di chuyển từ điểm đầu đến điểm cuối của củ cà rốt. Sau khi xây dựng được phương trình toán học có thể tinh chỉnh số liệu thực để tăng năng suất của máy.

Sau khi cà rốt đi qua cụm dao, cụm dao sẽ dao động tắt dần cho đến khi góc quay trở về vị trí cân bằng. Như bài nghiên cứu [3] đã trình bày được quỹ đạo tắt dần của cụm dao theo thời gian nhưng chưa thể hiện được trạng thái dao động chuyển động. Bài báo này đề xuất phương pháp tìm ra phương trình năng lượng dư bằng cách mô phỏng chuyển động của toàn bộ cụm dao.

## 2. XÂY DỰNG MÔ HÌNH TÍNH TOÁN

### 2.1. Mô tả chung nguyên lý cắt



Hình 1. Mô hình minh họa cụm dao

Nguyên lý cấp liệu được mô tả như sau: cà rốt sẽ được cấp liệu và đi qua băng tải chữ V đến khâu gọt vỏ, trong khâu gọt vỏ hai bánh

lăn một trên một dưới được bọc một lớp vật liệu mềm và có tính ma sát phù hợp nhằm duy trì lực gọt trong suốt quá trình hoạt động. Tại khâu gọt vỏ cụm dao (xem Hình 1) sẽ thực hiện chức năng của mình khi cà rốt tiếp xúc với cụm dao làm cho con lăn trên cụm cắt bị đẩy lên khi này lưỡi dao sẽ thực hiện tác vụ cắt bỏ lớp vỏ, đồng thời cà rốt cũng làm cho cụm dao mở rộng về hai phía. Mấu chốt quyết định năng suất gọt một củ cà rốt được quyết định dựa trên thời gian ổn định của cụm dao tại vị trí tĩnh, khi này các sự tương tác giữa hai bên cụm dao gần như bằng không để sẵn sàng lăn gọt vỏ tiếp theo.

Khi cà rốt đi ra khỏi cụm dao là lúc nó bắt đầu thực hiện dao động tắt dần, biên độ góc quay của cụm dao sẽ là lớn nhất và nó sẽ dao động đến khi về vị trí cân bằng để thực hiện lần gọt tiếp theo. Xem xét trường hợp toàn bộ cụm dao được đặt vuông góc với mặt đất. Mỗi một bên cụm dao được bố trí theo hình bình hành với ba khớp động và kết nối thông qua lò xo lớn ở chính giữa. Trong quá trình tính toán bỏ qua khối lượng lò xo vì khối lượng tương đối nhỏ, bên cạnh bài toán đề ra với trường hợp lý tưởng các lực cản ở các khâu thành phần sẽ quy về thành lực cản không khí cho toàn hệ và toàn bộ phận dao gọt sẽ là một khối có trọng lượng riêng.

Dựa vào các nghiên cứu từ bài báo [3] kết hợp với quá trình đo kiểm với các giống cà rốt thông dụng [4], góc mở rộng mỗi bên cụm dao không quá 10 độ đi kèm với đó là nhu cầu sản xuất trong nước thuộc lớp vừa và nhỏ trung bình từ 1200-1500 củ/giờ tương đương 2.4-3 giây/củ [4]. Thông qua mục tiêu sản xuất cùng với các yếu tố đầu vào được xác định, phương trình từng bước được xây dựng và tính toán để đảm bảo được quỹ đạo chuyển động của cụm dao theo thời gian mong muốn. Kết hợp với điều kiện thực và phương trình tính toán sẽ góp

phần cải thiện trang thiết bị phù hợp với điều kiện mong muốn và đạt được hiệu suất cao hơn.

## 2.2. Biểu thức dao động tắt dần

Bảng 1. Giải thích các ký hiệu

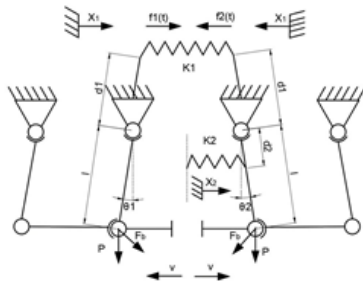
| Thông số                                 | Ký hiệu         | Đơn vị             |
|------------------------------------------|-----------------|--------------------|
| Góc cụm dao so với phương thẳng đứng     | $\theta$        | Độ                 |
| Vận tốc góc                              | $\dot{\theta}$  | Rad/s              |
| Gia tốc góc                              | $\ddot{\theta}$ | Rad/s <sup>2</sup> |
| Độ cứng của lò xo 1                      | $K_1$           | N/m                |
| Độ cứng của lò xo 2                      | $K_2$           | N/m                |
| Độ dài của thanh 1                       | $l$             | m                  |
| Khoảng cách vị trí lò xo bắt với thanh 1 | $d$             | m                  |
| Khối lượng bộ phận dao gọt               | $M$             | Kg                 |
| Gia tốc trọng trường                     | $g$             | m/s <sup>2</sup>   |
| Hệ số lực cản không khí                  | $B$             | N.m.s/rad          |
| Moment quán tính                         | $I$             | kg.m <sup>2</sup>  |

Theo mô hình động học (Hình 2), khi cà rốt vừa đi qua toàn bộ cụm dao gọt, cụm dao dao động về vị trí cân bằng với không vận tốc đầu và góc ban đầu đồng thời sản sinh một nguồn năng lượng dư từ lực do cà rốt tác dụng lên hệ từ đó xuất hiện lực biến đổi theo thời gian. Để có mô hình hóa bài toán cơ học này với các phân tích về lực (Hình 2) theo đó hướng giải quyết bài toán sẽ phân tách bài toán thành hai bài toán nhỏ gồm cụm bên trái và cụm bên phải điểm tách sẽ là tại đường tâm lò xo  $K_1$ .

Mục tiêu của mô hình sẽ đảm bảo tại thời gian mong muốn, cụm 1 và cụm 2 đều ở vị trí cân bằng và đồng thời hai lực  $f_1(t)$  và  $f_2(t)$  sẽ bằng nhau ở tại thời điểm đó thông các đại lượng từ Bảng 1.

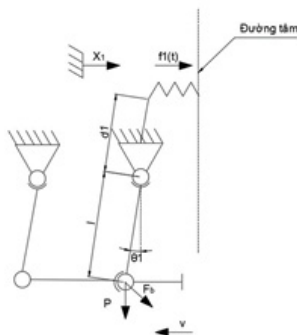


$$\begin{cases} \theta_1(t) = 0 \\ \theta_2(t) = 0 \\ f_1(t) = f_2(t) \end{cases}$$



Hình 2. Sơ đồ phân tích lực

Theo đó, cụm 1 sẽ được mô tả (Hình 3), chiều dương của phương trình và hướng lực và độ lớn của các momen xoắn được xác định trong sơ đồ phân tích lực (Hình 3).



Hình 3. Sơ đồ phân tích lực cụm 1

Áp dụng định luật D' Alembert trong động lực học tổng quát trong [5]:

$$\begin{aligned} I\ddot{\theta} &= \sum \text{Torque} = -\tau_{\text{cụm dao}} - \tau_{\text{lò xo}} - \tau_{\text{cản}} + \tau_{f(t)} \\ \Leftrightarrow M.l^2.\ddot{\theta} &= -M.g.\sin\theta.l - K.d^2.\sin\theta\cos\theta - B.\dot{\theta} + f_1(t) \\ \Leftrightarrow M.l^2.\ddot{\theta} + B.l^2.\dot{\theta} + (M.g.l + K.d^2).\theta &= f_1(t) \end{aligned}$$

Điều kiện góc trong phương trình nhỏ hơn 10 độ nên  $\sin\theta \sim \theta$  và  $\cos\theta \sim 1$ . Áp dụng công thức phương trình vi phân bậc hai cho hàm góc:

$$A\ddot{\theta} + B\dot{\theta} + C\theta = f_1(t) \quad (1)$$

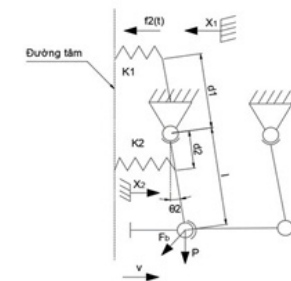
Trong đó:

- $A = M.l^2$
- $B = B$
- $C = M.g.l + K.d^2$

Áp dụng công thức giải phương trình vi phân bậc hai (1) được phương trình  $\theta(t)$ :

$$\theta(t) = \theta_0 e^{\alpha t} (\cos \beta t - \frac{\alpha}{\beta} \sin \beta t)$$

Tương tự, cụm 2 sẽ được mô tả (Hình 4), chiều dương của phương trình và hướng lực, năng lượng được xác định trong sơ đồ phân tích lực Hình 4 và Bảng 2.



Hình 4. Sơ đồ phân tích lực cụm 2

Bảng 2. Năng lượng của cụm 2

| Năng lượng   | Dạng năng lượng     | Tính                  | Đơn vị |
|--------------|---------------------|-----------------------|--------|
| Ban đầu      | Động năng           | $\frac{1}{2}mv^2$     | J      |
| Lò xo 1      | Thế năng            | $\frac{1}{2}K_1x_1^2$ | J      |
| Lò xo 2      | Thế năng            | $\frac{1}{2}K_2x_2^2$ | J      |
| Trọng lực hệ | Thế năng            | $mg(1-\cos\theta)$    | J      |
| Cản          | Năng lượng cản      | $B\dot{\theta}$       | J      |
| Toàn hệ      | Năng lượng tích trữ | $f_2(t)$              | J      |

Áp dụng bảo toàn năng lượng cho cụm 2.

$$\begin{aligned} \frac{1}{2}mv^2 &= \frac{1}{2}K_1x_1^2 + \frac{1}{2}K_2x_2^2 + mgl - mgl\cos\theta + bvl\sin\theta + f_2(t) \\ \Rightarrow \frac{1}{2}ml^2\dot{\theta}^2 - \frac{1}{2}K_1d_1^2(\sin\theta)^2 - \frac{1}{2}K_2d_2^2(\sin\theta)^2 + mgl(\cos\theta - 1) - bl^2\dot{\theta}\sin\theta &= f_2(t) \end{aligned}$$

Áp dụng Euler-Lagrange [6] có dạng  $L = T - V$

$$F = \frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{q}} - \frac{\partial L}{\partial q} = \frac{\partial f}{\partial q}$$

$$\begin{aligned} \Leftrightarrow \frac{\partial L}{\partial \dot{q}} &= ml^2\dot{\theta} \rightarrow \frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{q}} = ml^2\ddot{\theta} \\ \Leftrightarrow \frac{\partial L}{\partial q} &= -K_1d_1^2\sin\theta\cos\theta - bl^2\dot{\theta}\cos\theta + K_2d_2^2\sin\theta\cos\theta + mgl\sin\theta \\ \Leftrightarrow \frac{\partial f}{\partial q} &= f_2(t) \end{aligned}$$

Điều kiện góc trong phương trình nhỏ hơn 10 độ nên  $\sin\theta \sim \theta$  và  $\cos\theta \sim 1$ .

Từ đó:

$$ml^2\ddot{\theta} + K_1d_1^2\theta + K_2d_2^2\theta + mgl\theta + bl^2\dot{\theta} = f_2(t)$$

Áp dụng công thức phương trình vi phân bậc hai cho hàm góc là:

$$A''\ddot{\theta} + B'\dot{\theta} + C'\theta = f_2(t) \quad (2)$$

Trong đó:

- $A' = M.l^2$
- $B' = B = b.l^2$
- $C' = M.g.l = K_1.d_1^2 + K_2.d_2^2$

Do được thả tự do không vận tốc đầu từ vị trí cao nhất của hệ và xác định mốc thời gian tại vị trí này nên:

$$\begin{aligned} \begin{cases} \theta(0) = \theta_0 \\ \dot{\theta}(0) = 0 \end{cases} &\Rightarrow \begin{cases} C_1 = \theta_0 \\ \alpha C_1 + \beta C_2 = 0 \end{cases} \\ \Leftrightarrow \begin{cases} C_1 = \theta_0 \\ C_2 = -\frac{\theta_0 \alpha}{\beta} \end{cases} \end{aligned}$$

Như vậy, phương trình (2) có nghiệm:

$$\theta_2(t) = \theta_0 e^{\alpha_2 t} (\cos \beta_2 t - \frac{\alpha_2}{\beta_2} \sin \beta_2 t) \quad (3)$$

Phương trình cụm 1 sẽ là:

$$\begin{aligned} ml^2\ddot{\theta} + b\dot{\theta} + (K_1d_1^2 + mgl)\theta &= f_1(t) \\ \theta_1(t) &= \theta_0 e^{\alpha_1 t} (\cos \beta_1 t - \frac{\alpha_1}{\beta_1} \sin \beta_1 t) \end{aligned}$$

Trong đó:

$$\begin{aligned} \bullet \alpha_1 &= -\frac{B}{2.A} = -\frac{b}{2.ml^2} \\ \bullet \beta_1 &= \sqrt{\frac{C}{A} - \left(\frac{B}{2A}\right)^2} = \sqrt{\frac{(K_1d_1^2 + mgl)}{ml^2} - \left(\frac{b}{2.ml^2}\right)^2} \end{aligned}$$

Thay vào phương trình (1) để có được phương trình  $f_1$  theo thời gian. Thực hiện tương tự cụm 1, phương trình cụm 2 là:

$$ml^2\ddot{\theta} + b\dot{\theta} + (K_1d_1^2 + K_2d_2^2 + mgl)\theta = f_2(t)$$

Trong đó:

$$\begin{aligned} \theta_2(t) &= \theta_0 e^{\alpha_2 t} (\cos \beta_2 t - \frac{\alpha_2}{\beta_2} \sin \beta_2 t) \\ \dot{\theta}_2(t) &= \theta_0 \alpha_2 e^{\alpha_2 t} (\cos \beta_2 t - \frac{\alpha_2}{\beta_2} \sin \beta_2 t) - \theta_0 e^{\alpha_2 t} (\beta_2 \sin \beta_2 t + \alpha_2 \cos \beta_2 t) \\ \ddot{\theta}_2(t) &= \theta_0 \alpha_2^2 e^{\alpha_2 t} (\cos \beta_2 t - \frac{\alpha_2}{\beta_2} \sin \beta_2 t) \\ &\quad - \theta_0 e \alpha_2^2 (\beta_2 \cos \beta_2 t + \alpha_2 \sin \beta_2 t) \\ &\quad - \theta_0 \alpha_2 e^{\alpha_2 t} (\cos \beta_2 t - \frac{\alpha_2}{\beta_2} \sin \beta_2 t) - \theta_0 e^{\alpha_2 t} (\beta_2^2 \sin \beta_2 t + \alpha_2 \beta_2 \cos \beta_2 t) \end{aligned}$$

Với:

$$\begin{aligned} \bullet \alpha_2 &= -\frac{B}{2.A} = -\frac{b}{2.ml^2} \\ \bullet \beta_2 &= \sqrt{\frac{C}{A} - \left(\frac{B}{2A}\right)^2} = \sqrt{\frac{(K_1d_1^2 + K_2d_2^2 + mgl)}{ml^2} - \left(\frac{b}{2.ml^2}\right)^2} \end{aligned}$$

Thay vào phương trình (2) để có được phương trình  $f_2$  theo thời gian. Để thỏa mãn yêu cầu về thời gian hệ sẽ cân bằng thì:

$$\begin{aligned} f_1(t) &= f_2(t) \\ \Leftrightarrow f_2(t) - f_1(t) &= 0 \end{aligned} \quad (4)$$

Với một giá trị  $K_1$  sẽ có nhiều giá trị  $K_2$  thỏa mãn phương trình (3), nhưng khi này sẽ tồn tại một năng lượng dư làm cho hệ vẫn tiếp tục dao động để đảm bảo việc chỉ tồn tại một  $K_2$  thỏa mãn thì cần xét thêm yêu cầu cân bằng theo phương trình (4).

$$\begin{aligned}
 & ml^2\ddot{\theta}_2 + bl^2\dot{\theta}_2 + (K_1d_1^2 + K_2d_2^2 + mgl)\theta_2 \\
 & - (ml^2\ddot{\theta}_1 + bl^2\dot{\theta}_1 + (K_1d_1^2 + mgl)\theta_1) = f_1(t) - f_2(t) \\
 \Leftrightarrow & ml^2\ddot{\theta}_2 + bl^2\dot{\theta}_2 + (K_1d_1^2 + K_2d_2^2 + mgl)\theta_2 \\
 & - (ml^2\ddot{\theta}_1 + bl^2\dot{\theta}_1 + (K_1d_1^2 + mgl)\theta_1) = 0
 \end{aligned}$$

Bảng 3. Các thông số giá trị mẫu

| Ký hiệu    | Giá trị | Đơn vị           |
|------------|---------|------------------|
| $\theta_0$ | 8.86    | độ               |
| $m$        | 1.6     | kg               |
| $B$        | 4       | N.m.s/rad        |
| $g$        | 9.81    | m/s <sup>2</sup> |
| $l$        | 0.1     | m                |
| $d$        | 0.05    | m                |
| $K_1$      | 170     | N/m              |
| $K_2$      | 114.4   | N/m              |

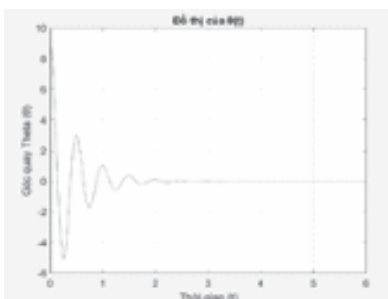
Từ các thông số được đưa ra trong bài báo [3] kết hợp với các công thức nghiên cứu trong nội dung trên đã xây dựng nên các thông số giá trị mẫu theo Bảng 3.

Áp dụng công thức giải phương trình vi phân bậc hai cho cụm 1 được phương trình  $\theta_1(t)$ :

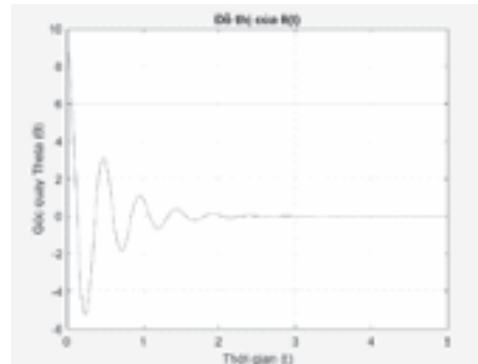
$$\theta_1(t) = 8.86e^{\alpha_1 t}(\cos \beta_1 t - \frac{\alpha_1}{\beta_1} \sin \beta_1 t)$$

Áp dụng công thức giải phương trình vi phân bậc hai cho cụm 2 với thông số từ Bảng 3 sẽ được phương trình  $\theta(t)$ :

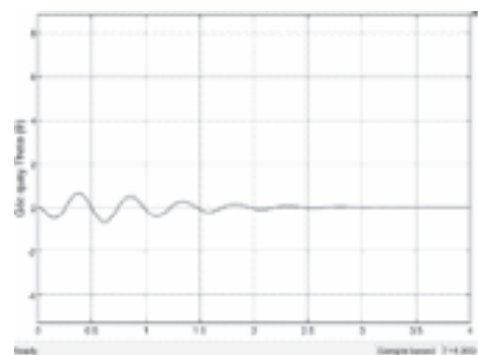
$$\theta_2(t) = 8.86e^{\alpha_2 t}(\cos \beta_2 t - \frac{\alpha_2}{\beta_2} \sin \beta_2 t)$$



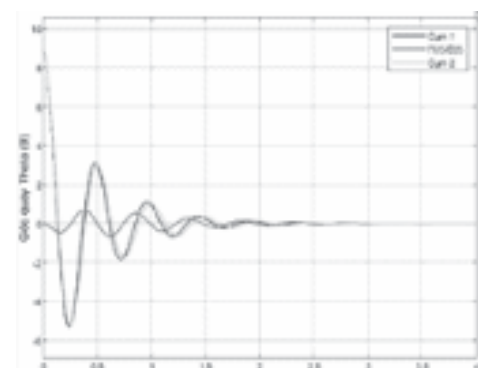
Hình 5. Đồ thị dao động tắt dần cụm 1



Hình 6. Đồ thị dao động tắt dần cụm 2



Hình 7. Đồ thị dao động tắt dần  $f(t)$



Hình 8. Đồ thị dao động tắt dần tổng hợp

### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Quan sát đồ thị dao động của cụm 1 (Hình 5) so với đồ thị dao động của cụm 2 (Hình 6) có sự khác biệt về tần số dao động, được thể hiện rõ hơn trong (Hình 8). Tại cụm 1 có tần số dao động cao hơn so với cụm 2, sự sai lệch này đến từ lò xo  $K_2$  trong cụm 2.

Từ đồ thị dao động tổng hợp (Hình 8) nhận thấy có sự chênh lệch góc quay giữa phương trình cụm lò xo 1 và 2 tại cùng thời điểm. Sự chênh lệch này được thể hiện bằng đường đồ thị màu đỏ chính là hiệu của hai phương trình (Hình 7). Đường đồ thị này cũng thể hiện năng lượng dư khi tổng hợp hai cụm lò xo. Điểm xuất phát của đường đồ thị đỏ bắt đầu từ vị trí 0 và dao động tắt dần phụ thuộc vào sự chênh lệch của biên độ của cụm 1 và cụm 2. Khi biên độ dao động của đường đồ thị đỏ này được thu hẹp thì quá trình ổn định của toàn hệ sẽ diễn ra nhanh hơn và chính xác hơn.

Xét đến sự thay đổi của cụm 1 và cụm 2 (Hình 8), điểm bắt đầu của đường đồ thị hai cụm dao này ở vị trí 8,86 độ là vị trí mở rộng tối đa của cụm dao, đồng thời cũng chính là vị trí cả rớt có đường kính lớn nhất và đi ra khỏi cụm dao số liệu. Nhận thấy, sau 3 giây đầu thì góc quay cụm lò xo 1, 2 và đường chênh lệch đều tiệm cận 0, điều đó đồng nghĩa với việc cả hai cụm lò xo sẽ nằm ở vị trí cân bằng sau 3 giây đầu dao động.

So sánh chuyển động của cụm dao 1 và 2 (Hình 8), cả hai cụm dao xuất phát cùng biên độ góc ban đầu nhưng các chuyển động theo thời gian lại có sự chênh lệch tương đối, cụm 2 sẽ có xu hướng về nhanh hơn do có nhiều hơn 1 lò xo  $K_2$ . Lò xo này góp phần làm thu hẹp biên độ dao động trên đồ thị cụm 2, đồng thời lực đàn hồi từ lò xo này cũng đã làm cho dao động của cụm 2 về vị trí cân bằng nhanh hơn.

Từ đánh giá trên có thể nâng cao năng suất máy gọt vỏ sau khi biết được thời điểm cả hai cụm tắt dao động bằng cách tính toán, tinh chỉnh hợp lý thời gian giãn cách giữa hai lần cấp củ quả vào máy để tối ưu hóa công suất làm việc của máy.

#### 4. KẾT LUẬN

Bài báo thiết lập và mô phỏng lại góc di chuyển của toàn bộ cụm gọt vỏ theo thời gian, kiểm soát được thời gian dao động của cả cụm dao. Các đại lượng có thể được điều chỉnh sao cho phù hợp với quy mô sản xuất yêu cầu. Hơn thế nữa, bài toán đã kết hợp được hai cụm dao thông qua lực tác động của lò xo  $K_1$ .

Cùng với đó là sự điều chỉnh của lò xo  $K_2$ . Bài nghiên cứu này là một trong những cải tiến trong quá trình tính toán gắn sát với điều kiện thực tế, mô phỏng quỹ đạo di chuyển của cụm dao cắt bằng phần mềm Matlab - Simulink for student [7]. Từ đó hiểu sâu hơn sự ảnh hưởng các thông số đến việc nâng cao hiệu quả trong máy gọt vỏ cà rốt.

Song bài nghiên cứu còn những điểm cần cải tiến về các điều kiện chuẩn so với thực tế, kết quả nhận được hiện tại đều dựa trên các điều kiện lý tưởng với các biên dạng đơn giản hơn so với cụm dao đang được đề cập và xem xét. Ngoài ra, bài nghiên cứu chỉ xoay quanh phương trình toán học chưa có các kiểm nghiệm thực tế và bộ phận cắt gọt hiện đang xem xét là một chất điểm, chưa có các khảo sát đi sâu vào các lực cản và điểm đặt lực cụ thể. Cùng với đó, bài báo đã đưa ra phương án nâng cao hiệu quả của máy gọt vỏ và đồng thời tạo điều kiện cải tiến cho các nghiên cứu sau này.

#### Lời cảm ơn:

Chúng tôi xin cảm ơn Trường Đại học Bách khoa, ĐHQG-HCM đã hỗ trợ cho nghiên cứu này. ❖

Ngày nhận bài: 26/9/2024

Ngày phản biện: 23/10/2024



## Tài liệu tham khảo:

- [1]. “*FAO Statistical Yearbook 2023 - World Food and Agriculture - World | ReliefWeb*”. Accessed: Apr. 11, 2024. [Online]. Available: <https://reliefweb.int/report/world/fao-statistical-yearbook-2023-world-food-and-agriculture>
- [2]. “*HEPRO®UP-8000-Hepro GmbH Maschinen und Spezialgeräte Nahrungsmitteltechnik - PDF Catalogs | Technical Documentation | Brochure*”. Accessed: Apr. 11, 2024. [Online]. Available: <https://pdf.directindustry.com/pdf/hepro-gmbh-maschinen-und-spezialgeraete-nahrungsmitteltechnik/hepro-up-8000/219961-976375.html>
- [3]. Nguyễn Bành Quốc, Hoàn Nguyễn, Sơn Phạm Hoàng, “*Mô hình quỹ đạo di chuyển của cụm cắt trong máy gọt vỏ cà rốt*”. NSCAMVE, 2023.
- [4]. D. R. Snee, “*A useful method for conducting carrot shape studies*”. *Journal of Horticultural Science*, vol. 47, no. 3, pp. 267-277, Jan. 1972, doi: 10.1080/00221589.1972.11514468.
- [5]. Russell C. Hibbeler, “*Engineering Mechanics: Statics & Dynamics*”, 14th edition. Pearson, 2020.
- [6]. P. Hamill, “*A Student's Guide to Lagrangians and Hamiltonians*”. Cambridge University Press, 2013. doi: 10.1017/CBO9781107337572.
- [7]. S. L. Eshkabilov, “*Practical Matlab modeling with Simulink: Programming and simulating ordinary and partial differential equations*”. Apress Media LLC, 2020. doi: 10.1007/978-1-4842-5799-9/COVER.