

# PHÂN TÍCH MÔ HÌNH ĐỘNG LỰC HỌC CỦA BÀN RUNG TRONG QUÁ TRÌNH KHỞI ĐỘNG NHẪM XÁC ĐỊNH MỘT SỐ THÔNG SỐ HỢP LÝ PHỤC VỤ THIẾT KẾ CHẾ TẠO BÀN RUNG SẢN XUẤT CẤU KIỆN BÊ TÔNG

Phạm Văn Minh<sup>a,\*</sup>, Lưu Đức Thạch<sup>a</sup>

<sup>a</sup>*Khoa Cơ khí, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội, số 55 đường Giải Phóng, Bạch Mai, Hà Nội, Việt Nam*

*Nhận ngày 20/4/2026, Sửa xong 05/5/2026, Chấp nhận đăng 21/5/2026*

## Tóm tắt

Quá trình khởi động của bàn rung trong sản xuất cấu kiện bê tông đúc sẵn cần vượt qua quá trình cộng hưởng là giai đoạn nguy hiểm dễ gây hư hỏng của các chi tiết và bộ phận bàn rung. Bài báo đã xây dựng mô hình động lực học và mô hình toán học của bàn rung, khảo sát xác định các thông số làm việc tần số dao động, biên độ dao động và gia tốc của bàn rung nhằm đảm bảo cho việc tạo hình tốt cấu kiện bê tông đúc sẵn. Điểm mới của nghiên cứu là phương án lắp đặt bộ giảm chấn điện từ vào máy rung và khảo sát mô hình bằng phần mềm Mathematica tìm ra được các thông số đáp ứng được chế độ làm việc trong giai đoạn khởi động vượt qua vùng cộng hưởng của máy rung với thời gian giảm lên tới 40% so với phương án thông thường. Kết quả này cung cấp cho các nhà thiết kế các phương án điều khiển động cơ bàn rung vượt qua vùng cộng hưởng một cách hiệu quả đảm bảo khả năng làm việc ổn định và tăng tuổi thọ của các bộ phận của bàn rung.

*Từ khóa:* bàn rung; giảm chấn điện từ; mô hình cơ học bàn rung; mô hình toán học bàn rung; quá trình khởi động; vùng cộng hưởng.

## DYNAMIC MODEL ANALYSIS OF A VIBRATING TABLE DURING STARTUP TO DETERMINE OPTIMAL PARAMETERS FOR THE DESIGN AND MANUFACTURING OF VIBRATING TABLES FOR CONCRETE COMPONENT PRODUCTION

### Abstract

The startup process of a vibrating table used in the production of precast concrete components requires passing through the resonance region, which is a critical stage that may cause damage to the table and its components. This paper develops dynamic and mathematical models of the vibrating table to investigate and determine key operating parameters, including oscillation frequency, amplitude, and acceleration, in order to ensure proper shaping of precast concrete components. The novelty of this research lies in the integration of an electromagnetic damper into the vibrating system and the use of Mathematica software to model and determine parameters that satisfy operating conditions during the startup phase. This approach enables the system to pass through the resonance region more quickly, reducing the transition time by up to 40% compared to conventional methods. The results provide designers with an effective control strategy for the vibrating table motor to overcome the resonance region, thereby ensuring stable operation and extending the service life of the equipment. *Keywords:* vibrating table; electromagnetic damping; mechanical model of the vibrating table; mathematical model of the vibrating table; startup process; resonance region.

[https://doi.org/10.31814/stce.huce2026-20\(2V\)-09](https://doi.org/10.31814/stce.huce2026-20(2V)-09) © 2026 Trường Đại học Xây dựng Hà Nội (ĐHXDHN)

## 1. Giới thiệu

Việc sử dụng cấu kiện bê tông cốt thép đúc sẵn tại Việt Nam đang gia tăng rõ rệt trong bối cảnh đẩy mạnh công nghiệp hóa xây dựng và phát triển hạ tầng. Phương pháp này cho phép sản xuất cấu kiện trong nhà máy với điều kiện kiểm soát chất lượng tốt, rút ngắn tiến độ thi công, giảm phụ thuộc thời tiết và nâng cao tính thống nhất của công trình [1]. Mặt khác, sử dụng cấu kiện đúc sẵn trong công trình còn góp phần giảm thiểu chất thải xây dựng, tác động môi trường, hao phí vật liệu tối ưu và phù hợp với xu hướng phát triển bền vững hiện nay [2].

Ở Việt Nam, xu hướng này được dùng phổ biến trong các công trình hạ tầng, nhà công nghiệp, công trình nhà ở lắp ghép, cấu kiện thi cọc và cấu kiện móng công trình, ... nhờ khả năng tối ưu chi

\*Tác giả đại diện. Địa chỉ e-mail: [minhpv@huce.edu.vn](mailto:minhpv@huce.edu.vn) (Minh, P. V., Thạch, L. Đ.)

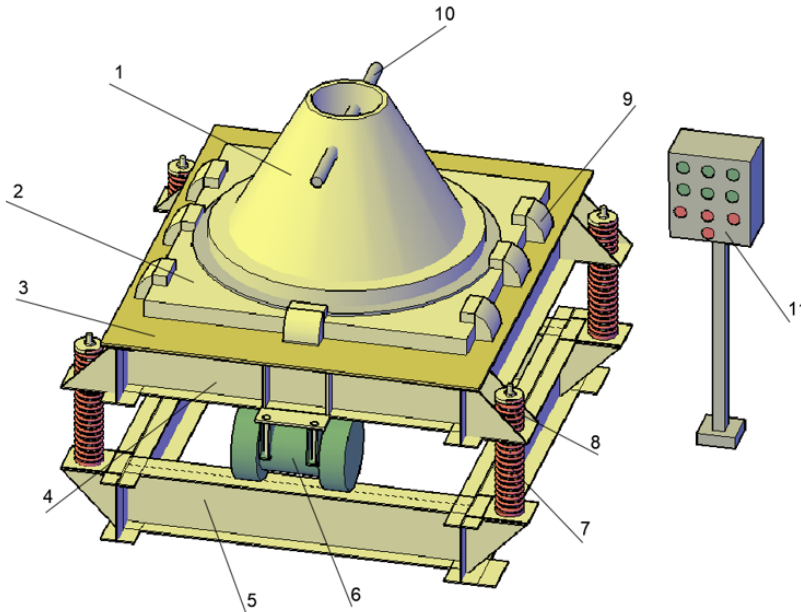
phí vòng đời và đẩy nhanh tiến độ thi công. Tuy nhiên, việc áp dụng rộng rãi vẫn còn hạn chế do chi phí đầu tư ban đầu cao, thiếu đồng bộ về tiêu chuẩn kỹ thuật trong các khâu thiết kế, sản xuất, vận chuyển, lắp đặt, cũng như tiêu chuẩn hóa module hóa và đội ngũ nguồn nhân lực có trình độ chuyên môn [3]. Thiết bị chế tạo cấu kiện bê tông bằng bàn rung là một trong những phương pháp truyền thống, được sử dụng rộng rãi trong sản xuất bê tông đúc sẵn trong nhà máy nhờ có năng suất, chất lượng và tính đồng đều cao. Thiết bị này làm việc dựa trên việc tạo dao động cơ học làm giảm ma sát của hỗn hợp bê tông, giúp các hạt cốt liệu sắp xếp lại chặt chẽ hơn, từ đó nâng cao độ đặc chắc và tính đồng nhất của vật liệu bê tông. Nhiều nghiên cứu cho thấy quá trình đầm bằng bàn rung có thể cải thiện đáng kể cường độ và độ bền lâu của bê tông nếu được kiểm soát hợp lý về tần số và thời gian rung [4, 5]. Tại Việt Nam, thiết bị bàn rung được áp dụng rộng rãi trong sản xuất các cấu kiện bê tông đúc sẵn quy mô vừa và nhỏ như gạch block, tấm panel và cấu kiện cọc, cấu kiện móng. Ưu điểm của phương pháp này là thiết bị đơn giản, chi phí thấp và dễ vận hành, phù hợp với điều kiện công nghệ hiện nay. Tuy nhiên, đối với các cấu kiện lớn hoặc yêu cầu chất lượng cao, công nghệ này hạn chế về khả năng kiểm soát đồng đều và đang có xu hướng được thay thế hoặc bổ sung bởi các công nghệ tiên tiến hơn như bê tông tự lên hoặc hệ thống rung tự động [6, 7]. Theo DIN-EN 12390-1 [8] tần số tối thiểu của bàn rung  $f$  là 40 Hz, tức là ứng với tốc độ quay của động cơ gây rung 2.400 vòng/phút. Trong thực tế, bàn rung tiêu chuẩn có tốc độ quay 3.000 vòng/phút ở tần số 50 Hz, một số bàn rung có tần số cao có tốc độ từ 4.500 ÷ 10.000 vòng/phút. Tuy nhiên, lực ly tâm, thời gian rung và biên độ rung không được quy định mà thường thiết lập dựa trên kinh nghiệm sản xuất [9, 10].

Nghiên cứu quá trình khởi động của bàn rung trong sản xuất cấu kiện bê tông tập trung vào việc giải quyết các vấn đề về động lực học và kiểm soát cộng hưởng để bảo vệ thiết bị và đảm bảo chất lượng sản phẩm. Khi bàn rung bắt đầu hoạt động, nó phải đi qua vùng tần số cộng hưởng của hệ thống (động cơ dẫn động, lò xo, khung bàn, khuôn, ...) dưới sự dẫn động của động cơ kích rung là giai đoạn nguy hiểm nhất dễ gây hư hỏng của các bộ phận. Nghiên cứu [6] đã khảo sát độ cứng lò xo và khối lượng rung để đảm bảo khuôn không bị tách rời khỏi bàn trong quá trình dao động. Trong nghiên cứu này xây dựng các mô hình động lực học và mô hình toán học của bàn rung trên cơ sở đó tiến hành khảo sát xác định các thông số làm việc tần số dao động, biên độ dao động và gia tốc dao động của bàn rung nhằm đảm bảo cho việc tạo hình tốt cấu kiện bê tông đúc sẵn [11, 12]. Trong đó, nghiên cứu khảo sát quá trình khởi động của bàn rung đến vận tốc làm việc trong vùng cộng hưởng với biên độ dao động của máy. Bằng phương án đề xuất lắp đặt bộ giảm chấn điện từ vào bàn rung để giảm biên độ dao động của máy khi vượt qua vùng cộng hưởng. Thông qua việc khảo sát mô hình cơ học và mô hình toán học của bàn rung trong quá trình khởi động với hai giai đoạn: giai đoạn 1, cho bộ giảm chấn điện từ làm việc cùng bàn rung, cho đến khi quá trình khởi động máy vượt qua vùng cộng hưởng và giai đoạn 2, tắt nguồn điện bộ giảm chấn điện từ, để bàn rung làm việc độc lập. Tiến hành tính toán các thông số của bộ giảm chấn điện từ, thông số của hệ cơ bàn rung) và các thông số của hệ điện (bộ giảm chấn điện từ) theo hai giai đoạn nêu trên bằng phần mềm Mathematica tìm ra được các thông số đáp ứng được chế độ làm việc trong giai đoạn khởi động vượt qua vùng cộng hưởng của bàn rung.

## 2. Xây dựng mô hình cơ học và toán học của bàn rung

Trên Hình 1, trình bày nguyên lý hoạt động của bàn rung, sau khi cố định đế khuôn (2) vào mặt bàn rung (3), đặt kết cấu khung thép vào khuôn và cố định với mặt bàn rung (3), tiến hành nạp một lượng hỗn hợp bê tông ban đầu đã được trộn vào khuôn. Khởi động bàn rung bằng tủ điều khiển (11), khi này 2 động cơ rung (6) sẽ hoạt động tạo ra rung động lên khung đỡ (4) và mặt bàn rung (3) để tiến hành rung động đầm chặt hỗn hợp bê tông trong khuôn (1) và đẩy nước và khí thừa trong hỗn hợp ra ngoài, cho tới khi bê tông trong khuôn được làm chặt thì tiến hành nạp thêm lớp bê tông tiếp theo vào khuôn. Thực hiện quá trình đầm và nạp thêm hỗn hợp bê tông như trên cho đến khi đổ bê tông bằng

miệng khuôn và đạt đúng hình dạng kích thước sản phẩm đúc theo yêu cầu. Sau khi thực hiện xong quá trình rung làm chặt tiến hành tắt động cơ, tháo khuôn và đưa sản phẩm đến khu vực dưỡng hộ.

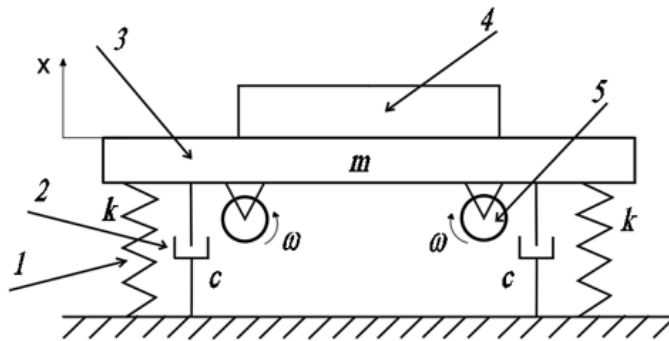


1. Khuôn; 2. Đế khuôn; 3. Mặt bàn rung; 4. Khung đỡ; 5. Đế của máy rung; 6. Động cơ rung; 7. Lò xo chịu tải; 8. Lò xo điều hướng; 9. Kẹp cố định khuôn; 10. Tai nâng khuôn; 11. Tủ điều khiển máy rung

Hình 1. Bàn rung bê tông

### 2.1. Xây dựng mô hình cơ học và toán học cho bàn rung

Mô hình cơ học của bàn rung (Hình 1) được xây dựng với các giả thiết sau: bàn rung là tuyệt đối cứng; các lò xo, giảm chấn không có khối lượng (khối lượng rất nhỏ so với bàn rung), có độ cứng và độ giảm chấn giống nhau; hệ số bê tông tham gia dao động  $k_b = 0,7$ ; các động cơ gây rung có cùng mô men quán tính lệch tâm, quay cùng tốc độ và ngược chiều nhau [11–13].



1. Lò xo; 2. Giảm chấn; 3. Mặt bàn rung; 4. Khuôn; 5. Động cơ rung

Hình 2. Sơ đồ mô hình bàn rung

Theo Newton ta xây dựng phương trình vi phân chuyển động cho bàn rung theo sơ đồ Hình 2, như sau:

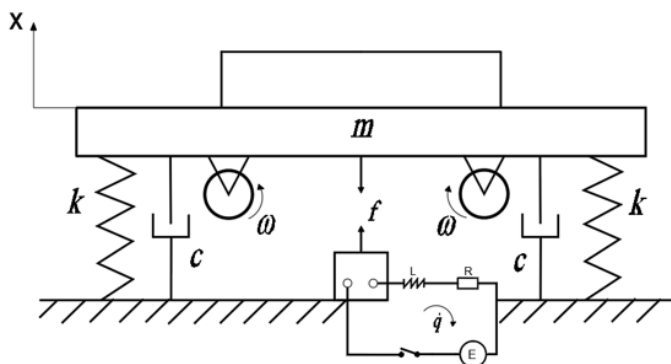
$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = F_0 \sin \omega t \quad (1)$$

trong đó  $m$  là khối lượng tham gia dao động bao gồm (khối lượng mặt bàn rung, động cơ, khuôn đúc bê tông, hỗn hợp bê tông tham gia dao động), kg;  $k$  là tổng hệ số độ cứng lò xo, N/m;  $c$  là tổng hệ số

giảm chấn,  $Ns/m$ ;  $F_0 = me\omega^2$ ,  $N$  là biên độ dao động của lực kích động;  $e$  là bán kính lệch tâm,  $m$  và  $\omega$  là tần số góc,  $rad/s$ .

## 2.2. Mô hình cơ học và toán học của bàn rung trong quá trình khởi động khi lắp thêm bộ giảm chấn điện từ

Khi bàn rung khởi động đi qua vùng cộng hưởng thì biên độ dao động của mặt bàn rung tăng lớn, ảnh hưởng đến kết cấu của máy, của khuôn cũng như của hỗn hợp bê tông trong khuôn. Để khắc phục hiện tượng này chọn lắp thêm bộ giảm chấn điện từ tác dụng trong thời gian khởi động của bàn rung cho đến khi vượt qua vùng cộng hưởng. Cấu tạo của bộ giảm chấn điện từ (Hình 3) bao gồm: cuộn dây có độ tự cảm  $L_0$  bên trong có lõi sắt từ chuyển động, một điện trở  $R$  và một nguồn điện áp lý tưởng  $E$ . Khi đóng mạch thì cuộn dây tạo ra lực từ trường  $f$  hút khối lượng  $m$  làm cản trở sự dịch chuyển của mặt bàn rung.



Hình 3. Mô hình cơ học bàn rung khi lắp thêm bộ giảm chấn điện từ

Theo Hình 3, hệ cơ học trên có hai tọa độ tổng quát:  $x$  là tọa độ dịch chuyển của mặt bàn rung và  $q$  là tọa độ điện tích của mạch điện.

Theo công thức điện tích phương trình Lagrange có dạng [11, 12]:

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} \right) + \frac{\partial D}{\partial \dot{q}_i} - \frac{\partial L}{\partial q_i} = E_k; \quad i = 1 \div 2 \quad (2)$$

trong đó:

Hàm Lagrange:

$$L = T + W_m^* - V \quad (3)$$

Hàm động năng của hệ:

$$T = \frac{1}{2} m \dot{x}^2 \quad (4)$$

Hàm thế năng của hệ:

$$V = \frac{1}{2} k x^2 \quad (5)$$

Hàm hệ số điện từ:

$$W_m^* = \frac{1}{2} L(x) \dot{q}^2 \quad (6)$$

trong đó  $L(x) = L_0 / (1 + (x_0 + x)/h)$  là độ tự cảm thay đổi của cuộn dây;  $h$  là khe hở của cuộn dây và lõi sắt từ;  $x_0$  là vị trí ban đầu của lõi sắt từ.

Thay (4), (5) và (6) vào (3) ta có:

$$L = \frac{1}{2}m\dot{x}^2 + \frac{1}{2}L(x)\dot{q}^2 - \frac{1}{2}kx^2 \quad (7)$$

Hàm hao tán là:

$$D = \frac{1}{2}b\dot{x}^2 + \frac{1}{2}R\dot{q}^2 \quad (8)$$

và công ảo của nguồn điện áp lý tưởng là:

$$\delta w_{nc} = E(t)\delta q \quad (9)$$

Thay phương trình (7), (8) và (9) vào (2) ta được phương trình vi phân chuyển động của hệ Hình 3 như sau:

$$m\ddot{x} + c(\dot{x}) + kx - L'(x)\frac{\dot{q}^2}{2} = 0 \quad (10)$$

$$\frac{d}{dt}[L(x)\dot{q}] + R\dot{q} = E(t) \quad (11)$$

trong đó

$$L'(x) = \frac{\partial L(x)}{\partial x} \quad (12)$$

Để mô phỏng đúng quá trình làm việc của bàn rung ở hai giai đoạn: giai đoạn khởi động vượt qua vùng cộng hưởng và giai đoạn bàn rung làm việc ổn định (giai đoạn làm việc chính) được mô tả như sau:

Giai đoạn 1: khởi động bàn rung vượt qua vùng cộng hưởng, lúc này hệ phương trình (10), (11) có dạng:

$$\begin{cases} m\ddot{x} + c\dot{x} + kx - L'(x)\frac{\dot{q}^2}{2} = 0 \\ \frac{d}{dt}[L(x)\dot{q}] + R\dot{q} = E(t) \end{cases} \quad \text{với } 0 \leq t \leq t_1 \quad (13)$$

trong đó  $t_1$  là thời gian khi khởi động khi  $\omega \simeq \omega_0$ , để vượt qua vùng cộng hưởng ta chọn  $t_1 = t_1 + \Delta t$ ,  $\Delta t$  là số thời gian cộng thêm để vượt qua khỏi điểm cộng hưởng, điều kiện đầu cho hệ phương trình (13) là  $x(0) = 0$ ;  $\dot{x}(0) = 0$ ;  $q(0) = 0$ ;  $\dot{q}(0) = 0$ . Thời gian  $t_1 \leq 1/(3f_n)$ , s; với  $f_n = 1/(2\pi)\sqrt{k/m}$  là tần số của dao động cộng hưởng.

Giai đoạn 2: bàn rung làm việc khi giảm chấn đã được ngắt nguồn điện, ở chế độ bình thường theo công thức (1):

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = F_0 \sin \omega t \quad \text{với } t_1 \leq t \leq t_2 \quad (14)$$

$t_2$  là thời gian khảo sát. Điều kiện đầu cho phương trình (14) là  $x(t_1) = x(t_1)$ ;  $\dot{x}(t_1) = \dot{x}(t_1)$ .

### 3. Phân tích khảo sát xác định các thông số cơ bản của bàn rung trong quá trình khởi động

#### 3.1. Xác định các thông số của mô hình khảo sát

Bàn rung khảo sát được tính toán thiết kế để sản xuất hai loại cấu kiện bê tông sử dụng trong thi công móng: cấu kiện hình côn có đường kính đỉnh lớn 1000 mm và đường kính đỉnh nhỏ 300 mm, chiều cao 395 mm; cấu kiện cọc bê tông liên kết với hình côn có kích thước 300 × 300 × 1500 mm, khi liên kết hai cấu kiện trên với nhau tạo thành cọc bê tông có mũ dạng côn ở đầu cọc, có khả năng chịu tải lớn được sử dụng một cách hiệu quả trong thực tiễn.

Trên có sở yêu cầu của bàn rung sản xuất hai loại cấu kiện nêu trên, đã tính toán xác định được các thông số ban đầu của các bộ phận chính của mô hình bàn rung như sau: 02 động cơ rung có: tần số cơ bản  $f = 50$  Hz ứng với tốc độ quay 2850 vòng/phút và lực rung  $10 \div 15$  kN/một động cơ, biên độ  $A = 0,1 - 0,5$  mm; 04 lò xo có độ cứng 10.000.000 N/m và các thông số khác của mô hình được tổng hợp trong Bảng 1 (Hình 2) và các thông số cơ bản của cuộn dây điện từ trong mô hình (Hình 3) ở Bảng 2.

Bảng 1. Các thông số ban đầu của bàn rung

| Tên                          | Ký hiệu       | Giá trị    | Đơn vị |
|------------------------------|---------------|------------|--------|
| Khối lượng tham gia dao động | Phần hình côn | 1384,8     | kg     |
|                              | Phần hình trụ | 2404,3     |        |
| Tổng hệ số độ cứng           | $k$           | 34.168.570 | N/m    |
| Tổng hệ số giảm chấn         | $c$           | 341,6857   | Ns/m   |
| Lực kích động                | $F_0$         | 40.000     | N      |
| Bán kính lệch tâm            | $e$           | 0,008      | m      |
| Vận tốc góc                  | $\omega$      | 314        | rad/s  |

Bảng 2. Thông số cơ bản của cuộn dây giảm chấn điện trở

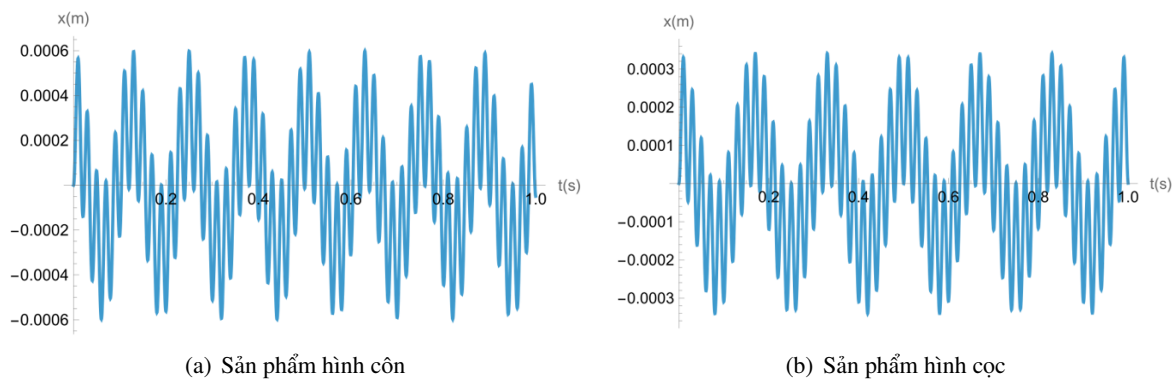
|                    |                             |          |
|--------------------|-----------------------------|----------|
| Diện tích lõi từ   | $1,76714587 \times 10^{-6}$ | $m^2$    |
| Chiều dài cuộn dây | 0,74                        | m        |
| Điện trở cuộn dây  | 0,001426                    | $\Omega$ |

### 3.2. Khảo sát xác định các thông số hợp lý của bàn rung

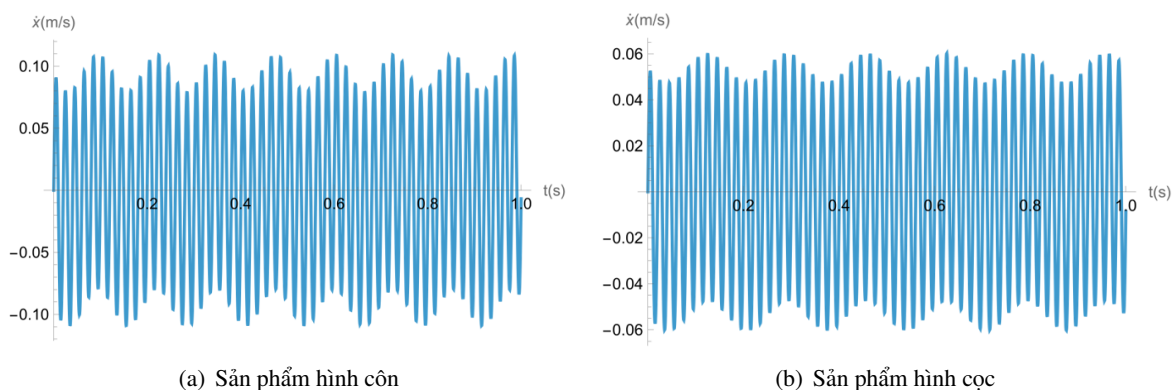
#### a. Trường hợp quá trình khởi động bàn rung không lắp giảm chấn

Để khảo sát phương trình vi phân (1) xác định biên độ, vận tốc, gia tốc phù hợp với chế độ làm việc của bàn rung, sử dụng phần mềm Mathematica để giải và phân tích phương trình vi phân (1) với các thông số ban đầu của máy trong Bảng 1 và các điều kiện  $x(0) = 0$  và  $\dot{x}(0) = 0$  cho hợp trường hợp khuôn côn (với sản phẩm hình côn) và khuôn cọc (với sản phẩm hình cọc).

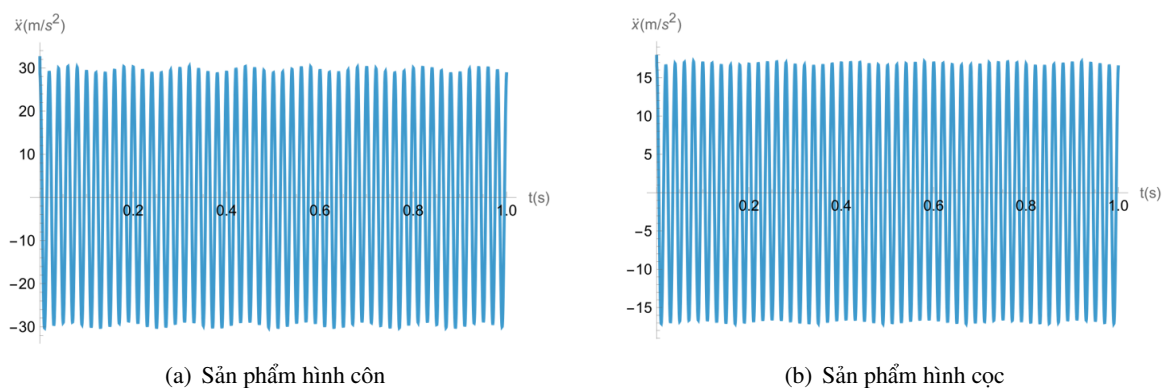
Từ kết quả khảo sát trên Hình 4, Hình 5, Hình 6, cho thấy với sản phẩm hình côn thì biên độ của dao động 0,0006 m và gia tốc dao động  $30 \text{ m/s}^2$ , vận tốc nhỏ hơn 0,10 m/s trong thời gian dao động 1 giây. Còn đối với sản phẩm hình cọc thì biên độ của dao động 0,0003 m và gia tốc dao động  $15 \text{ m/s}^2$ , vận tốc nhỏ hơn 0,6 m/s trong thời gian dao động 1 giây. Như vậy, các kết quả này cho phép bàn rung làm việc trong điều kiện bình thường và sản xuất được 2 loại sản phẩm có 2 khối lượng khác nhau. Thông qua kết quả đó cho thấy phương án lựa chọn các thông số của bàn rung là chấp nhận được và cũng cho phép bàn rung có thể sản xuất được 02 sản phẩm có khối lượng và kích thước khác nhau, làm gia tăng hiệu quả sử dụng của bàn rung trong thực tế. Mặt khác, có thể thay đổi chế độ rung bằng cách, thay đổi tần số rung của lực kích động  $\omega$  bằng biến tần hoặc thay đổi lực rung  $F_0$  bằng cách thay đổi khối lượng lệch tâm  $m_o$  hoặc bán kính lệch tâm  $e$ .



Hình 4. Đồ thị độ dịch chuyển của mặt bàn rung



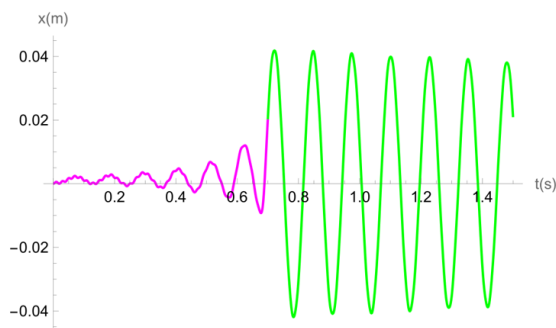
Hình 5. Đồ thị vận tốc của mặt bàn rung



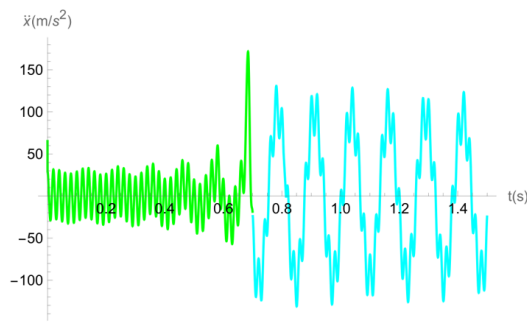
Hình 6. Đồ thị gia tốc của mặt bàn rung

b. Trường hợp quá trình khởi động bàn rung lắp thêm bộ giảm chấn điện

Tương tự giải phương trình vi phân (1) bằng phần mềm Mathematica để với các thông số ban đầu của máy trong Bảng 2 để tính toán và khảo sát bàn rung khi đã được lắp thêm bộ giảm chấn điện từ nhận được kết quả Hình 7 và Hình 8.



Hình 7. Đồ thị biên độ dao động của mặt bàn rung

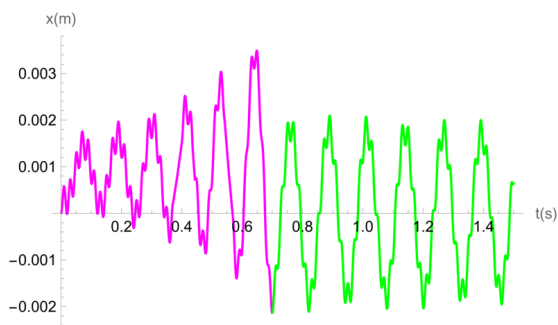


Hình 8. Đồ thị gia tốc của mặt bàn rung

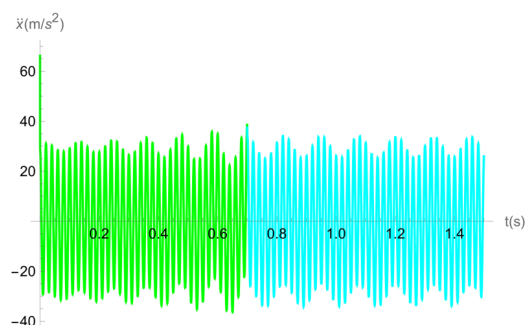
Quan sát đồ thị Hình 7 và Hình 8 nhận thấy, tại giai đoạn ban đầu khi chưa ngắt cuộn cảm thì giá trị của biên độ dao động của mặt bàn rung là 0,02 m và giá trị của gia tốc là 50 m/s<sup>2</sup>; các giá trị này tăng dần theo thời gian khởi động và đạt giá trị cực đại sau khi cắt của biên độ là 0,04 m (40 mm) và gia tốc là 150 m/s<sup>2</sup>. Điều này cho thấy rằng biên độ và gia tốc của mặt bàn rung rất lớn, không đáp ứng được các yêu cầu làm việc về biên độ và gia tốc của bàn rung (điện trở của cuộn dây  $R = 0,0014 \Omega$ ). Do điện trở cuộn dây là linh hoạt có thể thay đổi được, chọn phương án lắp thêm điện trở phụ để khảo sát để xác định vùng làm việc đáp ứng được chế độ làm việc của bàn rung theo yêu cầu.

c. Trường hợp quá trình khởi động bàn rung lắp thêm bộ giảm chấn điện có thêm điện trở ngoài

Trong mạch điện của cuộn cảm lắp thêm điện trở phụ có giá trị thay đổi điện trở trong khoảng từ 15 ÷ 35 Ω tiến hành khảo phương trình sát phương trình (13) và (14) mô tả quá trình làm việc của bàn rung khi có điện trở phụ thay đổi bằng phần mềm toán học Mathematica ta được kết quả trên các Hình 9, Hình 10 và Hình 11. Có thể nhận thấy: Trường hợp điện trở phụ có giá trị bằng 15 Ω thì biên độ dao động của mặt bàn rung có giá trị là 0,003 m và giá trị của gia tốc khoảng 30 m/s<sup>2</sup>, biên độ dao động của mặt bàn rung nhỏ hơn rất nhiều so với khi chưa lắp thêm điện trở phụ. Trường hợp điện trở phụ có giá trị bằng 25 Ω biên độ dao động của mặt bàn rung chỉ khoảng 0,0005 m và giá trị của gia tốc khoảng 30 m/s<sup>2</sup>. Trường hợp điện trở phụ có giá trị bằng 35 Ω biên độ dao động của mặt bàn rung có giá trị khoảng hơn 0,0004 m và giá trị của gia tốc khoảng 30 m/s<sup>2</sup>. Trong cả ba trường hợp trên giá trị điện trở phụ khảo sát thì gia tốc hầu như không thay đổi quanh vùng 30 m/s<sup>2</sup>.

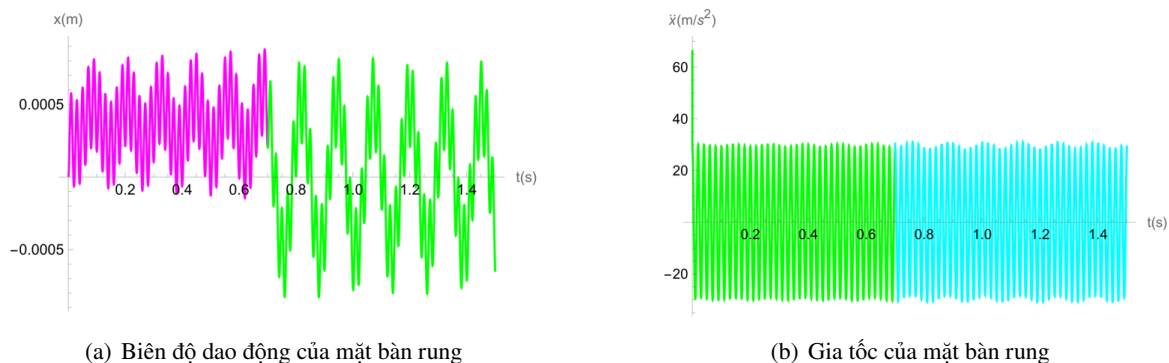


(a) Biên độ dao động của mặt bàn rung

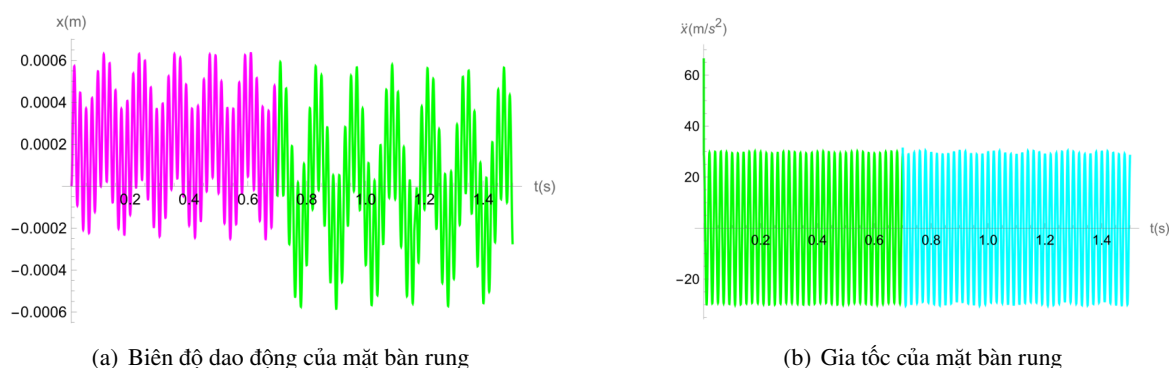


(b) Gia tốc của mặt bàn rung

Hình 9. Đồ thị khảo sát bàn rung có lắp điện trở ngoài với giá trị điện trở phụ 15 Ω



Hình 10. Đồ thị khảo sát bàn rung có lắp điện trở ngoài với giá trị điện trở phụ 25 Ω



Hình 11. Đồ thị khảo sát bàn rung có lắp điện trở ngoài với giá trị điện trở phụ 35 Ω

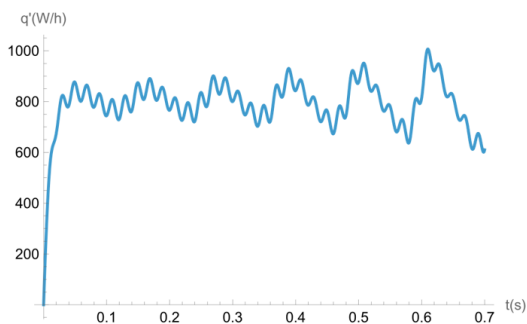
Trong đó gia tốc và biên độ đạt được trạng thái ổn định vượt qua vùng cộng hưởng trong thời gian 0,6 giây (sớm hơn so với khi không lắp thêm giảm chấn điện 40% thời gian quá trình khởi động). Như vậy, khi lắp thêm điện trở phụ có giá trị bằng 25 Ω bàn rung có chế độ làm việc đáp ứng tốt hơn so với quá trình khởi động của bàn rung.

Tương tự như vậy ta cũng khảo sát được giá trị của cường độ dòng điện và công suất của cuộn dây. Trên các Hình 12, Hình 13 và Hình 14 là các giá trị của công suất và cường độ dòng điện của cuộn dây:

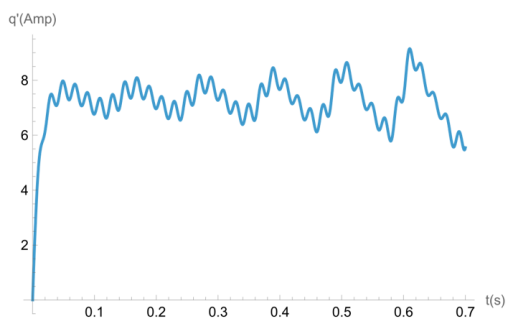
- Trường hợp điện trở phụ có giá trị bằng 15 Ω thì công suất của cuộn dây có giá trị bằng 800 W và giá trị của cường độ dòng điện bằng 8 A.
- Trường hợp điện trở phụ có giá trị bằng 25 Ω thì công suất của cuộn dây có giá trị bằng 500 W và giá trị của cường độ dòng điện là 5 A.
- Trường hợp điện trở phụ có giá trị bằng 35 Ω thì công suất của cuộn dây có giá trị bằng 400 W và giá trị của cường độ dòng điện bằng 3,5 A.

Như vậy quá trình khảo sát cho thấy khi lắp thêm điện trở phụ cho giảm chấn điện làm cho các thông số về tần số, biên độ, công suất của bàn rung vượt qua vùng cộng hưởng trong quá trình khởi động một cách nhanh chóng và êm dịu hơn. Đồng thời, trong trường hợp khảo sát giá trị điện trở phụ bằng 25 Ω đáp ứng được tốt nhất cho chế độ làm việc của bàn rung.

Khảo sát được bàn rung khi lắp thêm bộ giảm chấn điện từ và đưa ra phương án lắp thêm điện trở phụ trong mạch điện của cuộn cảm với những giá trị khác nhau và đã lựa chọn được điện trở có giá trị  $R = 25 \Omega$  để đáp ứng được biên độ và gia tốc làm việc của bàn rung theo yêu cầu và giải quyết được vấn đề vượt qua vùng cộng hưởng trước khi đến tốc độ làm việc ổn định của bàn rung.

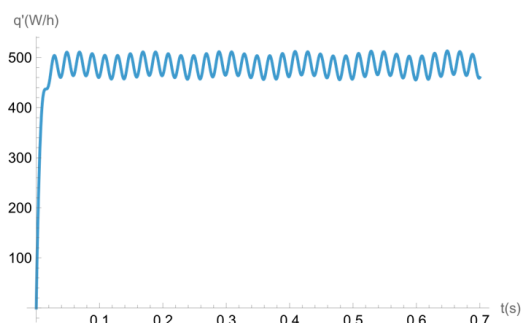


(a) Công suất

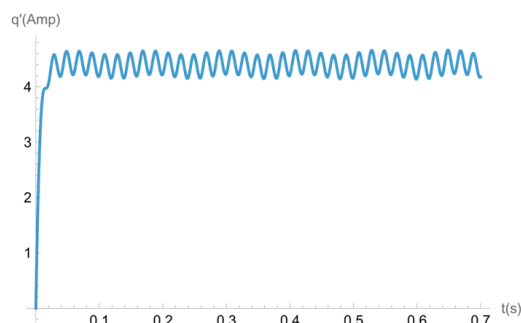


(b) Cường độ dòng điện

Hình 12. Đồ thị khảo sát công suất và dòng điện giá trị điện trở phụ 15  $\Omega$

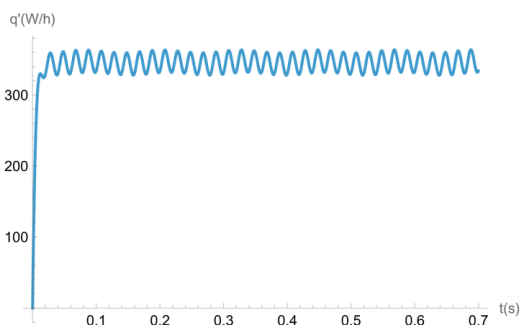


(a) Công suất

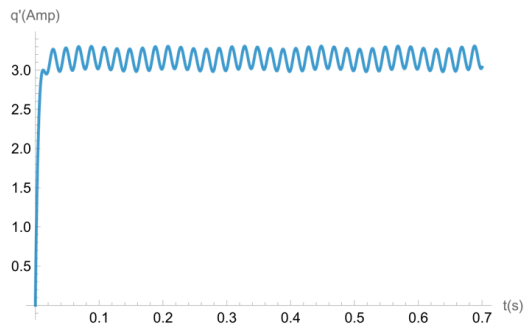


(b) Cường độ dòng điện

Hình 13. Đồ thị khảo sát công suất và dòng điện giá trị điện trở phụ 25  $\Omega$



(a) Công suất



(b) Cường độ dòng điện

Hình 14. Đồ thị khảo sát công suất và dòng điện giá trị điện trở phụ 35  $\Omega$

#### 4. Kết luận

Bài báo đã xây dựng các mô hình động lực học và mô hình toán học của bàn rung trên cơ sở đó tiến hành khảo sát xác định các thông số làm việc tần số dao động, biên độ dao động và gia tốc của bàn rung nhằm đảm bảo cho việc tạo hình tốt cấu kiện bê tông đúc sẵn. Trong đó đề xuất phương án lắp đặt bộ giảm chấn điện từ vào bàn rung với hai loại sản phẩm cấu kiện bê tông hình côn và hình lăng trụ, thực hiện khảo sát mô hình bằng phần mềm Mathematica tìm ra được các thông số đáp ứng được chế độ làm việc trong giai đoạn khởi động vượt qua vùng cộng hưởng của máy rung một cách

nhanh chóng và hiệu quả so với phương án thông thường đến 40%. Kết quả này cung cấp cho các nhà thiết kế các phương án điều khiển bàn rung vượt qua vùng cộng hưởng một cách hiệu quả đảm bảo khả năng làm việc ổn định, tin cậy và tăng tuổi thọ của các chi tiết và bộ phận của bàn rung.

### Tài liệu tham khảo

- [1] Gibb, A. G. F. (2010). *Off-site Fabrication: Prefabrication, Pre-assembly and Modularisation*.
- [2] Tam, V. W. Y., Tam, C. M., Ng, W. C. Y. (2007). [An examination on the practice of adopting prefabrication for construction projects](#). *International Journal of Construction Management*, 7(2):53–64.
- [3] Nguyen, D. H., Vu, H. N., Nguyen, T. Q. (2021). [Full-scale test of precast prestressed concrete double-tee girder for rural bridges](#). *Advances in Bridge Engineering*, 2(1).
- [4] Neville, A. M. (2011). *Properties of concrete*. 5th edition, Pearson Education, Harlow.
- [5] Mehta, P. K., Monteiro, P. J. M. (2014). *Concrete: microstructure, properties, and materials*. 4th edition, McGrawHill, New York.
- [6] Tuấn, T. V., Dũng, C. T. (2022). [Xác định các thông số kỹ thuật hợp lý bàn rung tạo và chạm bê tông và pallet của máy đúc gạch không nung](#). *Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng (KHCN XD) - ĐHXDHN*, 16(1V):116–125.
- [7] ACI 309.1R-08 (2008). *Report on Behavior of Fresh Concrete During Vibration*. ACI Committee 309.
- [8] EN 12390-1:2000/AC:2004 (2000). *Testing hardened concrete - Part 1: Shape, dimensions and other requirements for specimens and moulds*.
- [9] DIN EN 12390-2:2019-10 (2019). *Testing hardened concrete - Part 2: Making and curing specimens for strength tests*.
- [10] TCVN 7378: 2004. *Rung động và chấn động - Rung động đối với công trình - Mức rung giới hạn và phương pháp đánh giá*. Bộ Khoa học và Công nghệ.
- [11] Lưu, Đ. T. (2021). *Giáo trình Động lực học hệ thống cơ điện*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.
- [12] Preumont, A. (2006). *Mechatronics Dynamics of Electromechanical and Piezoelectric Systems*. Springer Netherlands.
- [13] Chính, V. L., Anh, N. K., Mai, N. T. T., Ngô, Đ. T., Tuấn, T. V., Xuân, N. T. (2013). *Máy và thiết bị sản xuất vật liệu và cấu kiện xây dựng*. Nhà xuất bản Xây dựng.