

## **Ứng dụng công nghệ vi điều khiển xử lý Arduino Nano trong thiết bị đo sự rung động của máy phát điện xe ô tô**

### *Application of Microcontroller Technology Using Arduino Nano in Automotive Generator Vibration Measurement Devices*

**Lê Thị Lý<sup>1</sup>, Đỗ Ngọc Khuê<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Khoa Xe máy, Trường Đại học Ngô Quyền

<sup>2</sup>Khoa Công nghệ Kỹ thuật Ô tô, Trường Đại học Bình Dương

Tác giả liên hệ: Đỗ Ngọc Khuê. Email: bacsihoasung128@gmail.com

**Tóm tắt:** Tất cả chúng ta khi điều khiển các phương tiện tham gia giao thông đều muốn xe của mình vận hành một cách êm ái, thoải mái và ít gây ra tiếng ồn gây khó chịu cho người lái cũng như những người xung quanh. Ngoài ra, sự rung động và tiếng ồn bất thường khi xe và các cụm chi tiết máy hoạt động đều là dấu hiệu của sự hỏng hóc, đòi hỏi chúng ta cần có biện pháp xác định vị trí gây ồn, mức độ ồn để có các giải pháp chẩn đoán hư hỏng và sửa chữa. Trong bài báo này chúng ta đề cập đến khái niệm sự rung động tạo ra từ máy phát điện, ảnh hưởng của nó tới môi trường và trực tiếp và người điều khiển. Phần mềm đo độ rung động máy phát điện ô tô được tạo ra với mục đích giúp nghiên cứu rung động trên máy phát điện ô tô và đánh giá độ tin cậy của thiết bị điện này.

**Từ khóa:** *Arduino Nano; Cảm biến; Gia tốc rung; Máy phát điện; Rung động*

**Abstract:** All of us, when operating vehicles in traffic, want our vehicles to run smoothly, comfortably, and with minimal noise that could cause discomfort to the driver as well as those around. Moreover, unusual vibrations and noise during vehicle operation or from mechanical assemblies are often signs of malfunction, requiring us to identify the source and intensity of the noise in order to diagnose and repair faults. This paper discusses the concept of vibrations generated by the alternator, their impact on the environment and directly on the operator. The software for measuring automotive alternator vibrations was developed with the aim of studying vibration characteristics of car alternators and evaluating the reliability of this electrical device.

**Keywords:** *Arduino Nano; Generator; Vibration; Vibration acceleration*

## 1. Mở đầu

Sự rung động - đó là sự dịch chuyển dao động cơ học của một hệ thống hoặc một vật thể rắn. Rung động còn được hiểu theo nghĩa hẹp hơn là những rung động cơ học có ảnh hưởng rõ rệt đến con người. Trong trường hợp này chúng tôi nghiên cứu rung lắc trong tần số 1,6 – 1000 Hz.

Rung động trong máy phát điện ô tô là chuyển động của máy hoặc bộ phận máy trong chuyển động điều hòa ở hai bên vị trí cân bằng, là phản ứng của một hệ thống đối với một số kích thích bên trong hoặc bên ngoài hoặc lực tác dụng lên hệ thống. Với máy phát điện, do kết cấu từ không cân bằng, cùng với nhiều nguyên nhân khác dẫn tới hiện tượng máy phát điện bị rung động trong quá trình hoạt động.

Độ rung của máy phát là hiện tượng dao động hoặc chuyển động cơ học xảy ra trong khi máy quay xung quanh một trục. Nguyên nhân gây ra độ rung trong các thiết bị máy phát điện có thể xác định bởi nhiều nguyên nhân và có thể dùng dữ liệu đo để đánh giá tình trạng, hiệu suất của thiết bị. [1]

## 2. Cơ sở lý thuyết

Các nguyên nhân gây ra hiện tượng rung động trong máy phát điện ô tô chủ yếu từ các yếu tố như sau:

- Mất cân bằng: phân bố không đều khối lượng xung quanh trục quay có thể gây ra độ rung động trong máy phát điện. Mất cân bằng này có thể do lỗi sản xuất, mòn hoặc lắp ráp không đúng cách;

- Sự sai lệch tâm rotor: khi trục chính của các thành phần quay không được căn chỉnh đúng cách, có thể dẫn đến độ rung trong quá trình hoạt động;

- Trục rotor cong: khi trục cong, dẫn tới sự mất cân bằng của rotor, phân phối lực không đồng đều dẫn tới rung trong khi rotor quay;

- Lỏng lẻo cơ học: các thành phần lỏng hoặc hỏng có thể gây ra độ rung do tạo ra lỗ hổng trong hệ thống;

- Rotor bị cọ xát: khi rotor bị cọ xát với stator, khối lượng phân bố quanh trục rotor không đều, kết hợp với lực ma sát giữa rotor và stator cũng gây ra hiện tượng rung động trong thiết bị quay;

- Cộng hưởng: nếu tần số tự nhiên của máy trùng khớp với tần số kích hoạt (như tốc độ hoạt động hoặc lực từ bên

ngoài), có thể xảy ra hiện tượng đồng tần, dẫn đến độ rung gia tăng;

- Vấn đề ở bạc đạn: bạc đạn lỗi hoặc bôi trơn không đủ có thể gây ra độ rung trong máy phát điện;

- Vấn đề về hệ thống bánh răng hoặc đai truyền động: bánh răng bị mòn hoặc không khớp đúng cách có thể gây ra độ rung và tiếng ồn;

- Tác động không khí động học: trong máy phát điện có quạt làm mát, lực động học có thể gây ra độ rung;

- Các lỗi trong gia công và thiết kế cấu trúc: điều này dẫn tới sự biến dạng trong cấu trúc máy có thể góp phần vào các vấn đề về độ rung. [2,4,5]

Vấn đề giảm độ rung, tiếng ồn trên máy móc hiện nay ngày càng trở nên quan trọng. Độ rung tăng cao làm giảm tuổi thọ của bộ nguồn trên xe, gây tiêu hao thêm năng lượng ở các chế độ vận hành nhất thời của bộ phận, dẫn đến sự xuất hiện và phát triển các bệnh nghề nghiệp của nhân viên chăm sóc, bảo dưỡng xe.

Mức độ tiếng ồn ngày càng tăng làm xấu đi hiệu quả môi trường của các phương tiện giao thông, làm tăng sự khó chịu, dẫn đến giảm năng suất lao động. Vì vậy, các yêu cầu nghiêm ngặt

về bảo vệ chống rung và tiếng ồn được đưa vào các văn bản quy định.

Sự rung động mạnh nhất có thể do các phương tiện mặt đất gây ra, bao gồm máy móc di chuyển trên mặt đất, xe tải công nghiệp và máy kéo nông nghiệp. Sự khó chịu do gia tốc rung gây ra phụ thuộc vào tần số rung, hướng rung, điểm tiếp xúc với cơ thể và thời gian tiếp xúc với rung động. Với rung động theo chiều dọc ở những người ở tư thế ngồi, cảm giác khó chịu là do bất kỳ tần số nào làm tăng biên độ rung một cách tương ứng. [1,6,7]

### 3. Các đại lượng vật lý của sự rung động và tính toán

Gia tốc rung là một đại lượng đo lường sự thay đổi tốc độ của một vật khi nó dao động hoặc rung động. Gia tốc rung động cho biết mức độ tăng giảm của vận tốc tại một điểm trên vật thể trong một khoảng thời gian ngắn [9]. Gia tốc rung động thường được xác định bằng cách đạo hàm hai lần vị trí của rung động theo thời gian với công thức sau:

$$a(t) = \frac{d^2x(t)}{dt^2} ,$$

Trong đó:

$a(t)$  - gia tốc rung tại thời điểm  $t$  ( $m/s^2$ );

$x(t)$  - sự thay đổi vị trí (displacement) của vật thể theo thời gian  $t$  (m).

Biên độ rung là một đại lượng đo lường mức độ di chuyển của một vật thể trong quá trình dao động hoặc rung động. Nó thể hiện khoảng cách mà vật thể di chuyển từ điểm cân bằng (hoặc vị trí trung tâm) của nó trong mỗi chu kỳ rung động. Biên độ rung thường được sử dụng để mô tả độ mạnh của sự rung động, với biên độ lớn cho thấy sự dao động mạnh mẽ, còn biên độ nhỏ cho thấy sự dao động nhẹ nhàng hơn. [5,8]

Để xác định biên độ [7] của rung động người ta sử dụng công thức sau:

$$X = \frac{A}{\omega^2},$$

Trong đó:  $X$  là biên độ rung (m);

$A$  là gia tốc tối đa ( $\text{m/s}^2$ );

$\omega$  là tần số góc ( $\text{rad/s}$ ), tính bằng  $\omega = 2\pi f$ , với  $f$  là tần số dao động (Hz).

Để tính toán tiếng ồn gây ra bởi rung động [9], sử dụng công thức:

$$L_p = 20 \log\left(\frac{P}{P_0}\right),$$

Trong đó:

$L_p$  là mức áp suất âm thanh (dB);

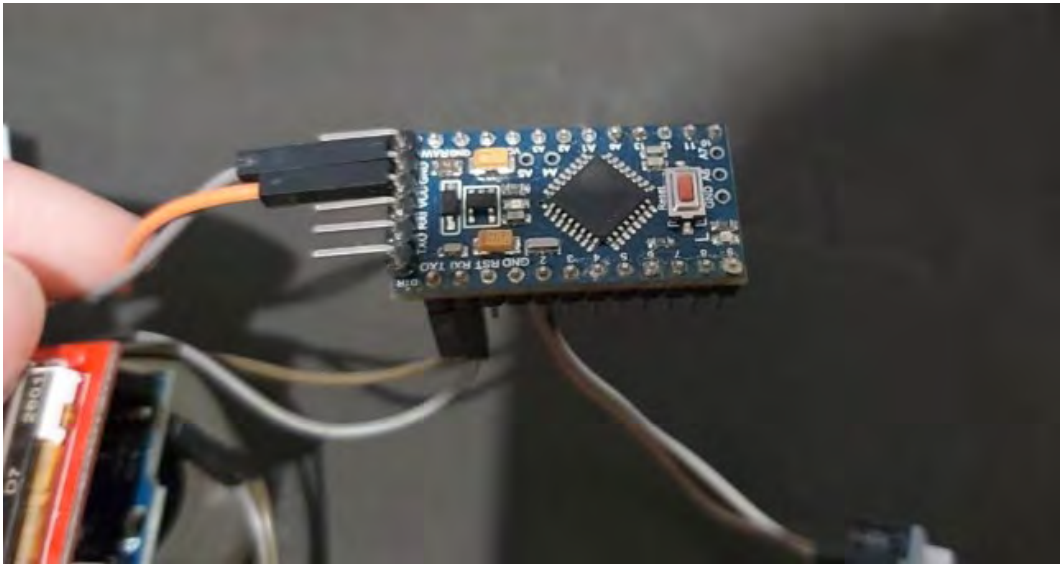
$p$  là áp suất âm thanh tại vị trí đo (Pa);

$p_0$  là áp suất âm thanh chuẩn ( $20 \mu\text{Pa}$ ).

#### 4. Mô hình nghiên cứu

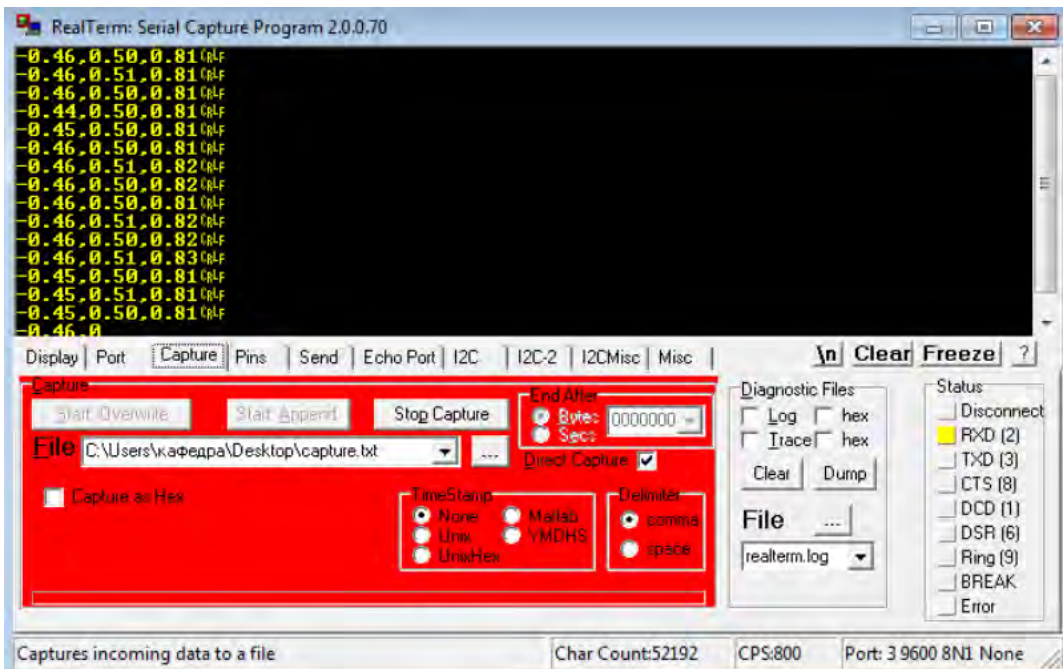
Trong kỹ thuật, rung động có thể vừa có lợi, vừa có hại. Rung động có lợi, như là nguồn dao động cơ học, được kích thích một cách có chủ đích bởi các bộ rung, được sử dụng trong các máy móc xây dựng, giao thông và các loại máy khác, nhằm thực hiện các công đoạn công nghệ khác nhau, trong việc vận chuyển vật liệu. Rung động có hại, phát sinh trong quá trình di chuyển của phương tiện, hoạt động của động cơ, tua-bin và các máy móc khác, đôi khi dẫn đến sự cố trong quá trình vận hành và thậm chí là sự hư hỏng của thiết bị.

Để tính toán một cách đơn giản nhưng hiệu quả các đại lượng vật lý của sự rung động nêu trên, chúng ta sử dụng các cảm biến rung động và một cụm vi điều khiển Arduino Nano, đồng thời trong chương trình Arduino Ide cần phải thiết lập các phép toán cụ thể. Sau khi đã thiết lập xong các chương trình cho Arduino Nano tính toán các đại lượng của cảm biến, chúng ta kết nối bộ vi điều khiển xử lý với phần mềm RealTerm (hình 2), để bắt đầu đo và đánh giá mức độ hiệu quả của chương trình vừa lập ra.



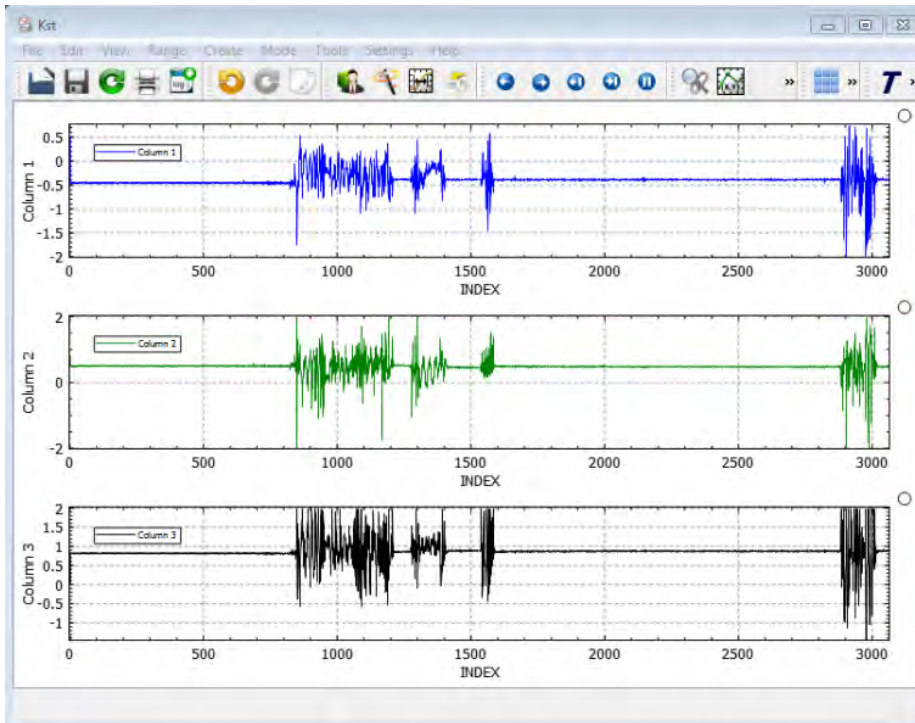
**Hình 1.** Vi điều khiển Arduino Nano

Để minh họa nguyên lý hoạt động của vi điều khiển. Chúng có thể được thiết bị, cần kết nối nguồn điện cho vi điều khiển Arduino nano thông qua kết nối trực tiếp với máy phát điện hoặc trên khung thân xe, và tiến hành đo công máy tính [3] (Hình 1). Các cảm biến tương quan với nhau. biến gia tốc rung được kết nối với cổng



**Hình 2.** Phần mềm điều khiển thiết bị

## 5. Kết quả nghiên cứu



Hình 3. Kết quả đo gia tốc rung động bằng 3 loại cảm biến trên trục Oy.

Sản phẩm phần mềm, được triển khai động (hình 3). Để thuận tiện, tất cả trên vi điều khiển Arduino Nano (hình thông tin sẽ được truyền vào phần mềm 2), sẽ cho phép thực hiện các phép đo Excel (hình 4) tại ba điểm với 3 cảm biến đo rung



Hình 4. Kết quả gia tốc rung trong phần mềm Excel đối với ba cảm biến theo trục Oy và kết quả kết hợp

Dựa vào kết quả được xuất ra dữ liệu từ các thành phần trên, chúng ta có thể đánh giá một cách chính xác rung động tạo ra từ máy phát điện ô tô trong quá trình làm việc. Nếu như rung động tổng hợp cho chúng ta các biên độ với chênh lệch giữa chúng là rất lớn, rõ ràng và tần số dày đặc, có nghĩa rằng máy phát điện trên xe của chúng ta đang gặp vấn đề. Ngược lại, nếu biên độ trong các khoảng thời gian rung động là vừa phải, ít chênh lệch hoặc bằng 0 trong một khoảng thời gian dài thì có nghĩa là chi tiết máy phát điện đang vận hành tốt.

Nhờ vào sự đánh giá khách quan như vậy, chúng ta có thể chẩn đoán được sớm các hư hỏng trong máy phát điện và kịp thời có các biện pháp sửa chữa, xử lý phù hợp để đảm bảo khả năng vận hành, khai thác sử dụng an toàn và đặc biệt là nâng cao tuổi thọ của máy phát.

## 6. Kết luận

Tóm lại, rung động xảy ra trên thiết bị máy phát điện là một hiện tượng tất yếu, ảnh hưởng đến hiệu quả vận hành thiết bị ở nhiều mức độ khác nhau. Vì thế, ngăn ngừa rung động trong máy

phát điện bằng cách ứng dụng các công nghệ hiện đại là điều cần thiết và phải được thực hiện liên tục để tránh những rủi ro không mong muốn.

Sản phẩm phần mềm được tạo ra sẽ giúp nghiên cứu rung động trên máy phát điện ô tô và đánh giá độ tin cậy của sản phẩm. Rung động có ảnh hưởng tiêu cực đến hoạt động của máy phát điện. Nó có thể dẫn đến sự lệch lạc của các cuộn dây rô-to hoặc stato, làm giảm hiệu suất và công suất của máy phát điện. Ngoài ra, rung động còn gây ra sự mài mòn quá mức các linh kiện, điều này có thể dẫn đến hư hỏng và sự cố. Rung động của các phần tử trong máy phát điện ô tô do chấn động cơ học và va đập gây ra sự thay đổi khoảng cách giữa các tấm của tụ điện, và điều này lại dẫn đến sự thay đổi tần số dao động. Trang bị hệ thống giám sát rung động và đo lường định kỳ chỉ số rung cho máy phát điện là rất quan trọng. Điều này giúp hạn chế tối đa các thiệt hại do hiện tượng rung động trong thiết bị quay gây ra.

## Tài liệu tham khảo

- [1] I. I. Blekhman, *Vibrational Mechanics: Monograph*, Moscow: Fizmatlit, 1994, pp. 400.
- [2] V. E. Belyakov and I. I. Malakhov, "Assessment of Vibrational Load on Humans – Operators of Tracked and Wheeled Machines," in *Proc. IX All-Russian Scientific and Practical Conf.*, 2021, pp. 179–186.
- [3] National Instruments, *NI-6009 User Manual*.
- [4] S. Subekti, H. Pranoto, M. N. Hidayat, and B. D. Efendy, "Measurement of Vibration on The Alternator Due to The Influence of Rotation Speed," *Int. J. Adv. Technol. Mech.*, Mechatron. Mater., vol. 2, no. 1, pp. 44, 2017.
- [5] Z. Qin, H.-i. Son, and S.-K. Lyu, "Design of Anti-Vibration Mounting for 140A Class Alternator for Vehicles," *J. Mech. Sci. Technol.*, vol. 32, pp. 5233–5239, 2018.
- [6] C. Hua, Y. Zhang, D. Dong, and H. Ouyang, "Aerodynamic Noise Numerical Simulation and Noise Reduction Study on Automobile Alternator," *J. Mech. Sci. Technol.*, vol. 31, pp. 2047–2055, 2017.
- [7] C. Leontopoulos, D. A. Robb, and C. B. Besant, "Case Study: Vibration Analysis for the Design of a High-Speed Generator for a Turbo-Electric Hybrid Vehicle," *Proc. Inst. Mech. Eng., Part D: J. Automobile Eng.*, vol. 212, no. 4, pp. 295–303, 1998.
- [8] H. Li, D. Zhang, P. Xu, C. Cao, D. Hu, X. Yan, Z. Song, and Z. Hu, "Analysis on the Vibration Modes of the Electric Vehicle Motor Stator," *Vibration Problems J.*, vol. 5, no. 2, pp. 1–10, 2019.
- [9] F. Rezaei, "Laser Doppler Vibrometer and Accelerometer for Vibrational Analysis of the Automotive Components During Simulink Simulation for Validation," *arXiv*, 2023.

**Ngày nhận bài: 20/7/2025**

**Ngày hoàn thành sửa bài: 24/9/2025**

**Ngày chấp nhận đăng: 27/9/2025**