

KHẢO SÁT QUÁ TRÌNH LAN TRUYỀN RUNG ĐỘNG CỦA MÁY CNC 4D TỰ CHẾ TẠO

SURVEY THE PROCESSING VIBRATION OF CNC 4D SELF-MADE MACHINES

Nguyễn Quốc Hưng, Vương Công Luận, Nguyễn Trương Công Thắng,
Nguyễn Quang Thành, Phạm Bảo Toàn

Phòng Thí nghiệm Cơ học Ứng dụng, Trường Đại học Bách khoa,
Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh

TÓM TẮT

Máy CNC ngày càng phát triển mạnh mẽ trong những thập niên gần đây. Các hệ thống máy CNC đã và đang mang lại nhiều sự thay đổi cho nền công nghiệp hiện đại. Nghiên cứu này sẽ khảo sát quá trình lan truyền rung động của máy CNC 4D, tự chế tạo trong quá trình làm việc. Các kết quả cho thấy, phương pháp khảo sát đã đáp ứng được quá trình chuẩn đoán và nhận biết những yếu tố gây ra rung động, đồng thời xác định được khâu gây ra rung động (nguồn rung).

Từ khóa: *Rung động của máy CNC; Gia tốc dao động; Phổ công suất dao động; Phổ tín hiệu dao động.*

ABSTRACT

In recent decade, CNC machine have growing strongly than ever, CNC machine systems have been producing effective development for the modern industry. This study will investigate the vibration transmission of 4-axis CNC machines during working process. The results show that the method of research has prove how to the process of diagnosing works and recognizing the factors causing the vibration, it also identifies the source cause of the vibration (source of vibration).

Keywords: *Vibration of CNC mechine, Acceleration vibrating, Power spectrum density, signal spectrum.*

1. GIỚI THIỆU

Trong những năm gần đây, quá trình đẩy mạnh công nghiệp hóa, hiện đại hóa đất nước ngày càng mạnh mẽ, nhiệm vụ đặt ra hàng đầu cho các nhà sản xuất, nhà khoa học phải nghiên cứu và sản xuất các sản phẩm có chất lượng cao. Nhưng hiện nay, tại Việt Nam, quá trình chế tạo và sản xuất máy công cụ, máy CNC chỉ đa phần là do các phòng thí nghiệm tại các trường đại học đầu tư, nghiên cứu và chế tạo. Các công trình nghiên cứu, các mô hình thực nghiệm đa phần đều còn nằm trên lý thuyết, hiếm hoi có các công trình thực tiễn. Theo Ngô Kiều Nhi và Nguyễn Quốc Hưng (1) cho thấy, nếu muốn nâng cao chất lượng của các sản phẩm chạy từ máy CNC thì trước hết phải nâng cao độ cứng vững cho máy. Chính độ cứng vững của máy là yếu tố quyết định bởi sự rung động trong quá trình gia công làm sai lệch các quỹ đạo cho trước của máy. Đối với nghiên cứu này, nhóm tác giả đã thiết kế và chế tạo mô hình máy phay CNC 4 trục, để từ đó khảo sát độ chính xác thực tế khi điều khiển máy trong trạng thái không tải cũng như trong quá trình gia công sản phẩm. Kết luận của nghiên cứu đã cố gắng hướng đến độ ổn định của mô hình máy trong thời gian làm việc lâu dài và khả năng đáp ứng trong việc gia công các sản phẩm thực tế, phục vụ cho nhu cầu sản xuất. Nhóm tác giả của Ngô Kiều Nhi đã đưa nhiều biện pháp để nâng cao chất lượng (2) (3) (4) (5) qua các nghiên cứu trên, nhiều biện pháp truyền thống được nhóm đưa ra, nhằm nâng cao chất lượng bền – độ cứng vững của khung máy phay CNC nhiều trục. Tuy nhiên, quá trình tối ưu bằng phương pháp số thông qua mô phỏng (3) (4) (5) hay kết hợp với các giải thuật cao cấp như mạng thần kinh nhân tạo (2) vẫn chưa đem lại kết quả như mong muốn, máy vẫn chưa đạt được trạng thái tốt nhất để gia công. Trước đây, các loại máy móc thiết bị chủ yếu được nhập khẩu từ các nước có nền công nghệ kỹ thuật cao, thường đã được tích hợp sẵn các hệ thống

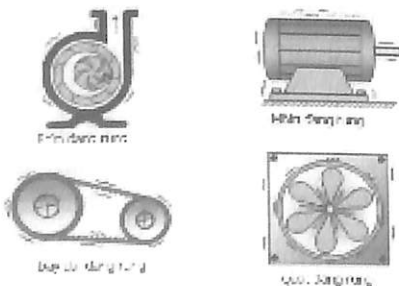
chống rung, giảm rung, giảm chấn và cách ly lan truyền dao động. Tuy nhiên, hiện nay các thiết bị trong ngành công nghiệp nặng như khai thác than, khoáng sản... chủ yếu được nhập khẩu từ Trung Quốc với chất lượng còn nhiều bất cập về thiết kế cũng như tiêu chuẩn kỹ thuật. Xu hướng trong nước, nhiều công ty bắt đầu đi sâu vào thiết kế chế tạo các hệ thống thiết bị máy móc như máy nghiền, máy sàng rung, đặc biệt các máy CNC phay, tiện, đóng... cho ngành Gỗ vốn là thế mạnh nhất về xuất khẩu cho ngành nông lâm tại Việt Nam. Khó khăn nhất cho các ngành chế tạo máy CNC hiện nay còn nhiều thiếu sót, nhiều bất cập trong đó, phải kể đến khi ngành Đức không đủ đáp ứng cho sự phát triển không ngừng của chế tạo máy hiện nay. Các công nghệ còn truyền thống chưa quy chuẩn, lỗi thời do đó chưa đáp ứng với xu thế “quốc tế hóa” như hiện nay. Để đáp ứng nhu cầu đó, các doanh nghiệp vừa và nhỏ, các trường đại học và cao đẳng trên cả nước cũng đang cấp rút chuẩn bị và định hướng, đang dần làm chủ công nghệ CNC trong nước. Sự khuyết điểm của ngành Đức và các ngành liên quan đã tạo ra một lỗ hổng lớn trong công nghệ chế tạo máy, đặc biệt là phần cứng của hệ thống máy. Từ những nhược điểm trên, từ những năm 2006 Phòng Thí nghiệm Cơ học Ứng dụng, Trường Đại học Bách khoa TP. Hồ Chí Minh đã đưa ra một giải pháp công nghệ mới khi thay thế khung máy bằng bộ đúc như trước đây bằng hệ thống khung dàn. Hiệu quả mang lại khi thay đổi công nghệ này chính bởi sự chủ động trong việc thiết kế và chế tạo các máy CNC dạng nhỏ và vừa. Hàng loạt các máy CNC với nhiều chủng loại và kích cỡ chuyên gia công gỗ nhằm phục vụ cho các làng nghề truyền thống, các đơn vị chế biến và xuất khẩu gỗ được sản xuất. Các máy trong nước đã và đang dần làm chủ công nghệ, đẩy lùi một phần máy CNC nhập khẩu từ Trung Quốc với chất lượng thấp, khó tiến hành bảo hành và bảo trì bởi khoảng cách địa lý của đơn vị sản xuất máy và đơn vị sử dụng máy. Các máy “thuần Việt” mang lại

hiệu quả kinh tế và đáp ứng được nhu cầu của của các đơn vị sử dụng. Tuy nhiên, khuyết điểm của các máy này còn bị rung động nhiều làm ảnh hưởng không nhỏ đến chất lượng sản phẩm cũng như chất lượng máy cũng bị giảm đáng kể. Nhiệm vụ được đặt ra khi phải giảm được rung động xuống mức “an toàn” để đưa vào sản xuất cũng như định hướng xuất khẩu máy cho các doanh nghiệp tại Việt Nam. Nhận thấy được những bức thiết và nghiêm trọng của vấn đề này, tác giả và nhóm nghiên cứu đã tiến hành giảm rung cho các đối tượng máy được chế tạo tại Phòng Thí nghiệm Cơ học Ứng dụng và đây là mục tiêu nghiên cứu chính cho nghiên cứu này.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT NGHIÊN CỨU

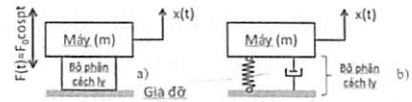
2.1. Lý thuyết về rung động máy

Rung động máy đơn giản là sự di chuyển qua lại của máy hoặc các bộ phận máy. Tất cả các thành phần của máy di chuyển qua lại hay dao động qua lại là đang rung động. Rung động máy có thể có nhiều dạng khác nhau. Một thành phần máy có thể dao động một khoảng cách lớn hoặc nhỏ, nhanh hoặc chậm và có thể cảm nhận được âm thanh và nhiệt. Rung động máy thường có thể cố ý được tạo ra nhờ thiết kế của máy và tùy vào mục đích sử dụng của máy như sàng rung, phễu nạp liệu, băng tải, máy đánh bóng, máy đầm đất v.v... Nhưng hầu hết, rung động máy là không mong muốn và nó thường gây ra những hư hỏng cho máy.



Hình 1. Một số mô hình rung động của máy.

2.1.1. Giảm rung trên khung có giá đỡ cố định



Hình 2. Máy và bộ phận cách ly trên giá đỡ cố định.

Lược độ máy – Bộ phận cách ly – Giá đỡ cố định cho trên Hình 2a. Bộ phận cách ly giả thiết có cả tính đàn hồi lẫn cản nhớt, với các thông số độ cứng k và hằng số cản nhớt c. Mô hình toán học hệ máy – Bộ phận cách ly – Giá đỡ cho trên Hình 2b. Giả sử trong quá trình hoạt động máy tạo ra lực biến thiên điều hòa $F(t) = F_0 \cos pt$. Phương trình vi phân chuyển động của máy thể hiện như sau:

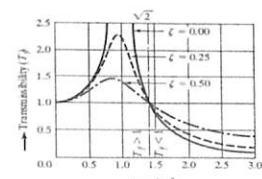
$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = F_0 \cos pt \tag{1}$$

Hệ số truyền được xác định theo công thức:

$$T_r = \frac{F_{tr}}{F_0} = \left\{ \frac{k^2 + p^2 c^2}{(k - mp^2)^2 + p^2 c^2} \right\}^{1/2} = \left\{ \frac{1 + \left(2\xi \frac{p}{\omega_n} \right)^2}{\left[1 - \left(\frac{p}{\omega_n} \right)^2 \right]^2 + \left(2\xi \frac{p}{\omega_n} \right)^2} \right\}^{1/2} \tag{2}$$

Trong đó: ξ là tỷ số giảm chấn.

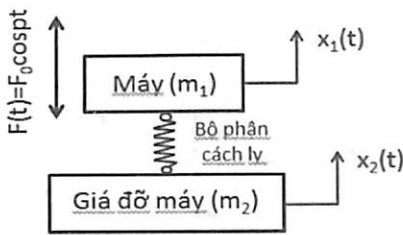
Trên Hình 3 là đồ thị quan hệ giữa T_r và tỷ số p/ω_n và hệ số giảm chấn ξ . Từ đồ thị ta nhận thấy, nếu tần số lực cưỡng bức lớn hơn 1,414 lần tần số riêng của hệ trở lên thì lực truyền lên giá đỡ của máy sẽ nhỏ hơn lực kích động do máy tạo ra.



Hình 3. Biến thiên của T_r theo tỷ số p/ω_n và ξ

2.1.2. Giảm rung trên khung có giá đỡ không cố định

Xét trường hợp giá đỡ chuyển động được khi máy hoạt động. Để đơn giản, trong mô hình toán học biểu thị chuyển động của hệ máy – Bộ phận cách ly – Giá đỡ ta bỏ qua lực cản nhớt, khi đó mô hình có dạng như Hình 4.



Hình 4. Máy và bộ phận cách ly trên giá đỡ di động.

Hệ dao động là hai bậc tự do. Phương trình vi phân có dạng:

$$\begin{cases} m_1\ddot{x}_1 + k(x_1 - x_2) = F_0 \cos pt \\ m_2\ddot{x}_2 + k(x_2 - x_1) = 0 \end{cases} \quad (3)$$

Hệ số truyền trong trường hợp này được xác định theo biểu thức sau:

$$T_{rr} = \frac{F_{rr}}{F_0} = \frac{-m_2kp^2}{[(k - m_1p^2)(k - m_2p^2) - k^2]} = \frac{1}{\left(\frac{m_1 + m_2}{m_2} - \frac{m_1p^2}{k}\right)} = \frac{m_2}{m_1 + m_2} \left(\frac{1}{1 - \frac{p^2}{\omega_2^2}}\right) \quad (4)$$

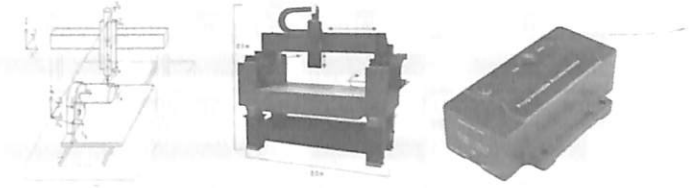
Trong đó, ω_2 là tần số riêng thứ 2 của hệ, $\omega_2 = p_2$ và p_2 được xác định theo công thức:

$$p_2 = \left[\frac{(m_1 + m_2)k}{m_1m_2}\right]^{1/2}$$

Tương tự như trong trường hợp giá đỡ cố định, nếu ta điều chỉnh để $p > \omega_2$ thì ω_2 càng nhỏ T_{rr} sẽ càng nhỏ.

2.2. Cảm biến đo rung động

2.2.1. Tổng quan mô hình thí nghiệm



Hình 4: a) Mô hình máy và vị trí đặt cảm biến đo dao động; b) Mô hình máy khảo sát thực tế; c) Cảm biến đo dao động bằng gia tốc kế.

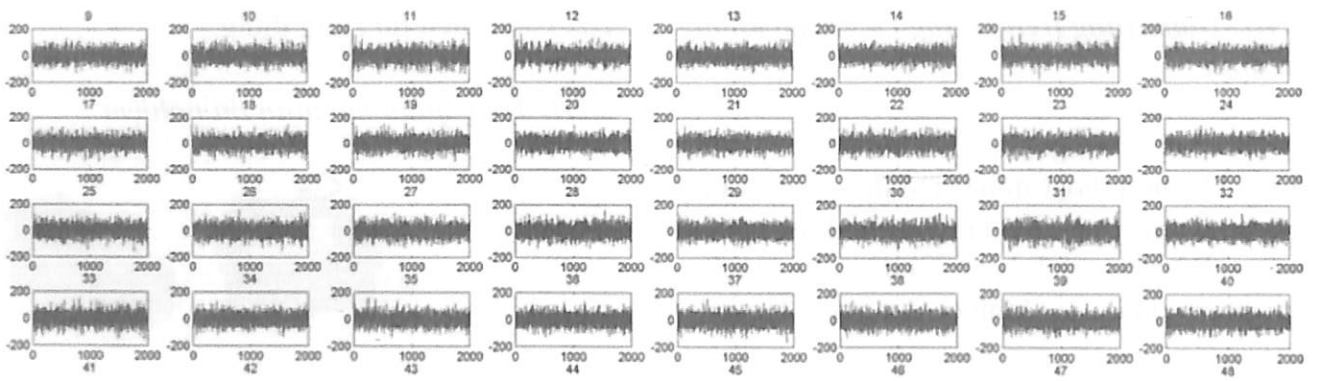
Các vị trí khảo sát bao gồm: Dao động của giá đỡ spindle, dao động của bàn gá phôi, dao động của khung máy, dao động của chân đế, dao động của sàn đất.

2.2.2. Giới thiệu về các hệ thống đo:

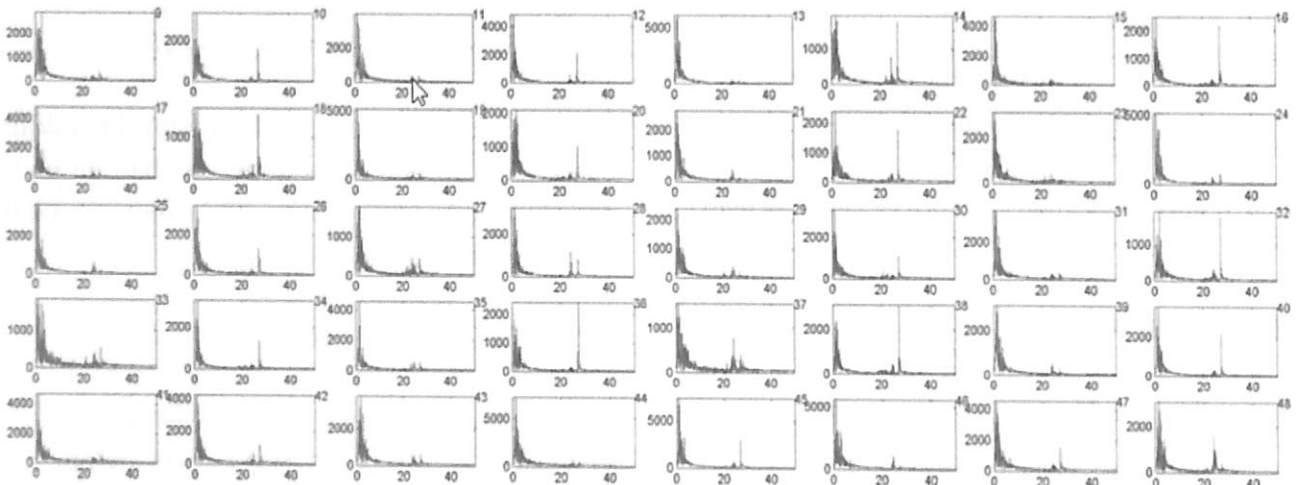
GPI Programmable Accelerometer Specifications	
Kích thước:	3.935" x 2.560" x 1.140"
Trọng lượng:	8.25 oz
Vật liệu:	6061 - T6 Aluminum
Nguồn:	2 x AA Alkaline Batteries
Battery Life:	More than 40 Days
Kết nối ngoài:	USB
Loại cảm biến gia tốc:	Programmable 3 Axis MEMS
Khoảng đo:	User programmable $\pm 2.5g$, $\pm 3.3g$, $\pm 6.7g$, $\pm 10g$
Dãy tần số:	DC - 45Hz
Tần số mẫu:	100Hz per axis
Kiểu bộ nhớ:	Non-Volatile EEPROM
Kích thước bộ nhớ:	1 Megabyte
Khoảng nhiệt độ cho phép:	-20°C to +80°C

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

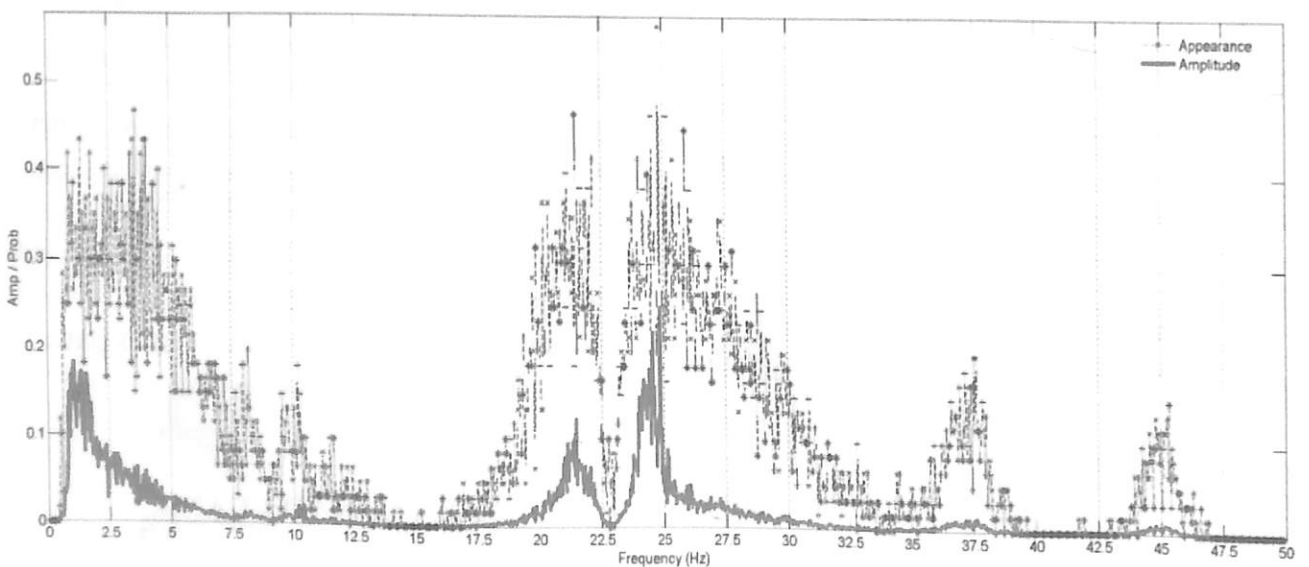
3.1. Các kết quả đo trên máy CNC 4D khổ lớn tự chế tạo



Hình 5. Một số file tín hiệu đo tại bàn máy của máy CNC 4D



Hình 6. Phổ công suất của tín hiệu đo tại bàn máy của máy CNC 4D



Hình 7. Phổ công suất trung bình của tín hiệu đo tại bàn máy của máy CNC 4D

Tại một vị trí đo, khi tiến hành phân tích tần số dựa theo phổ biên – tần, đồ thị này sẽ thể hiện biên độ dao động theo thời gian, tương ứng với đồ thị của biên độ theo tần số của tín hiệu. Các đặc trưng rung động của máy được phân tích theo 3 phương (Ox, Oy, Oz) tại một thời điểm đo. Khi đó, chúng ta nhận thấy:

- Không chỉ có một tần số riêng duy nhất xuất hiện trên cơ hệ máy tại những vị trí đo giống nhau và trong cùng một trạng thái đo. Số liệu từ (hình 6-7) cho thấy hệ máy sau khi chế tạo còn nhiều thiếu sót, hệ bị rung theo nhiều phương với những giá trị tần số riêng khác nhau.

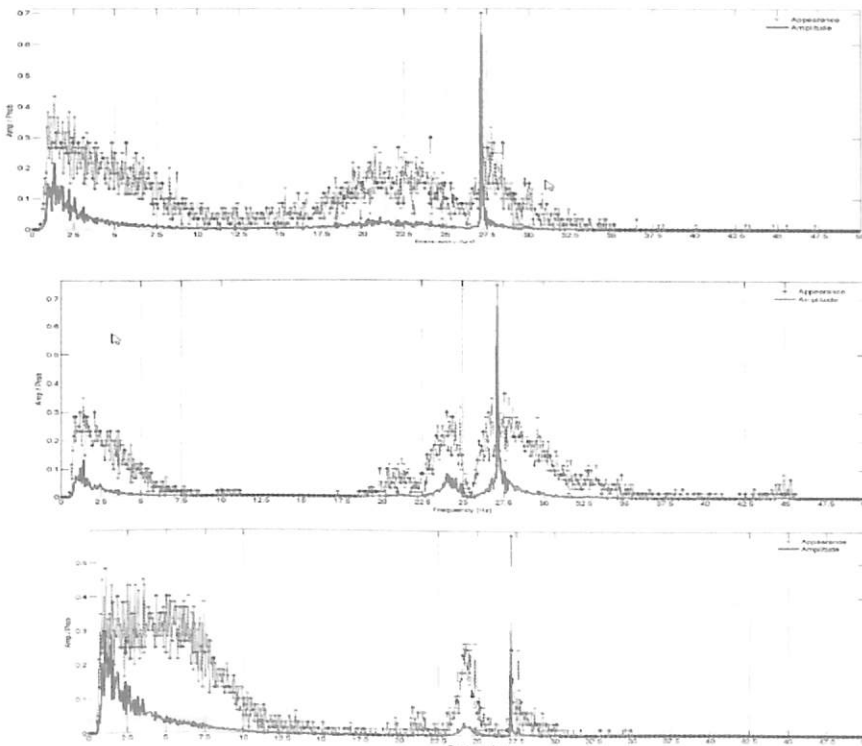
- Ngoài giá trị 23.5 Hz thì các giá trị khác như 1.5 Hz, 21.8 Hz cũng xuất hiện rất nhiều lần. Tùy vào quá trình truyền dao động từ spindle đến các vị trí đo mà các giá trị này xuất hiện. Như vậy, nếu hiệu chỉnh rung động

tại nguồn sao cho phù hợp thì hệ máy sẽ giảm rung tại các vị trí đo.

Không chỉ những tần số suất hiện tại nguồn và gây rung động chủ yếu cho cơ hệ thì còn xuất hiện nhiều tần số khác, các giá trị này chỉ xuất hiện tại vị trí đo nhất định. Tuy nhiên, việc xuất hiện này cũng làm ảnh hưởng không nhỏ đến quá trình dao động của máy khi gia công. Việc xác định các tần số này và nguồn gây ra dao động là một vấn đề phức tạp cần tiến hành đo nhiều điểm khác nhau trong cùng một đối tượng đo.

3.3. Đánh giá quá trình lan truyền rung động trên máy CNC 4D khổ lớn tự chế tạo

Tiến hành khảo sát quá trình rung động tại nguồn rung trên máy phay CNC, các kết quả thể hiện như hình 8a-c, tương ứng theo 3 phương ox, oy, oz của máy.

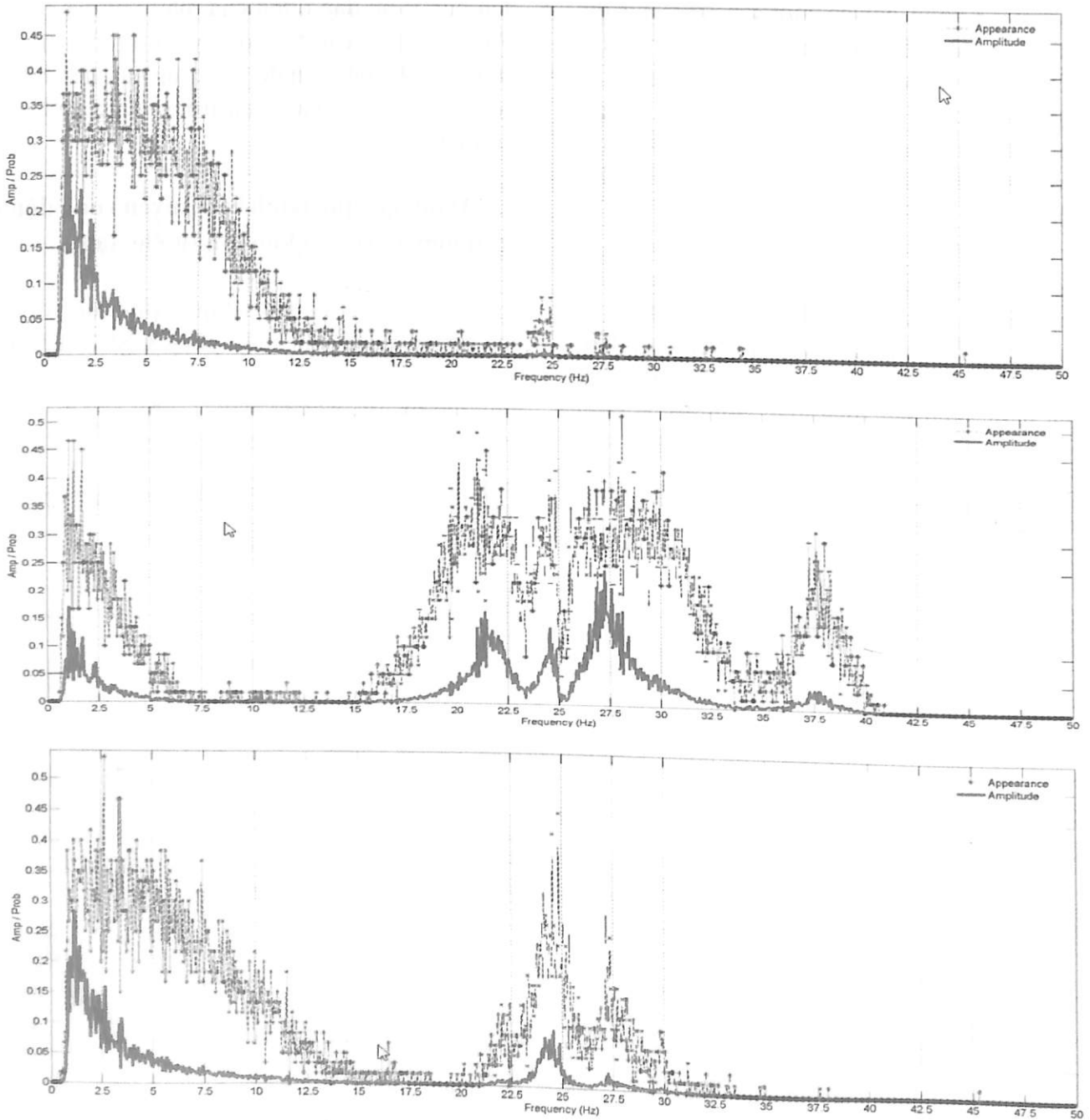


Hình 8. Phổ công suất trung bình của tín hiệu dao động tại nguồn rung của máy CNC 4D

NGHIÊN CỨU - TRAO ĐỔI

Khởi điểm từ nguồn rung (spindle) trong quá trình gia công đã làm cho hệ máy rung với cùng một tần số. Theo phương X, Y, Z của ổ đỡ spindle xuất hiện 3 tần số khác nhau. Sự rung động này, ảnh hưởng rất lớn đến quá trình gia công sản phẩm của máy, gây ra sai số lớn và quá trình đi của mũi dao. Tại vị trí đo của

bàn giá phôi (hình 9a-c) thì sự rung động theo cả 3 phương, trong đó ảnh hưởng nhiều nhất theo phương X và Z. Như vậy, khi chạy dao ngoài chạy không đúng vị trí ban đầu còn bị sai lệch theo phương Z (mức độ ăn dao không đúng so với ban đầu).



Hình 9. Phổ công suất trung bình của tín hiệu dao động tại bàn giá phôi của máy CNC 4D.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã mô hình hóa được phương pháp lan truyền rung động của máy CNC 4D khi chủ động chế tạo tại Việt Nam. Các kết quả cho thấy, hệ máy còn rung động, chưa đáp ứng được yêu cầu trong quá trình gia công, đồng thời phải thay đổi nhiều kết cấu trong quá trình thực hiện. Kết quả chỉ dừng lại trong quá trình đánh giá rung động của mô hình máy mà chưa đề cập đến quá trình giảm rung và điều chỉnh rung động trong quá trình máy làm việc.

Lời cảm ơn:

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh trong khuôn khổ Đề tài mang mã số C2017 – 20 – 30, các tác giả xin chân thành cảm ơn. ❖

Ngày nhận bài: 12/10/2018

Ngày phản biện: 17/10/2018

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Nguyễn Ngọc Cần; *Máy cắt kim loại*, NXB. Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh, 2005.
- [2]. Trần Văn Địch; *Công nghệ CNC*, NXB. Khoa học và Kỹ thuật, 2004.
- [3]. Trần Hoàng Nam; *Giải bài toán ngược động học, động lực học và điều khiển trượt Rô – bốt dư dẫn động dựa trên thuật toán hiệu chỉnh gia lượng vết cơ tọa động suy rộng*, 2010.
- [4]. Trịnh Chất, Lê Văn Uyển; *Tính toán thiết kế hệ thống dẫn động cơ khí tập 1*, NXB. Giáo dục.
- [5]. Nguyễn Đắc Lộc; *Sổ tay công nghệ chế tạo máy tập II*, NXB. Khoa học Kỹ thuật, 2007.
- [6]. PGS,TS. Nguyễn Văn Yên; *Chi tiết máy*, NXB. Giao thông Vận tải, 2006.