

CƠ SỞ KHOA HỌC ĐIỀU KHIỂN BẰNG PHA DAO ĐỘNG CHO HỆ VA RUNG CỘNG HƯỞNG HAI BẬC TỰ DO DẪN ĐỘNG NHỜ KHỐI LỆCH TÂM

TRẦN VĂN TUẤN, ĐỖ SANH, LƯU ĐỨC THẠCH

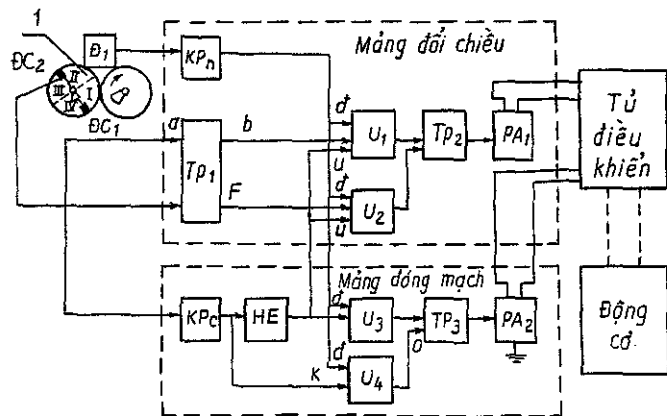
1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Có nhiều máy và thiết bị sử dụng nguyên lý va rung như máy sàng, máy nghiền, máy đầm bê tông, đầm đất, búa đóng cọc, đúc rung v.v... Ưu điểm của các máy va rung cộng hưởng là gọn nhẹ, tốn ít năng lượng nhưng có nhược điểm là hệ số cộng hưởng càng lớn, càng dễ mất ổn định. Việc giải quyết nhược điểm này sẽ cho phép mở rộng và nâng cao hiệu quả sử dụng các máy va rung cộng hưởng.

Nhìn chung đối với các hệ phi tuyến khó điều khiển tự động. Các máy va rung sử dụng các yếu tố đàn hồi có đặc trưng tuyến tính từng đoạn (gọi chung là máy va rung) có nhiều khả năng điều khiển tự động. Khái niệm điều khiển tự động ở đây được hiểu qua hai nhiệm vụ là:

1. Điều khiển tự động để duy trì (bình ổn) chế độ va rung cộng hưởng.
2. Điều khiển tự động để thay đổi một thông số công nghệ cơ bản nào đó như: (biên độ, tốc độ hoặc gia tốc) theo công nghệ cho trước do yêu cầu của sản xuất.

Để xây dựng cơ sở khoa học điều khiển hệ va rung cộng hưởng cần nghiên cứu một cách đầy đủ động lực học của hệ, nhằm tìm ra quy luật chung đặc trưng cho hệ để từ đó xây dựng một phương pháp điều khiển hợp lý. Có rất nhiều công trình nghiên cứu đã khảo sát hệ va rung một, hai bậc tự do, song các nghiên cứu đó không xuất phát từ góc độ điều khiển tự động cho hệ nên không quan tâm đầy đủ tới các đặc trưng đặc biệt có liên quan tới khả năng điều khiển như các đường đặc tính pha-tần số, mô men cản-tần số của lực kích thích v.v... Trong các công trình nghiên cứu hệ va rung phải kể đến công trình của I. G. Ruxakov và A. A. Kharkevich trong đó các tác giả đã sử dụng phương pháp giải tích để giải chính xác hệ phương trình vi phân đặc trưng cho hệ va rung một bậc tự do có đệm va đập tuyệt đối cứng. Kết quả nghiên cứu đã cho biết góc lệch pha giữa vận tốc dao động và lực kích thích trong cộng hưởng là không đổi, có giá trị $3\pi/2$. Dựa vào tính chất đặc biệt này lần đầu tiên I. I. Burkhovski đã đưa ra nguyên lý tự động bình ổn chế độ dao động cộng hưởng. Tiếp đó A. A. Bórchevski đã nghiên cứu một cách đầy đủ hệ va rung một bậc tự do với độ cứng của đệm va đập bất kỳ. Kết quả nghiên cứu cho phép tác giả đưa ra một hệ thống ngoại biên hoàn chỉnh để điều khiển các máy rung một bậc tự do (xem hình 1) [5].



Hình 1. Hệ thống tự động bình ổn chế độ cộng hưởng

He - khối đảo cực; $U_{1,2,3,4}$ - các khối lôgic; $Tp_{1,2,3}$ - các trige; $PA_{1,2}$ - các role; kpn - role tạo xung mang tính cực âm; kpc - role tạo xung dạng Π có độ lớn thay đổi; $ĐC_{1,2}$, $Đ_1$ - các đầu đo xung; 1 - bộ gây rung

Để có thể ứng dụng và phát triển nguyên lý điều khiển bằng pha dao động cho hệ va rung hai bậc tự do, cần tiến hành nghiên cứu kỹ cơ hệ. Mô hình toán học của cơ hệ được xây dựng với các giả thiết được chấp nhận và kiểm chứng [1, 2, 3].

2. MÔ HÌNH ĐỘNG LỰC, PHƯƠNG TRÌNH DAO ĐỘNG VÀ SƠ ĐỒ KHỐI CHƯƠNG TRÌNH TÍNH TOÁN

Phần lớn các máy sử dụng nguyên lý dao động hai khối lượng dẫn động bằng khối lệch tâm có sơ đồ động lực học như hình 2 dưới đây

Phương trình dao động của hệ được viết dưới dạng:

$$\begin{aligned} m_1 \ddot{x}_1 + c_1(x_1 - x_2) + b_0 \dot{x}_1 + c_0 x_1 &= m_0 r \omega^2 \cos \omega t + m_2 g + p \\ m_2 \ddot{x}_2 + c_1(x_2 - x_1) + b_2 \dot{x}_2 &= -m_2 g - p \end{aligned} \quad (2.1)$$

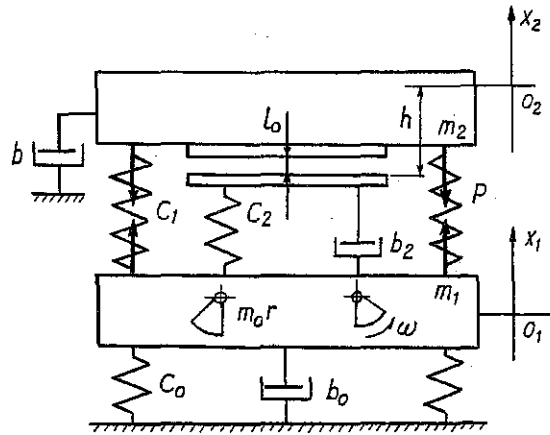
khi $x_2 - x_1 > \delta$

$$\begin{aligned} m_1 \ddot{x}_1 + c_1(x_1 - x_2) + c_2(x_1 - x_2 + \delta) + b_2(\dot{x}_1 - \dot{x}_2) + b_0 \dot{x}_1 + c_0 x_1 &= m_0 r \omega^2 \cos \omega t + m_2 g + p \\ m_2 \ddot{x}_2 + c_1(x_2 - x_1 - \delta) + b_2(\dot{x}_2 - \dot{x}_1) + b_2 \dot{x}_2 &= -m_2 g - p \end{aligned} \quad (2.2)$$

khi $x_2 - x_1 < \delta$

trong đó m_1 - khối lượng cân bằng; m_2 - khối lượng cơ cấu công tác; c_0, c_1, c_2 - độ cứng của các lò xo: giảm chấn, liên kết m_1 với m_2 và của đệm va đập; b, b_0, b_2 - là hệ số cản tương đương của lò xo c_1 và vật liệu trên m_2 , của lò xo giảm chấn, của đệm va đập; $m_0 r$ - mô men khối lệch tâm; ω - tần số góc của lực kích thích; g - gia tốc trọng trường; δ - khe hở va đập; x_1, x_2 - tọa độ của khối lượng m_1, m_2 ; P - lực nén ban đầu.

Để nghiên cứu chuyển động của hệ hình 2 có chu kỳ dao động bằng chu kỳ của lực kích thích, với khe hở (δ) bất kỳ có thể sử dụng chương trình ASSVM (hình 3).



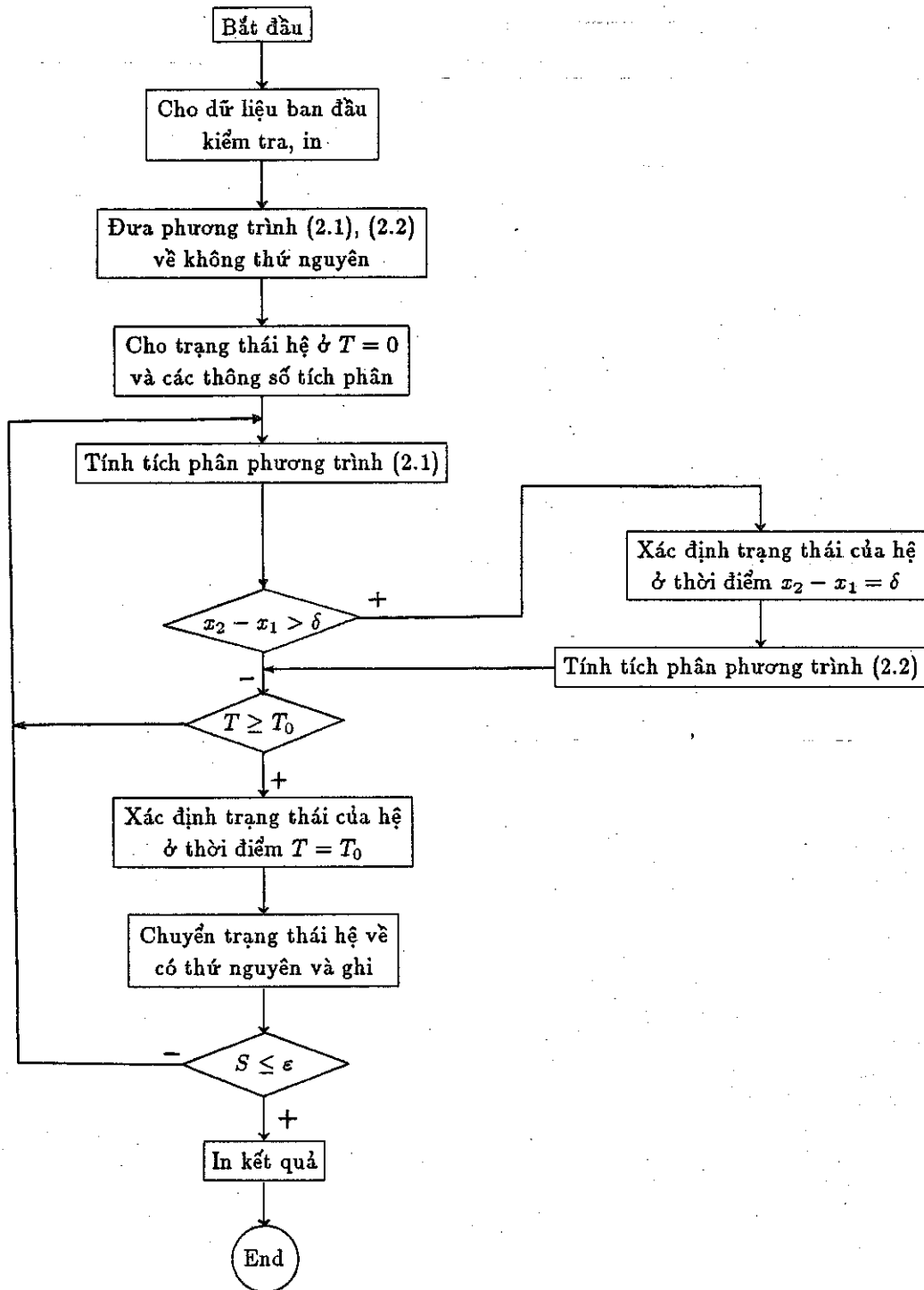
Hình 2. Sơ đồ động lực học hệ và rung hai khối lượng dẫn động bằng khối lệch tâm

Hệ phương trình (2.1), (2.2) là phi tuyến (tuyến tính từng đoạn). Sơ đồ khối của chương trình ASSVM được biểu diễn ở hình 3. Trong đó $T_0 = 2\pi/\omega$. Sau mỗi bước tích phân máy phải kiểm tra xem nếu $T > T_0$ thì máy cần xác định trạng thái của hệ (tọa độ và tốc độ) tại thời điểm T_0 và so sánh trạng thái của hệ ở các thời điểm $T = 0$ và $T = T_0$, nhằm tìm ra chu kỳ làm việc tuần hoàn và bình ổn của hệ. Khi đó cần xác định giá trị sau:

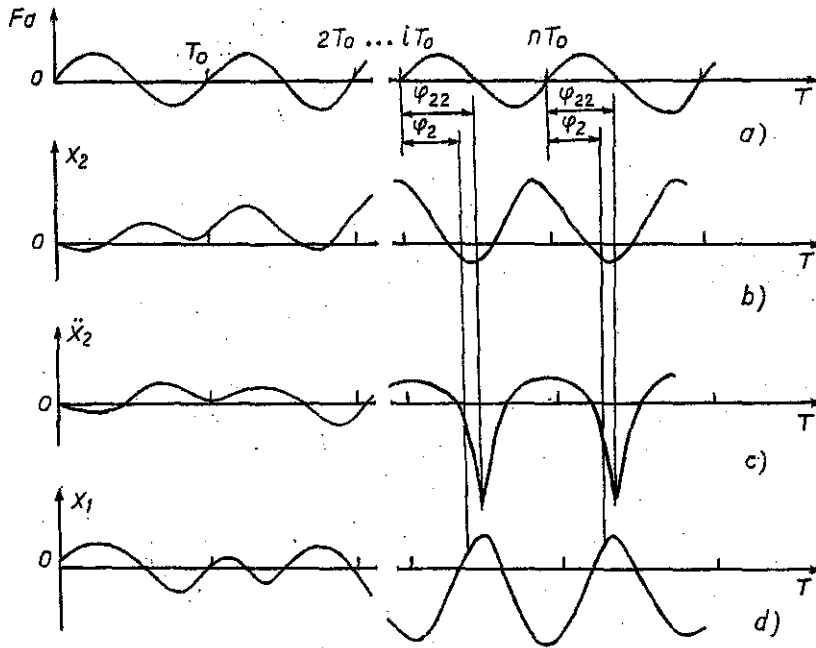
$$S = [x_1(T_0) - x_1(0)]^2 + [\dot{x}_1(T_0) - \dot{x}_1(0)]^2 + [x_2(T_0) - x_2(0)]^2 + [\dot{x}_2(T_0) - \dot{x}_2(0)]^2$$

Nếu $S \leq \epsilon$ với ϵ là vô cùng bé tự chọn, thì máy dừng và in kết quả tất cả các bước tính của chu kỳ cuối cùng. Trong đó có thời điểm $|x_2 - x_1| = \delta$ với góc lệch pha φ_2 giữa gia tốc dao động cưỡng bức của $m_2(\ddot{x}_2)$ và lực kích thích $\varphi_2 = T(x_2 - x_1 = \delta)$. Trong tự nhận được giá trị của

góc lệch pha (φ_{22}) giữa gia tốc dao động cưỡng bức lớn nhất của m_2 và lực kích thích (xác định bằng đồ thị mô tả trên hình 4). Cho ω thay đổi ta dễ dàng tìm được tần số dao động cộng hưởng và φ_{22} cộng hưởng. Trường hợp ngược lại $S > \epsilon$, trạng thái ban đầu của hệ chọn là $T = T_0$ và máy tiếp tục tính.



Hình 3. Sơ đồ khối của chương trình ASSVM giải hệ phương trình (2.1), (2.2)



Hình 4. Xác định góc lệch pha φ_{22} , φ_2 giữa gia tốc dao động của m_2 (\ddot{x}_2) và lực kích thích khi $\delta = 0$ trên đồ thị

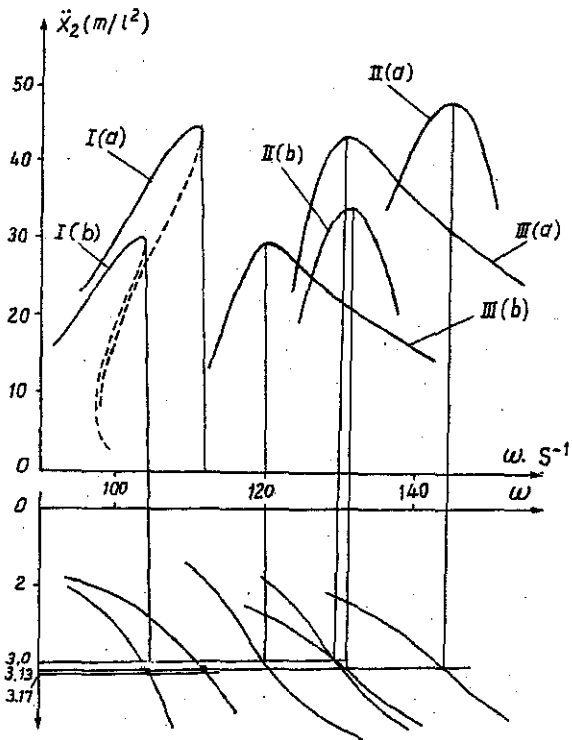
- a - đồ thị lực kích thích; b - đồ thị chuyển động của m_2 ;
- c - đồ thị gia tốc của m_2 ; d - đồ thị chuyển động của m_1 ;
- T - trục thời gian

3. CƠ SỞ KHOA HỌC ĐIỀU KHIỂN PHA DAO ĐỘNG

Để xây dựng cơ sở khoa học điều khiển pha dao động cho hệ H. 2 có thể sử dụng nhận xét sau đây theo [1]: khi độ cứng của đệm va đập là tuyệt đối cứng ($c_2 = \infty$), góc $\varphi_2 = \varphi_{22}$ cộng hưởng sẽ là $\pi/2$, khi $c_2 = 0$ (hệ tuyến tính) theo [2, 3] góc lệch pha $\varphi_{22} = \pi$, còn trong thực tế $0 < c_2 < \infty$, vậy góc φ_{22} thay đổi ra sao?. Bằng cách khảo sát trên máy vi tính nhờ chương trình ASSVM cho phép vẽ được đồ thị H. 4, H. 5.

Đường cong Ia cho $m_1 = 5850$ kg; $m_2 = 8000$ kg; $c_1 = 22889$ kN/m; $c_2 = 137334$ kN/m; $c_0 = 11200$ kN/m; $b_0 = 6$ kN.s/m; $b = 64$ kN.s/m; $b_2 = 138$ kN.s/m; $m_0 r = 2,88$ kg.m; $c_2/c_1 = 6$; $\delta = 2$ mm.

Đường cong Ib như đường cong Ia chỉ thay giá trị của $m_2 = 13000$ kg; $b = 156$ kN.s/m.



Hình 5. Đường cong phụ thuộc $\ddot{x}_2(\omega)$ và $\varphi_{22}(\omega)$

Đường cong IIa cho $m_1 = 5850$ kg; $m_2 = 10000$ kg; $c_1 = 22889$ kN/m; $c_2 = 1442000$ kN/m; $c_0 = 11200$ kN/m; $b_0 = 6$ kN.s/m; $b = 120$ kN.s/m; $b_2 = 1442$ kN.s/m; $m_0 r = 2,88$ kg.m; $c_2/c_1 = 63$; $\delta = 0$.

Đường cong IIb cho như đường cong IIa chỉ thay $m_1 = 10000$ kg; $m_2 = 7020$ kg; $b = 132$ kN.s/m; $c_2/c_1 = 63$; $\delta = 0$.

Đường cong IIIa cho $m_1 = 5800$ kg; $m_2 = 8000$ kg; $c_1 = 22889$ kN/m; $c_2 = 137334$ kN/m; $c_0 = 11200$ kN/m; $b_0 = 6$ kN.s/m; $b = 96$ kN.s/m; $b_2 = 138$ kN.s/m; $P = 32$ kN; $m_0 r = 2,88$ kg.m; $c_2/c_1 = 6$; $\delta = -0,82$ mm.

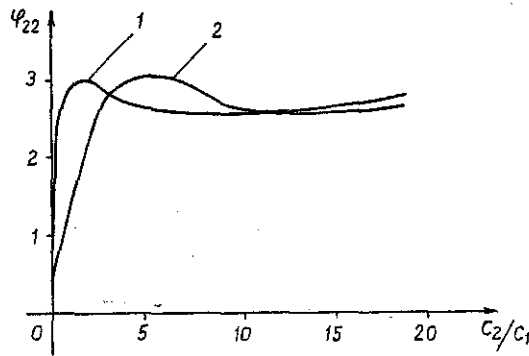
Đường cong IIIb như đường cong IIIa chỉ thay $m_2 = 13000$ kg; $b = 156$ kN.s/m.

Hình 5 biểu diễn mối quan hệ giữa gia tốc của $m_2(\ddot{x}_2)$ với tần số góc ω và mối quan hệ giữa φ_{22} với tần số góc của lực kích thích. Từ các đường cong phụ thuộc $\ddot{x}_2(\omega)$, $\varphi_{22}(\omega)$ ta thấy rằng:

1. Các đường cong theo cặp I(a,b), II(a,b), III(a,b) với $c_2/c_1 = \text{const}$, $\delta = \text{const}$, các thông số khác thay đổi trong miền rộng (hơn cả thực tế cho phép), góc lệch pha φ_{22} cộng hưởng có giá trị không đổi $\varphi_I = 3,17$; $\varphi_{II} = 3,1$; $\varphi_{III} = 3,0$.

2. Đường cong I(a,b), III(a,b) với $c_2/c_1 = \text{const}$, khi khe hở và đập thay đổi thì góc φ_{22} cộng hưởng cũng thay đổi $\varphi_I = 3,17$; $\varphi_{III} = 3,0$.

Để nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số c_2/c_1 tới φ_{22} tác giả [4] đã khảo sát các trường hợp với: $c_2/c_1 = 0,5; 1; 3; 6; 10; 15; 20; 63; 100; 150; 300; 600; 1000$ và các thông số khác như m_1 thay đổi $\pm 30\%$; m_2 thay đổi $\pm 25\%$; b, b_0, b_2 thay đổi $\pm 15\%$; $c_1 = \pm 20\%$; $c_2 = \pm 20\%$ ứng với hai trường hợp khe hở và đập $\delta = 0$ và $\delta = 2$ mm. Kết quả cho phép xây dựng đồ thị xác định góc $\varphi_{22}(c_2/c_1)$ hình 6



Hình 6. Đường cong phụ thuộc giữa φ_{22} và c_2/c_1
đường cong 1 khi $\delta = 0$ đường cong 2 khi $\delta = 2$ mm

4. KẾT LUẬN

Hệ va rung theo một phương hai bậc tự do có dẫn động bằng khối lệch tâm, góc lệch pha giữa thời điểm bắt đầu va chạm hoặc thời điểm gia tốc m_2 đạt giá trị lớn nhất và lực kích thích chỉ phụ thuộc vào tỷ số c_2/c_1 và khe hở va đập còn không phụ thuộc vào các yếu tố khác.

Đặc điểm này cho phép sử dụng hệ thống điều khiển tự động đơn giản đã được chế tạo dựa trên nguyên lý so sánh thời điểm xung, được tạo ra khi khối lệch tâm qua một vị trí xác định trước (ví dụ: góc φ_{22} được xác định nhờ đồ thị hình 6) và thời điểm xung tạo ra khi hai khối lượng m_1 và m_2 bắt đầu va chạm ($x_2 - x_1 = \delta$). (Bài toán chưa có lời giải bằng giải tích).

Công trình được hoàn thành với sự tài trợ của chương trình nghiên cứu khoa học cơ bản cấp Nhà nước về khoa học tự nhiên.

Địa chỉ:
Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

Nhận ngày 24/1/1995

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Баркан Д. Д., Шехтер О.Я. О расчете виброударных механизмов. В сб. Динамика грунтов, № 28, М. 1956.
2. Бабаков И. И. Теория колебания. Гостехиздат, М. 1958.
3. Быховский И. И. Основы теории вибрационной техники. Машиностроение, М. 1969.
4. Чан Ван Туан. Научно-технического обоснование фазового регулирования двухмассных ударновибрационных. Машин. Авторефер. Дис. Канд. Тех. Наук. М. 1990.
5. Бауман В. А., Быховский И. И. Вибрационные машины и процессы в строительстве. М. 1977.

SUMMARY

THE SCIENTIFIC BASES OF AUTOCONTROL WITH VIBRATION PHASE FOR A RESONANCE BEATING-VIBRATION SYSTEM WITH TWO DEGREES OF FREEDOM DRIVEN BY DEBALANCES

In the paper it is introduced a method for studying dynamics of beating - vibrators by means of digital calculation with the help of the machine in accordance with the needs by the helps of an available autoregulation system operating with high reliability.

DYNAMIC ABSORBER FOR THE PARAMETRIC OSCILLATION ...

(tiếp theo trang 12)

REFERENCES

1. Nguyen Van Dao. Non-linear oscillation of high order systems. NCSR of Vietnam, Hanoi 1979.
2. Nguyen Van Dao. Quenching of self-excited oscillation of mechanical systems Tenth international conference on nonlinear oscillations. Varna-Droujba, September 17, 1984.
3. Hoang Van Da. Dynamic absorber for elastic system of high order. Journal of Mechanics, NCNST of Vietnam T.XI, No 3, 1989 (in Vietnamese).
4. Mitropolski Yu. A. Masinkov. Asymptotic solution in partial derivative equation. Kiev, 1976.
5. Rgiahisun A. R. Theory of creep. Mockva, 1966.

Received September 19, 1995

BỘ TẮT CHẤN ĐỘNG LỰC ĐỐI VỚI DAO ĐỘNG THÔNG SỐ CỦA BẢN MỎNG CHỮ NHẬT TRÊN NỀN ĐÀN HỒI

Trong bài báo này tác giả khảo sát hiệu lực của bộ tắt chấn động lực yếu đối với dao động thông số của bản mỏng chữ nhật theo mô hình từ biến trên nền đàn hồi có một hệ số nền. Kết quả cho thấy rằng có thể chọn các thông số để làm giảm biên độ dao động hoặc dập tắt dao động đó.