



# XÂY DỰNG HÀM TRUYỀN CHO MÔ HÌNH CÁP TREQ TRÊN MÁY KHOAN XOAY CẦU CБШ - 250

Phạm Thanh Liêm

Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin

Hà Thị Chúc, Trần Thanh Tuấn

Trường Đại học Mỏ - Địa chất

E-mail: phamthanhliem1982@gmail.com

## TÓM TẮT

Hệ thống cáp treo (02 ròng rọc, bội suất bốn) là bộ phận truyền lực quan trọng của cơ cấu đẩy chòong khoan trên máy khoan CБШ – 250. Hệ thống này giảm lực truyền đi 4 lần và tăng quãng đường di chuyển của chòong khoan lên 4 lần. Vì cáp treo có độ cứng  $C$  và hệ số nhớt  $\eta$  nên quá trình động học của cáp trên từng nhánh cáp của ròng rọc là một quá trình phức tạp. Trong bài báo này chúng tôi xây dựng hàm truyền cho mô hình cáp treo đã được đơn giản hóa thành 02 ròng rọc đơn.

**Từ khóa:** hàm truyền, mô hình, cáp treo, chòong khoan, máy khoan CБШ – 250

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong các máy khoan, cáp được sử dụng với nhiều mục đích như: Treo giữ chòong khoan, đưa chòong khoan đi lên xuống trong cần khoan, tạo lực nén lên đáy lỗ khoan. Trong đó, việc đưa chòong khoan xuống lỗ khoan và tạo lực nén lên lỗ khoan có tác động quan trọng nhất đến quá trình khoan. Để thay đổi lực và tốc độ đi xuống của chòong khoan, các nhà sản xuất đã lắp đặt cáp theo các kiểu ròng rọc khác nhau từ ròng rọc đơn đến ròng rọc bội suất bốn hoặc lớn hơn nữa.

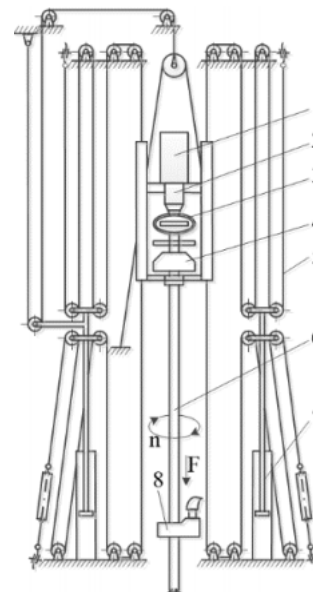
Trong máy khoan xoay cầu, như trong những tài liệu đã tham khảo và trong thực tế, máy khoan CБШ – 250 sử dụng hệ ròng rọc bội suất bốn với quãng đường di chuyển của chòong khoan được tăng lên 4 lần và lực nén lên đáy lỗ khoan giảm đi 4 lần (nguyên tắc vật lý của ròng rọc bội suất bốn). Tuy nhiên, để thực hiện mô phỏng quá trình động học của cáp trên máy khoan, chúng ta phải sử dụng các hàm động học để phân tích quá trình quá độ. Có như vậy mới tính toán được sự ổn định của hoạt động cũng như xác định được các điều kiện ổn định về lực và tốc độ điều khiển xảy ra liên tục.

Để nghiên cứu và xây dựng các hệ thống điều khiển tự động lực đưa chòong khoan của máy khoan CБШ – 250, cần phải xây dựng hàm truyền hệ thống này.

## 2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

### 2.1. Sơ đồ hệ thống ròng rọc trên máy khoan xoay cầu

Sơ đồ động học của cơ cấu vận hành máy khoan CБШ – 250 được thể hiện trong Hình H.1, gồm: 1 – động cơ điện một chiều; 2 – hộp giảm tốc; 3 – khớp nối; 4 – gối đỡ; 5 – hệ thống ròng rọc bội suất bốn của hệ thống đẩy; 6 – chòong khoan; 7 – xy lanh thủy lực đẩy; 8 – cơ cấu vận động chòong khoan [1, 3].



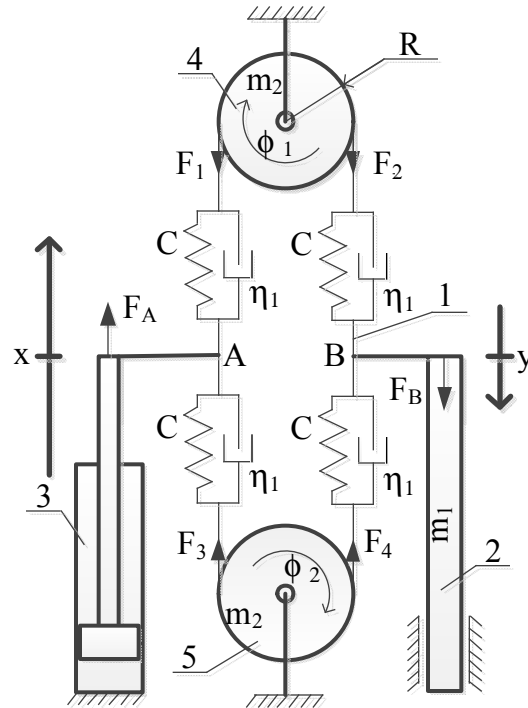
H.1. Sơ đồ động học của cơ chế quay – đẩy của máy khoan CБШ – 250

Lực nén được tạo ra như sau: bơm thủy lực chất lỏng làm việc vào xy lanh 7. Lực của xy lanh 7 được qua hệ thống ròng rọc bội suất bốn giảm đi bốn lần truyền đến gối đỡ (hệ thống ròng rọc bội suất bốn được mắc ngược nhau với lực căng ban đầu đủ lớn để hệ thống ổn định).

**2.2 Xây dựng mô hình mô phỏng cáp treo và hàm truyền**

Có thể coi 4 hệ thống ròng rọc là 4 đoạn cáp có độ cứng C và hệ số đàn nhót  $\eta$  (xem Hình H.2). Ròng rọc 1 truyền chuyển động từ cần pít tông của xy lanh (truyền động tuyến tính) được gắn chặt đến cụm khoan. Cáp được coi là một liên kết đàn nhót, khối lượng của nó được tính quy đổi vào khối lượng của ròng rọc. Một trong số đó được cố định trên giá cố định, và khối thứ hai được treo trên cáp của hệ ròng rọc. Khi vận hành ở trạng thái ổn định (Hình H.2) lực  $F_B$  tác dụng lên thanh của truyền động tuyến tính cân bằng với trọng lượng của phần tử cát đá (choòng khoan, đầu mũi khoan)  $m_1g$ , trong đó  $m_1$  – là khối lượng của nó;  $g$  – gia tốc trọng lực. Phản lực của giá đỡ pu ly 4, được lắp cố định, bằng  $m_1g + 2m_2g + 2T$ ; Trong đó  $m_1, m_2$  – khối lượng của pu ly thứ nhất và thứ hai. Lực căng dây ở các vị trí từ ròng rọc thứ nhất đến các điểm A, B, sự gắn chặt của thanh và phần tử phá đá là như nhau và bằng  $F_1 = F_2 = m_1g + \frac{m_2g}{2} + T$  ; T -

lực căng ban đầu của ròng rọc. Lực căng dây tại các điểm từ điểm gắn của thanh và bộ phận cát đá A, B, đến pu ly thứ hai là bằng  $F_3 = F_4 = \frac{m_2g}{2} + T$ .  
Tốc độ quay góc của các pu ly  $\dot{\phi}_1 = \dot{\phi}_2 = 0$ .



H.2. Mô hình hệ ròng rọc

Thay đổi lực căng dây từ điểm A của thanh chống của truyền động tuyến tính đến điểm dây đai chạy lên ròng rọc thứ nhất

$$\delta_{F1}(t) = \eta_1[-\dot{\delta}_x(t) + R\dot{\delta}_{\phi_1}(t)] + C[-\delta_x(t) + R\delta_{\phi_1}(t)], \tag{1}$$

trong đó C – là độ cứng cáp;  $\eta_1$  – hệ số nhót cáp; R bán kính của pu ly,  $\dot{\delta}_{\phi_1}$  – gia số của chuyển động tuyến tính của pu ly thứ nhất.

Phương trình lực cân bằng tại điểm A:

$$\delta_{FA}(t) = \delta_{F3}(t) - \delta_{F1}(t). \tag{2}$$

Sự thay đổi của lực căng dây của ròng rọc từ điểm thoát ra khỏi ròng rọc từ pu ly thứ nhất đến điểm B gắn của phần tử làm vỡ đá  $\delta_y$ , cho ta sự phụ thuộc sau đây đối với sự gia tăng của giá trị lực căng dây của ròng rọc trong đoạn từ pu ly thứ nhất đến điểm B:

$$\delta_{F2}(t) = \eta_1[\dot{\delta}_y(t) + R\dot{\delta}_{\phi_1}(t)] + C[\delta_y(t) + R\delta_{\phi_1}(t)] \tag{3}$$

trong đó  $\dot{\delta}_{\phi_2}$  – gia số của chuyển động tuyến tính của pu ly thứ hai;

Phương trình lực cân bằng tại điểm B:

$$m_1\ddot{\delta}_y = -\delta_{F4}(t) + \delta_{F2}(t) \tag{4}$$

Sự khác biệt về lực  $F_2 - F_1$  tạo thành mô men, làm quay pu ly đầu tiên:



$$R[\delta_{F_2}(t) - \delta_{F_1}(t)] = J_2 \ddot{\delta}_{\phi_1} + \eta_2 \dot{\delta}_{\phi_1} \quad (5)$$

Lực căng dây từ điểm đến từ pu-ly thứ hai đến điểm A:

$$\delta_{F_3}(t) = \eta_1 [\dot{\delta}_x(t) + R\dot{\delta}_{\phi_2}(t)] + C[\delta_x(t) + R\delta_{\phi_2}(t)], \quad (6)$$

Lực căng dây từ điểm B sang điểm khác của sợi dây cáp vào pu ly thứ hai:

$$\delta_{F_4}(t) = \eta_1 [-\dot{\delta}_y(t) + R\dot{\delta}_{\phi_2}(t)] + C[-\delta_y(t) + R\delta_{\phi_2}(t)]; \quad (7)$$

Sự khác biệt về lực  $F_3 - F_4$  lực tạo thành mô men, làm quay pu ly thứ hai:

$$R[\delta_{F_3}(t) - \delta_{F_4}(t)] = J_2 \ddot{\delta}_{\phi_2} + \eta_2 \dot{\delta}_{\phi_2} \quad (8)$$

Từ các phương trình (6), (1), (2) có thể nhận được phương trình:

$$\eta R \dot{\delta}_{\phi_1}(t) + CR \delta_{\phi_1}(t) - \eta R \delta_{\phi_2}(t) - CR \delta_{\phi_2}(t) = 2\eta_1 \dot{\delta}_x(t) + 2C\delta_x(t) - \delta_{FA} \quad (9)$$

Từ các phương trình (7), (3), (4) có thể nhận được phương trình:

$$m \ddot{\delta}_y(t) - 2\eta_1 \dot{\delta}_y(t) - 2C\delta_y(t) + \eta_1 R \dot{\delta}_{\phi_1}(t) + CR \delta_{\phi_1}(t) - \eta_1 R \delta_{\phi_2}(t) - CR \delta_{\phi_2}(t) \quad (10)$$

Từ các phương trình (9), (10) có thể nhận được phương trình:

$$m \ddot{\delta}_y(t) - 2\eta_1 \dot{\delta}_y(t) - 2C\delta_y(t) = 2\eta_1 \dot{\delta}_x(t) + 2C\delta_x(t) - \delta_{FA} \quad (11)$$

Từ các phương trình (3), (1), (5) có thể nhận được phương trình:

$$J_2 \ddot{\delta}_{\phi_1} + \eta_2 \dot{\delta}_{\phi_1} - R\eta_1 \dot{\delta}_y(t) - RC\delta_y(t) = R\eta_1 \dot{\delta}_x(t) + RC\delta_x(t) \quad (12)$$

Từ các phương trình (6), (7), (8) có thể nhận được phương trình:

$$J_2 \ddot{\delta}_{\phi_2} + \eta_2 \dot{\delta}_{\phi_2} - R\eta_1 \dot{\delta}_y(t) - RC\delta_y(t) = R\eta_1 \dot{\delta}_x(t) + RC\delta_x(t) \quad (13)$$

Từ các phương trình (11), (12), (13) có thể nhận được hệ phương trình trong sai lệch:

$$\begin{aligned} m \ddot{\delta}_y(t) - 2\eta_1 \dot{\delta}_y(t) - 2C\delta_y(t) &= 2\eta_1 \dot{\delta}_x(t) + 2C\delta_x(t) - \delta_{FA} \\ J_2 \ddot{\delta}_{\phi_1} + \eta_2 \dot{\delta}_{\phi_1} - R\eta_1 \dot{\delta}_y(t) - RC\delta_y(t) &= R\eta_1 \dot{\delta}_x(t) + RC\delta_x(t) \\ J_2 \ddot{\delta}_{\phi_2} + \eta_2 \dot{\delta}_{\phi_2} - R\eta_1 \dot{\delta}_y(t) - RC\delta_y(t) &= R\eta_1 \dot{\delta}_x(t) + RC\delta_x(t) \end{aligned} \quad (14)$$

Từ (14) có thể thu được hệ thống các phương trình đại số tuyến tính ở dạng toán tử:

$$\begin{aligned} (ms^2 - 2\eta_1 s - 2C)\delta_y(s) + 0\delta_{\phi_1}(s) + 0\delta_{\phi_2}(s) &= (2\eta_1 s + 2C)\delta_x(s) - \delta_{FA}(s) \\ -(R\eta_1 s + RC)\delta_y(s) + (J_2 s^2 + \eta_2 s)\delta_{\phi_1}(s) + 0\delta_{\phi_2}(s) &= (R\eta_1 s + RC)\delta_x(s) + 0\delta_{FA}(s) \\ -(R\eta_1 s + RC)\delta_y(s) + 0\delta_{\phi_1}(s) + (J_2 s^2 + \eta_2 s)\delta_{\phi_2}(s) &= (R\eta_1 s + RC)\delta_x(s) + 0\delta_{FA}(s) \end{aligned} \quad (15)$$

Hệ phương trình (15) có thể cho phép tương đối đầu ra (có thể điều chỉnh) của các tham số  $y, 1, 2$

Từ các hệ phương trình (15), được trình bày dưới dạng toán tử đối với hệ rỗng rọc, có thể nhận được hệ phương trình dưới dạng hàm truyền. Để làm điều này, đặt giả thiết hệ thống được chỉ định một cách tương đối điều chỉnh các tham số  $y, 1, 2$ :

$$\begin{aligned} \delta_y &= W_{x,y}(s)\delta_x + W_{FA,y}(s)\delta_{FA} \\ \delta_{\phi_1} &= W_{x,\phi_1}(s)\delta_x + W_{FA,\phi_1}(s)\delta_{FA} \\ \delta_{\phi_2} &= W_{x,\phi_2}(s)\delta_x + W_{FA,\phi_2}(s)\delta_{FA} \end{aligned} \quad (16)$$

Trong đó

$$\begin{aligned} W_{x,y}(s) &= \frac{\Delta_{x,y}}{\Delta}; W_{FA,y}(s) = \frac{\Delta_{FA,y}}{\Delta} \\ W_{x,\phi_1}(s) &= \frac{\Delta_{x,\phi_1}}{\Delta}; W_{FA,\phi_1}(s) = \frac{\Delta_{FA,\phi_1}}{\Delta} \\ W_{x,\phi_2}(s) &= \frac{\Delta_{x,\phi_2}}{\Delta}; W_{FA,\phi_2}(s) = \frac{\Delta_{FA,\phi_2}}{\Delta} \end{aligned}$$

$$\Delta_{x,y}(s) = \begin{vmatrix} 2\eta_1 s + 2C & 0 & 0 \\ R\eta_1 s + RC & j_2 s^2 + \eta_2 s & 0 \\ R\eta_1 s + RC & 0 & j_2 s^2 + \eta_2 s \end{vmatrix};$$

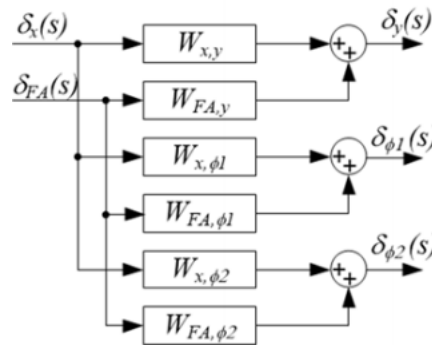
$$\Delta_{FA,y}(s) = \begin{vmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & j_2 s^2 + \eta_2 s & 0 \\ 0 & 0 & j_2 s^2 + \eta_2 s \end{vmatrix};$$

$$\Delta_{x,\phi_1}(s) = \begin{vmatrix} ms^2 - 2\eta_2 s - 2C & 2\eta_1 s + 2C & 0 \\ -(R\eta_1 s + RC) & R\eta_1 s + RC & 0 \\ -(R\eta_1 s + RC) & R\eta_1 s + RC & j_2 s^2 + \eta_2 s \end{vmatrix};$$

$$\Delta_{FA,\phi_1}(s) = \begin{vmatrix} ms^2 - 2\eta_2 s - 2C & -1 & 0 \\ -(R\eta_1 s + RC) & 0 & 0 \\ -(R\eta_1 s + RC) & 0 & j_2 s^2 + \eta_2 s \end{vmatrix};$$

$$\Delta_{x,\phi_2}(s) = \begin{vmatrix} ms^2 - 2\eta_2 s - 2C & 0 & 2\eta_1 s + 2C \\ -(R\eta_1 s + RC) & j_2 s^2 + \eta_2 s & R\eta_1 s + RC \\ -(R\eta_1 s + RC) & 0 & R\eta_1 s + RC \end{vmatrix}; \Delta_{FA,\phi_2}(s) = \begin{vmatrix} ms^2 - 2\eta_2 s - 2C & 0 & -1 \\ -(R\eta_1 s + RC) & j_2 s^2 + \eta_2 s & 0 \\ -(R\eta_1 s + RC) & 0 & 0 \end{vmatrix};$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} ms^2 - 2\eta_2 s - 2C & 0 & 0 \\ -(R\eta_1 s + RC) & j_2 s^2 + \eta_2 s & 0 \\ -(R\eta_1 s + RC) & 0 & j_2 s^2 + \eta_2 s \end{vmatrix}.$$



**3. KẾT LUẬN**

- Hàm toán thu được mô tả tương đối đầy đủ quá trình động học của cấp đã được đơn giản hóa treo trên máy khoan;
- Hàm truyền đã xây dựng có thể sử dụng để thiết lập mô hình hệ thống đầy của máy khoan;

➤ Để có thể khẳng định mức độ phù hợp của mô hình cần tiến hành xây dựng mô hình thí nghiệm, thực hiện đánh giá mức độ chính xác, tương quan để có thể áp dụng vào tính toán hệ rơng rọc máy khoan xoay cầu CБШ-250MH□



### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Liem P.T (2020). Phát triển các hệ thống tự động điều khiển tốc độ quay và đẩy mũi khoan của máy khoan xoay cầu CBШ-250MH-32T // P.T Liem // Thông tin Đại học Tula, Tula, 2020, quyển 5, từ trang 216 đến 224 (Tiếng Nga).
2. Копылов И.П. Математическое моделирование электрических машин: Учеб. Для вузов/ И.П. Копылов / . – 3-е изд., и доп. – М.: Высш. шк., 2001. – 327 с.: ил.
3. V.T. Pham. Modelling of three-phase induction motor with changes in motor parameters // Pham V.T., Nguyen Q.T. // int. Science technology, vol 48, pp 21–25. Hanoi, 2018
4. K. S. Sandhu. Simulation study of three-phase induction motor with variations in moment of inertia // K. S. Sandhu, Vivek Pahwa // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, VOL. 4, NO. 6, AUGUST 2009, pp 72-77
5. Yongguang Liu. Structural Design and Simulation of Ejection Device with Pulley Block // Xusheng Jing, Yize Wan // Advances in Computer Science Research, volume 93, 2nd International Conference on Mathematics, Modeling and Simulation Technologies and Applications (MMSTA 2019)
6. Mathematical Modelling of Cable and Pulley Systems // Jon Andreas Moseid // Norwegian University of Science and Technology, June 2017, 109p
7. Efficient modelling of flexible cable-pulley systems // Markus Spiegelhauer , Berthold Schlecht // Forsch Ingenieurwes (2021) 85: 67–75p // <https://doi.org/10.1007/s10010-020-00433-y>,

## DEVELOPMENT OF A TRANSMISSION FUNCTION FOR A CABLE MODEL SYSTEM ON THE DRILLING MACHINE CBШ-250

Pham Thanh Liem, Ha Thi Chuc, Tran Thanh Tuan

### ABSTRACT

*The sling system (two pulleys multiplied by four) is an important power transmission part of the drill pusher mechanism on the drilling machine CBШ-250. This system reduces the transmitted force by four times and increases the travel distance of the drill bit up to four times. Because they are sling system, so they have stiffness  $C$  and viscosity coefficient  $\eta$ . Therefore, the dynamic process on each pulley cable rope is a complicated process. The paper prefers to the development process of the transfer function for a cable model system, which has been simplified into two separate pulleys*

**Keywords:** transfer function, model, cable, drill, drilling machine CBШ – 250

**Ngày nhận bài:** 29/11/2021;

**Ngày gửi phản biện:** 03/10/2021;

**Ngày nhận phản biện:** 15/11/2021;

**Ngày chấp nhận đăng:** 15/02/2022.

**Trách nhiệm pháp lý của các tác giả bài báo:** Các tác giả hoàn toàn chịu trách nhiệm về các số liệu, nội dung công bố trong bài báo theo Luật Báo chí Việt Nam.