

NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG BỘ ĐIỀU KHIỂN PID CHO VAN TIẾT LƯU ĐIỆN-THỦY LỰC TRONG HỆ ĐIỀU KHIỂN LỰC ẮN TY MÁY KHOAN XOAY CẦU CБШ-250T

LÊ NGỌC DÙNG - Trường Đại học Công nghệ Đồng Nai

ĐẶNG VĂN CHÍ - Trường Đại học Mở-Địa chất

Email: lengocdung2007@gmail.com

1. Tổng quan

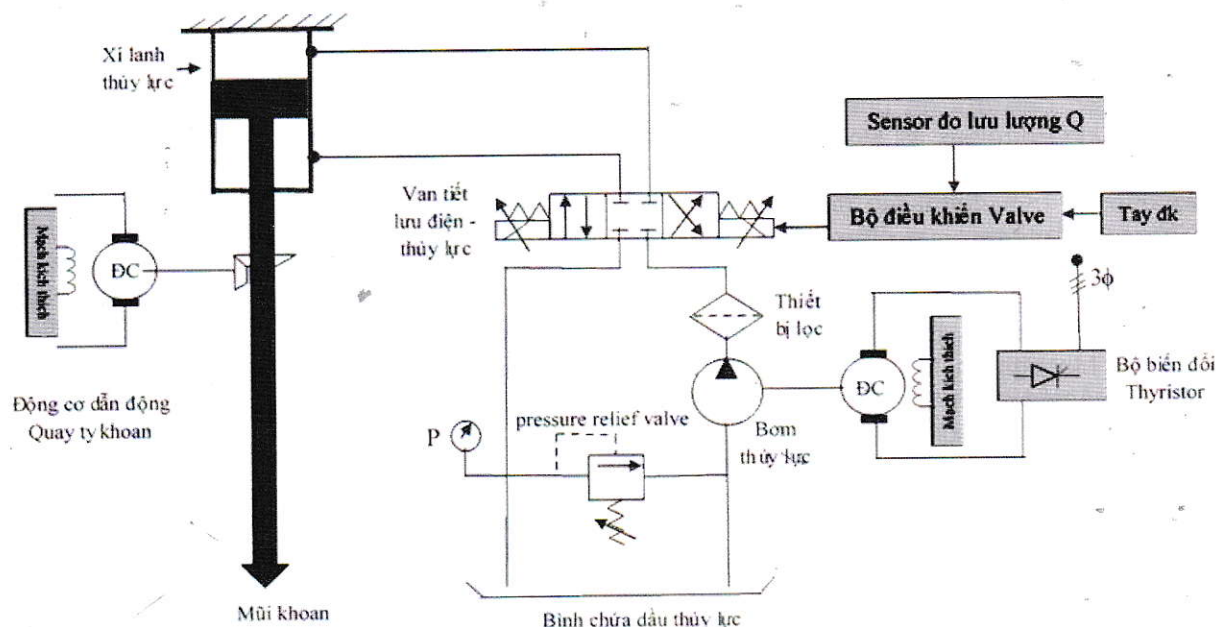
Hệ thống điều khiển tốc độ quay và lực ắc ty khoan là hai hệ thống rất quan trọng của máy khoan xoay cầu CБШ-250T, đang được sử dụng rộng rãi ở các mỏ lộ thiên. Sự phối hợp điều khiển giữa hai kênh này, sao cho tối ưu và hiệu quả đòi hỏi người vận hành phải có nhiều kinh nghiệm. Đặc biệt, khi vận hành máy khoan trên các tầng mỏ với nền đất đá phức tạp, có độ cứng thay đổi, hệ thống điều khiển cần phải thích nghi với điều kiện địa chất mỏ để đảm bảo năng suất khoan. Công tác chỉnh định tham số của các bộ điều khiển này cũng cần phải được thực hiện thường xuyên và định kỳ. Điều khiển lực ắc ty khoan là một trong hai tham số công nghệ quan trọng ảnh hưởng tới hiệu

quả và năng suất khoan. Một trong các phương pháp nghiên cứu hiện nay thường áp dụng là sử dụng mô hình hóa. Sử dụng mô hình, trên lý thuyết là dựa trên các mô tả toán học đã được xây dựng cho đối tượng nghiên cứu.

Dựa trên các đặc tính quá trình quá độ của đối tượng cần điều khiển, tiếp tục xây dựng và đưa bộ điều khiển PID vào hệ thống điều khiển, ta có thể lựa chọn được các tham số phù hợp, nâng cao chất lượng điều khiển cho kênh điều khiển áp lực trực trên máy khoan xoay cầu CБШ-250T.

2. Hệ thống điều khiển lực ắc ty khoan và xây dựng mô hình toán cho đối tượng

2.1. Hệ thống điều khiển lực ắc ty khoan máy khoan xoay cầu CБШ-250T

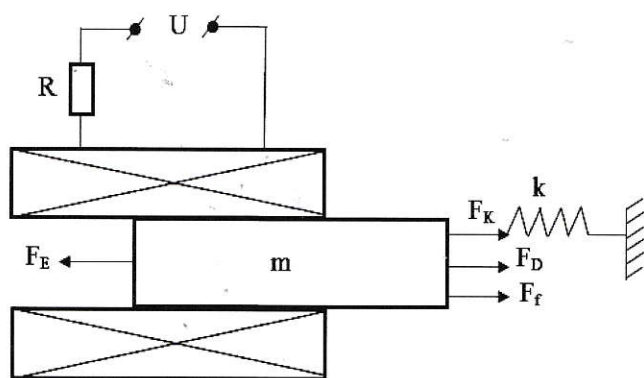


H.1. Sơ đồ nguyên lý điều khiển lực ắc ty khoan máy khoan xoay cầu CБШ-250T

Sơ đồ nguyên lý của hệ thống điều khiển lực ấn ty khoan của máy khoan xoay cầu C5W-250T [2], [3], [5] như trên hình H.1. Hệ thống này bao gồm các bộ phận chính: Động cơ điện một chiều, bơm thủy lực, bộ điều khiển van, van tiết lưu điện-thủy lực, xi lanh thủy lực. Bơm dầu có nhiệm vụ cung cấp dầu có áp lực cho xi lanh thủy lực thông qua van tiết lưu điện-thủy lực điều khiển lưu lượng dầu đi qua nó, từ đó điều chỉnh được vị trí dịch chuyển của piston xi lanh thủy lực và tạo ra lực ấn ty khoan.

2.2. Xây dựng mô hình toán cho van tiết lưu điện-thủy lực

Để thiết kế bộ điều khiển van, trước hết cần phải thiết lập các phương trình toán học mô tả đối tượng [2], [3], [5], [7]. Sơ đồ nguyên lý van tiết lưu điện-thủy lực [7] cho trên hình H.2.



H.2. Sơ đồ nguyên lý của van tiết lưu điện thủy lực

Phương trình cân bằng lực:

$$\sum F = F_E - F_K - F_D - F_f \quad (1)$$

Trong đó: $\sum F$ - Tổng lực tác động lên cuộn hút trong van, N; F_E - Lực điện từ, N; F_K - Lực phản hồi của lò xo, N; F_D - Các lực phụ khác, N; F_f - Lực ma sát, N.

Phương trình chuyển động trong cuộn hút

$$m\ddot{x} = b\dot{x} - kx - c\dot{x} - F_f \quad (2)$$

Trong đó: m - Khối lượng lõi thép trong cuộn hút, kg; b - Hệ số khớp từ, $v \cdot s \cdot m^{-1}$; k - Hệ số liên quan đến độ cứng lò xo, $N \cdot m^{-1}$; c - Hệ số giảm xóc của dầu nhớt; I - Dòng điện cuộn hút, A.

Ứng dụng định luật Kirchhoff thành lập phương trình vi phân mô tả sự thay đổi của dòng điện trong cuộn hút của van:

$$L \frac{di}{dt} + Ri = u - b \frac{dx}{dt} \quad (3)$$

Trong đó: L - Điện cảm cuộn hút, H; R - Điện trở cuộn hút, Ω ; I - Dòng điện cuộn hút, A; U - Điện áp điều khiển, V.

Lưu lượng dầu qua van được xác định bởi phương trình:

$$Q = C_d \cdot A \cdot \sqrt{\frac{2(p_s - p)}{s}} = C_d \cdot A \cdot \sqrt{\frac{2\Delta p}{s}} \quad (4)$$

Trong đó: C_d - Hệ số lưu lượng dòng chảy; A - Độ mở của van, m^2 ; P_s - Áp suất phía đầu vào van từ bơm thủy lực, N/m^2 ; p - Áp suất đầu ra van đi vào xi lanh, N/m^2 ; Δp - Độ chênh áp suất qua van, N/m^2 ; s - Mật độ dòng chảy, kg/m^3 .

Từ phương trình (4) ta thấy lưu lượng Q tỉ lệ với độ mở A của van. Mặt khác độ mở của van tỉ lệ với độ dịch chuyển cuộn hút x . Vì vậy Q sẽ tỉ lệ với độ dịch chuyển x .

Tổng quát lưu lượng Q được biểu diễn như sau:

$$Q = K_q x \quad (5)$$

Trong đó: K_q - Hệ số tỉ lệ; x - Độ dịch chuyển, m.

Như vậy từ các phương trình (2), (3) và (5) ta có một hệ phương trình mô tả toán học cho van tiết lưu điện-thủy lực với đầu vào là biến điều khiển u hoặc i , đầu ra là lưu lượng dầu Q :

$$\begin{cases} m\ddot{x} = b\dot{x} - kx - c\dot{x} - F_f \\ L \frac{di}{dt} = u - b \frac{dx}{dt} - Ri \\ Q = K_q x \end{cases} \quad (6)$$

Trong đó các hệ số của van [7], [9] như sau: $m=1$ kg; $b=20 \text{ v} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-1}$; $K_q=100$; $R=100 \text{ } \Omega$; $k=1700 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$; $F_f=10 \text{ N}$; $L=0,59 \text{ H}$; $C=120$.

3. Xây dựng đặc tính động học van tiết lưu điện-thủy lực

Công cụ Simulink matlab [1], [4] được chọn để mô hình hóa đặc tính van từ các phương trình toán học đã được thiết lập ở trên. Từ hệ phương trình (6) xây dựng được mô hình như trên hình H.3 và đặc tính quá độ như trên hình H.4.

4. Thiết kế bộ điều khiển PID cho van tiết lưu điện-thủy lực [6], [8]

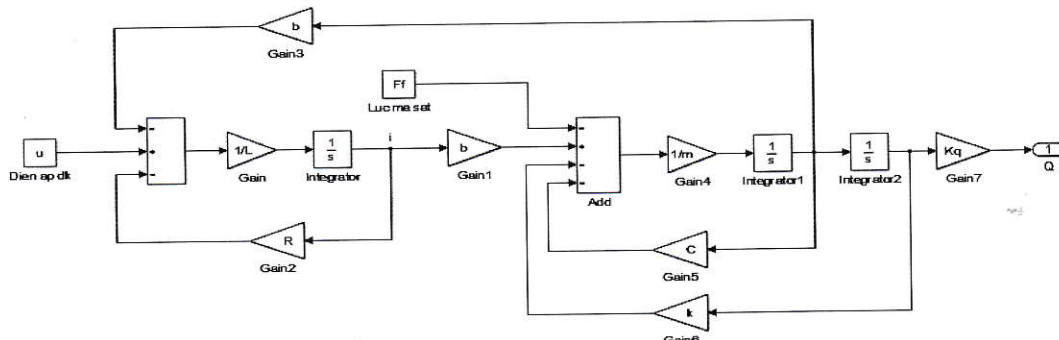
Đường đặc tính của van nhận được bằng cách thay đổi bước nhảy đầu vào với hệ thống hở, ghi lại các giá trị cần khảo sát đáp ứng đầu ra theo thời gian. Hàm truyền của van nhận được chính là quan hệ giữa lưu lượng dầu đến xi lanh (chính là độ mở % của van) với điện áp điều khiển. Thông qua quá trình nhận dạng từ mô hình, xác định được hàm truyền van điều khiển như sau:

$$G(s) = \frac{Q(s)}{U(s)} = \frac{15}{s^2 + 8.7s + 14} \quad (7)$$

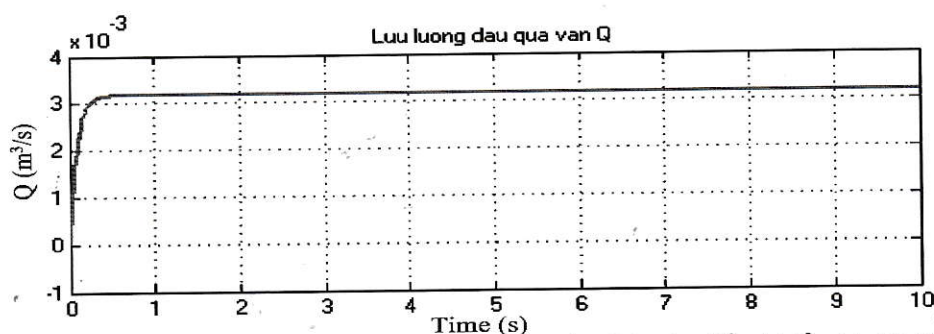
Tính toán các tham số cho bộ điều khiển PID. Bộ điều khiển PID có 3 tham số điều chỉnh gồm: hệ số khuếch đại K_p ; hệ số tích phân K_i và hệ số vi phân K_D . Phương pháp phổ biến để xác định các

tham số này là Ziegler-Nichol. Ứng dụng phương pháp này ta xác định được sơ bộ 3 tham số như sau: $K_p=9,5$; $K_i=8,8$; $K_D=0,45$. Sơ đồ mô phỏng bộ điều khiển PID cho van như H.5.

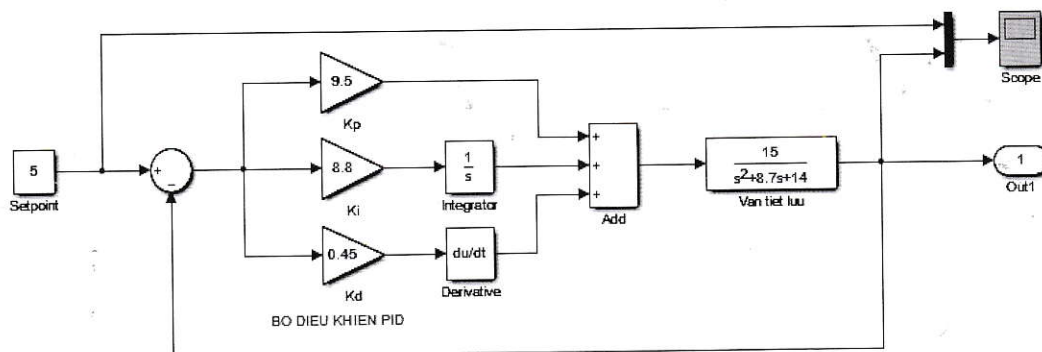
Kết quả mô phỏng được test với các điểm đặt khác nhau như mô tả trên hình H.6, cho kết quả khi điện áp điều khiển $U=5\text{ V}$ và trên hình H.7 với điểm đặt cho lực ấn ty $F=15\text{ tấn}$.



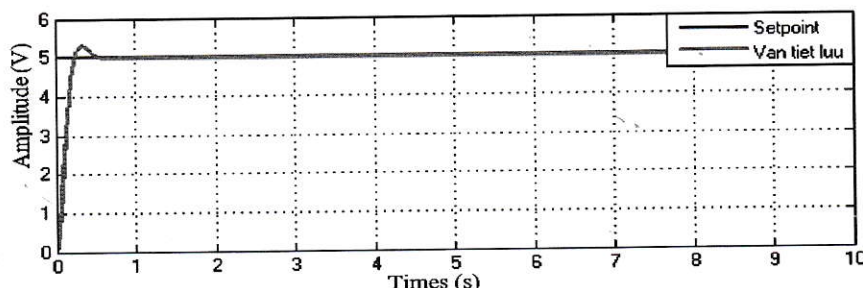
H.3. Sơ đồ simulink matlab mô phỏng hoạt động van tiết lưu điện-thủy lực



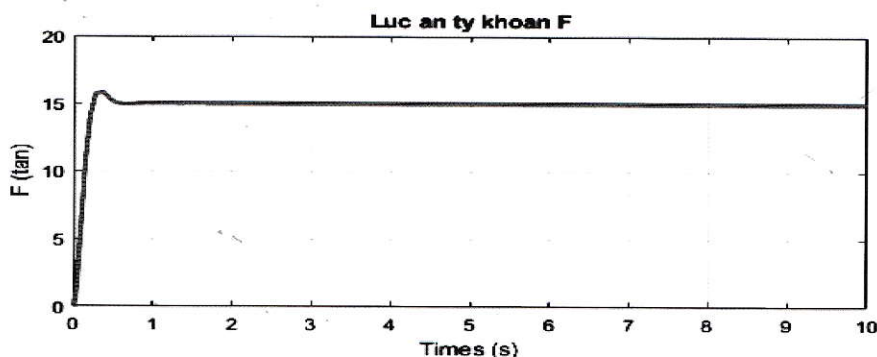
H.4. Đặc tính quá độ của van với đáp ứng nấc điện áp điều khiển $U=12\text{ V}$



H.5. Sơ đồ simulink matlab mô phỏng bộ điều khiển PID cho van tiết lưu



H.6. Đáp ứng của Van đối với điện áp đặt là $U_{dk}=5\text{ V}$



H.7. Kết quả kiểm tra với điểm đặt lực ấn ty khoan là 15 tấn

Chất lượng điều khiển bộ PID được đánh giá thông qua kết quả mô phỏng: thời gian đáp ứng (Setting time): $0,7 \div 1$ s; lượng quá điều chỉnh (Overshoot): $5 \div 8$ %; sai lệch tĩnh (Steady state error): $< 0,5$ %.

5. Kết luận

Từ những kết quả nghiên cứu trên, có thể rút ra một số kết luận sau:

➢ Mô hình hóa quá trình động học kênh điều khiển áp lực trục cho phép lựa chọn hợp lý đặc tính làm việc, các thông số kỹ thuật tối ưu và bộ điều khiển cho hệ thống điều khiển lực ấn ty trên máy khoan xoay cầu CБШ-250T đang được sử dụng phổ biến trong ngành công nghiệp mỏ hiện nay;

➢ Kết quả kiểm tra với bộ điều khiển PID cho thấy sai lệch tĩnh $< 0,5$ % đảm bảo chất lượng điều khiển tốt và hợp lý khi so sánh với hệ thống thực. Với các điểm đặt và các điều kiện làm việc khác nhau hệ thống cho đáp ứng với thời gian quá độ không quá 1s, phù hợp với tốc độ của bơm thủy lực;

➢ Kết quả nghiên cứu khẳng định việc ứng dụng công cụ Simulink matlab để mô hình hóa hệ thống điều khiển áp lực trục, khảo sát quá trình quá độ, xây dựng bộ điều khiển PID cho đối tượng là một giải pháp phù hợp, tiết kiệm thời gian cũng như chi phí trong nghiên cứu các hệ thống điều khiển TĐĐ phi tuyến trong ngành mỏ, có tính đến các điều kiện địa chất phức tạp. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn. Phùng Quang (2004). Matlab & Simulink dành cho kỹ sư điều khiển tự động. NXB Khoa học & Kỹ thuật. Hà Nội.
2. Nguyễn Chí Tình & nnk (2013). Mô hình hóa hệ thống điều khiển tự động tốc độ quay của máy khoan xoay cầu CБШ-250T. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu. 2013. Trường Đại học Mỏ-Địa chất. Hà Nội.
3. Nguyễn Thạc Khánh (2003). Nghiên cứu cải tiến sơ đồ hệ thống điều khiển quay máy khoan xoay cầu CБШ-250T ở các mỏ lộ thiên Việt Nam. Luận văn Thạc sĩ Kỹ thuật. Trường đại học Mỏ-Địa chất. Hà Nội.

4. Thái Duy Thức (2001). Cơ sở lý thuyết truyền động điện tự động. Nhà xuất bản Giao thông Vận tải. Hà Nội.

5. Ngô Đức Thao (1971). Nghiên cứu và đề xuất hệ thống tự động hóa các quá trình khoan các hố khoan phục vụ công tác khai mỏ lộ thiên. Luận án Tiến sĩ Kỹ thuật, Trường Đại học Mỏ Moskva.

6. Alexei A. Zhukovsky (1982). Rotary Drilling Automatic Control system. United States Patent

7. Lee B.Y., Liu H.S., Tamg Y.S. (1998). Modeling and optimization of drilling process. Journal of Materials Processing Technology, 74 (1998) 149-157.

8. Claude E. Aboujaoude (1991). Modeling, Simulation and Control of Rotary Blasthole Drills. Masters of Engineering, Department of Electrical Engineering McGill University, Montreal.

9. Эксплуатационная документация (2003). Выпрямитель ТПЕ-200-460-Y2.1. Tài liệu kỹ thuật về máy khoan xoay cầu - Công ty CP than Cao Sơn.

Ngày nhận bài: 19/03/2019

Ngày gửi phản biện: 28/4/2019

Ngày nhận phản biện: 25/10/2019

Ngày chấp nhận đăng bài: 10/01/2020

Từ khóa: bộ điều khiển PID; máy khoan xoay cầu; lực ấn ty khoan; hệ thống điều khiển; quá trình quá độ; van tiết lưu điện-thủy lực

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

SUMMARY

The article presents the method for constructing a mathematical model and designing a PID controller for an electro-hydraulic solenoid valve, using to control the drill rod force on a rotating drilling machine CБШ-250T.