

Mô phỏng điều khiển kích từ máy phát cho hệ TĐĐ máy xúc EKG bằng chỉnh lưu Thyristor

Không Cao Phong^{1,*}, Lưu Hồng Quân²

¹ Trường Đại học Mỏ - Địa chất, ² Trường Đại học công nghệ Đồng Nai

TÓM TẮT

Máy xúc điện EKG được sử dụng ở nước ta hiện nay hầu hết vẫn sử dụng hệ thống truyền động Máy phát – Động cơ (hệ Ward Leonard) với bộ điều khiển dùng khuếch đại từ. Tuy nhiên trong xu hướng phát triển của thế giới các hệ truyền động máy xúc này đang được thay thế bằng các hệ Bộ biến đổi điện tử công suất – Động cơ. Nội dung bài báo thực hiện việc phân tích nguyên lý hoạt động của hệ truyền động điện máy xúc EKG hiện tại ở nước ta và nghiên cứu phương án cải tạo hệ truyền động máy xúc với bộ điều chỉnh kích từ máy phát bằng chỉnh lưu thyristor thay thế cho bộ khuếch đại từ. Mô hình mô phỏng của hệ thống với phương án nghiên cứu được thực hiện trên Matlab Simulink. Kết quả mô phỏng cho thấy khả năng, ưu điểm của việc thực hiện điều khiển hệ thống với bộ chỉnh lưu thyristor; Mô hình mô phỏng có thể sử dụng để phân tích các vấn đề điều khiển máy xúc với bộ chỉnh lưu thyristor để tìm các giải pháp làm cơ sở để nghiên cứu triển khai thử nghiệm thực tế.

Từ khóa: Máy xúc điện EKG; Matlab Simulink; Điều khiển truyền động điện; Hệ máy phát động cơ.

1. Đặt vấn đề

Máy xúc là phương tiện có vai trò hết sức quan trọng trong lĩnh vực xây dựng cơ sở hạ tầng cũng như trong công nghiệp khai khoáng. Từ những thế hệ máy xúc thủy lực đầu tiên xuất hiện năm 1882 (ritchiewiki.com), máy xúc đã được các nhà sản xuất liên tục nghiên cứu phát triển và sử dụng cho đến ngày nay. Đến khoảng những năm 1900 thì một số dạng truyền động điện đã được đưa vào sử dụng trong máy xúc và đến năm 1925 thì hệ thống truyền động máy phát - động cơ (Ward Leonard) được đưa vào sử dụng cho hầu hết các cơ cấu truyền động của máy xúc điện (Ylitolva, 2011). Từ đó cho tới nay các hệ thống máy xúc được với hệ thống truyền động Ward Leonard được phát triển và ứng dụng cho đến những năm gần đây. Trong quá trình xây dựng đất nước, Việt nam cũng nhập khẩu và sử dụng rất nhiều các máy xúc điện được nhập khẩu từ Liên xô cũ và Nga hiện nay với hệ thống truyền động điện Ward Leonard.

Cùng với sự phát triển của lĩnh vực điện tử công suất và kỹ thuật vi xử lý, ứng dụng các bộ biến đổi điện tử công suất vào trong điều khiển truyền động điện nói riêng cũng như trong điều khiển truyền động điện máy xúc nói chung đang là xu hướng được các công ty, các nhà nghiên cứu thực hiện trong khoảng 20 năm trở lại đây. Việc ứng dụng điện tử công suất và số hóa cho các hệ truyền động Ward Leonard cũng nằm trong xu hướng này (F. Vaccaro, M. Janusz, K. Kühn, 1992). Nhiều ứng dụng triển khai đã được thực hiện với việc sử dụng bộ biến đổi điện tử công suất thay thế một phần hay toàn bộ phần điều khiển truyền động (Rathmann, 2009). Trong các nghiên cứu ứng dụng đó có việc nghiên cứu đề xuất thay thế các mạch kích từ cho hệ thống truyền động Ward Leonard trên máy xúc bằng các chỉnh lưu thyristor và băm xung áp một chiều dùng IGBT (ABB, 1999) (Enkhbayar, 2015) (TMGEIC, 2009). Ở Việt Nam vào đầu những năm 2000 một số công ty khai thác mỏ cũng đã nhập các thế hệ máy xúc EKG-10 với các hệ thống truyền động sử dụng chỉnh lưu Thyristor và hệ thống điều khiển dùng vi điều khiển PIC (Nguyễn, 2010).

Số lượng máy xúc điện EKG sử dụng hệ thống truyền động Ward Leonard ở nước ta hiện nay còn khá lớn. Trong đó, hầu hết các máy xúc này đều có trạng thái cơ khí tương đối tốt, tuy nhiên hệ thống điều khiển truyền động (chủ yếu dùng khuếch đại từ) đã lỗi thời hiệu quả làm việc thấp (Phong, Khong; Quan, Luu, 2016). Để tận dụng số lượng máy xúc này thì việc cải tạo hệ thống truyền động điện như trong các đề xuất (Enkhbayar, 2015) (TMGEIC, 2009) (Phong, Khong; Quan, Luu, 2016) là mang tính khả thi. Tuy nhiên để có thể triển khai áp dụng vào thực tế các máy xúc điện hiện nay đòi hỏi phải có sự nghiên cứu tìm hiểu và nắm vững được đặc điểm của hệ thống hiện tại. Do đó trong nội dung bài báo này các tác giả thực hiện việc tìm hiểu và xây dựng mô hình mô phỏng cho hệ truyền động máy xúc điện hiện tại với bộ

* Tác giả liên hệ

Email: khongcaophong@humg.edu.vn (Times New Roman, cỡ chữ 9)

chính lưu thyristor thay thế cho khuếch đại từ; đưa ra cấu trúc điều khiển thực hiện đặc tính máy xúc. Mô hình mô phỏng sẽ hỗ trợ trong việc nghiên cứu khả năng triển khai cũng như thử nghiệm các thuật toán điều khiển.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Yêu cầu truyền động và hệ thống truyền động máy xúc EKG

a. Yêu cầu truyền động máy xúc

Theo (Wikipedia), ở máy xúc điện, các cơ cấu truyền động chính bao gồm:

- Cơ cấu nâng hạ: dùng để điều khiển kéo tay gầu di chuyển lên theo phương thẳng đứng;
- Cơ cấu vào ra: dùng để di chuyển tay gầu theo phương ngang;
- Cơ cấu quay và di chuyển: dùng để xoay máy xúc từ vị trí xúc tới vị trí xả tải **hoặc tạo truyền động cho bánh xích di chuyển vị trí máy xúc**;
- Cơ cấu đóng mở đáy gầu: dùng để đóng mở gầu để xúc và xả tải.

Trong đó thường thì ba cơ cấu đầu thực hiện việc phối hợp với nhau để thực hiện các chu kỳ xúc của máy gồm: Xúc; quay; xả tải; chờ về. Với đặc điểm làm việc của máy xúc là liên tục thay đổi tải trọng và thường xuyên gặp phải các trường hợp tải vượt quá giới hạn làm việc đòi hỏi các hệ truyền động của máy xúc phải có khả năng tự bảo vệ trong các trường hợp này. Đặc tính làm việc này của máy xúc được thể hiện như trên Hình 1 (DCS, 2009) (Nguyễn, 2010). Trên đặc tính đó xác định các giới hạn về cơ và điện của động cơ và máy phát. Hệ thống điều khiển phải phối hợp với nhau để hệ truyền động hoạt động trong giới hạn cơ và điện này. Đặc tính được chia làm các vùng làm việc như sau:

Vùng 1: là vùng động cơ làm việc tự do trong giới hạn thông số điện là điểm công suất làm việc cực đại cho phép (tương ứng với điện áp giới hạn của máy phát và động cơ). Trong vùng này điện áp và dòng điện của động cơ thường nằm trong giới hạn định mức cho phép.

Vùng 2: là vùng khi dòng điện vượt quá giá trị định mức (khoảng 58% của dòng điện cắt I_c), lúc này hệ thống điều khiển phải thực hiện điều chỉnh giảm điện áp máy phát để đảm bảo công suất không vượt quá giới hạn cho phép. Nếu dòng điện phản ứng của máy phát và động cơ tiếp tục tăng đến giới hạn (I_c) thì hệ thống thực hiện điều khiển gim giá trị dòng tại đây. Trong vùng làm việc này để tránh hiện tượng quá nhiệt của động cơ thì giá trị dòng điện hiệu dụng theo chu kỳ 5 phút không được vượt quá giá trị dòng định mức của động cơ.

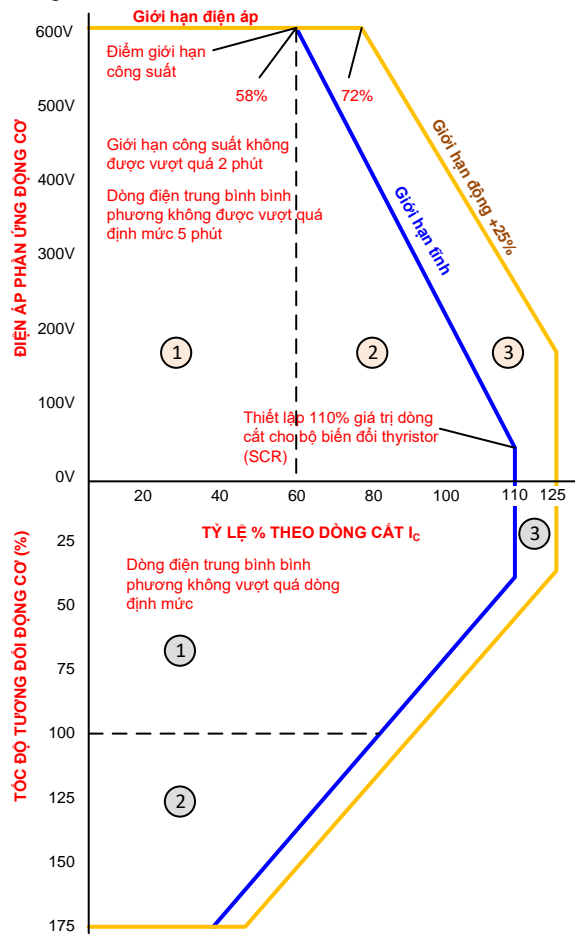
Vùng 3: là vùng giới hạn động là vùng cho phép làm việc quá công suất 25% so với vùng giới hạn công suất tĩnh. Tương ứng với vùng giới hạn động thì khi dòng điện vượt quá giá trị 72% so với dòng điện cắt hệ thống sẽ thực hiện điều chỉnh giảm giới hạn điện áp để đảm bảo giới hạn công suất không quá 125% giá trị cho phép. Thời gian làm việc quá công suất của hệ thống cũng không được vượt quá 2 phút.

Bên phía đặc tính cơ – điện của hệ truyền động cũng được chia thành 3 vùng.

Vùng 1: là vùng làm việc với từ thông động cơ định mức với tốc độ làm việc tối đa là 100% tốc độ định mức. Trong vùng làm việc này động cơ làm việc với giới hạn điện như trình bày ở trên.

Vùng 2: là vùng làm việc trên tốc độ định mức (100-175%) bằng việc điều chỉnh giảm kích từ động cơ. Trong vùng này động cơ làm việc với giới hạn dòng điện hiệu dụng của động cơ bằng dòng định mức.

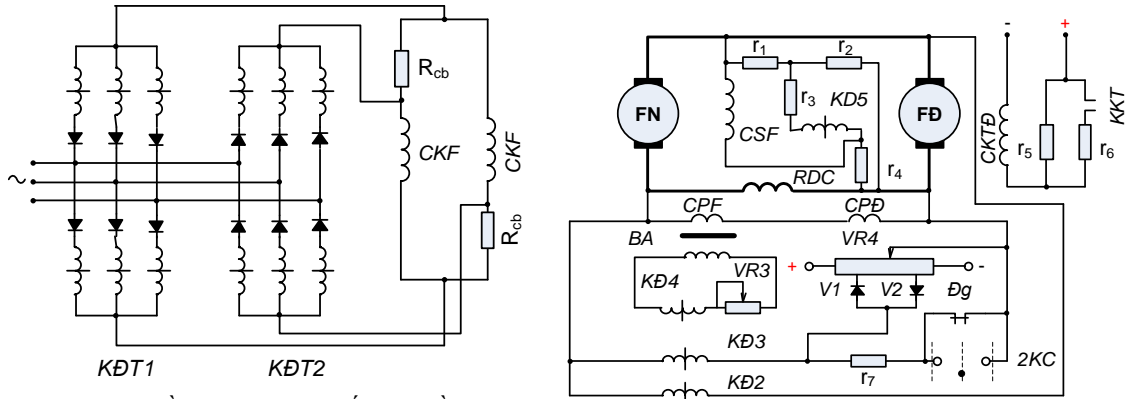
Vùng 3: là vùng làm việc với giới hạn vượt quá giới hạn tĩnh 25%.



Hình 1. Giới hạn cơ – điện của hệ truyền động máy xúc

b. Hệ thống truyền động trên máy xúc EKG

Để thực hiện các yêu cầu truyền động nêu trên của máy xúc, ở các dòng máy EKG do Liên xô cũ và Nga hiện nay chế tạo sử dụng hệ thống Ward Leonard với bộ điều khiển dùng khuếch đại từ kép. Trên Hình 2 là sơ đồ nguyên lý điện hình của hệ truyền động điện máy xúc EKG được thực hiện trên máy xúc EKG-4,6.



Hình 2. Sơ đồ nguyên lý hệ thống truyền động điện máy xúc EKG 4,6 (V.Q Hòai, N.V Chát, N. T. L. Anh, 1999)

Hệ truyền động này sử dụng một bộ khuếch đại từ kép (KĐT1, KĐT2) để điều chỉnh dòng kích từ cho máy phát FN. Điện áp cuộn kích từ được điều khiển bởi cuộn chủ đạo KĐ1 và bộ không chế 1KC để tạo điện áp đảo chiều ở đầu ra máy phát. Để tạo được các đặc tính theo yêu cầu hệ thống sử dụng các mạch phản hồi về khuếch đại từ bao gồm:

Phản hồi âm điện áp thông qua cuộn KĐ2 có tác dụng ổn định điện áp đầu ra của máy phát góp phân nâng cao độ cứng đặc tính cơ.

Phản hồi âm dòng điện có ngắt thông qua cuộn KĐ3 có tác dụng tạo đặc tính giới hạn công suất. Khi dòng điện phản ứng của máy phát và động cơ (đo trên điện trở shun và cực từ phụ) vượt quá giá trị định mức, điện áp phản hồi dòng điện lớn hơn điện áp so sánh sẽ đưa tín hiệu phản hồi về khuếch đại từ để hạn chế điện áp và công suất động cơ.

Phản hồi âm mềm dòng điện thông qua cuộn KĐ4 có tác dụng khi dòng điện phản ứng có dao động thì trên cuộn dây biến áp quấn cùng cực từ phụ sẽ cảm ứng điện áp phản hồi. Tín hiệu phản hồi này có tác dụng chống lại dao động của dòng điện phản ứng.

Tương tự như vậy, phản hồi âm mềm điện áp được thực hiện thông qua cuộn KĐ5. Cuộn dây KĐ5 được mắc giữa hai nhánh cầu tạo bởi điện trở r_1, r_2, r_4 và cuộn dây kích từ song song của máy phát CSF. Khi điện áp đầu ra máy phát bị dao động mạch cầu này sẽ mất cân bằng làm xuất hiện dòng điện phản hồi qua cuộn KĐ5 để đưa điện áp trở lại ổn định.

Bằng hệ thống như trình bày ở trên hệ truyền động của máy xúc EKG có khả năng điều chỉnh đáp ứng khá tốt đặc tính truyền động yêu cầu. Tuy nhiên ở cấu trúc điều khiển dùng khuếch đại từ như ở trên còn có những hạn chế như: kích thước lớn; đáp ứng chậm; dễ bị trôi các giá trị làm việc khi nhiệt độ thay đổi; không có khả năng nhanh chóng tạo ra những đặc tính điều khiển linh hoạt... Chính vì các lý do trên các nhà sản xuất đã đề xuất phương án thay thế bộ điều khiển khuếch đại từ bằng các bộ điều chỉnh điện tử công suất kết hợp với vi xử lý để tạo ra những khả năng điều khiển tốt hơn (Ylitolva, 2011) (TMGEIC, 2009). Việc sử dụng mạch kích từ bằng bộ chỉnh lưu có điều khiển cũng đã được đưa vào trong những máy xúc EKG-10 mới của Nga hiện nay.

Vì vậy việc thay thế bộ điều khiển của các máy xúc điện EKG cũ ở nước ta hiện nay bằng các bộ điều khiển thyristor kết hợp với thiết bị vi xử lý là phương án hợp lý và khả thi. Tuy nhiên vì những lý do về bí mật công nghệ nên các cấu trúc chi tiết của điều khiển này cùng với các thuật toán chương trình điều khiển vẫn bị các hãng công nghệ che giấu kể cả các nhà cung cấp máy xúc EKG truyền thống từ Nga. Do

đó để có thể triển khai thay thế hệ thống điều khiển như vậy cho các máy xúc cũ EKG của nước ta đòi hỏi phải có sự đầu tư nghiên cứu để nắm vững về hệ thống để có thiết kế được các bộ điều khiển thay thế đáp ứng được yêu cầu.

2.2. Xác định cấu trúc hệ thống điều khiển truyền động điện thay thế cho máy xúc EKG

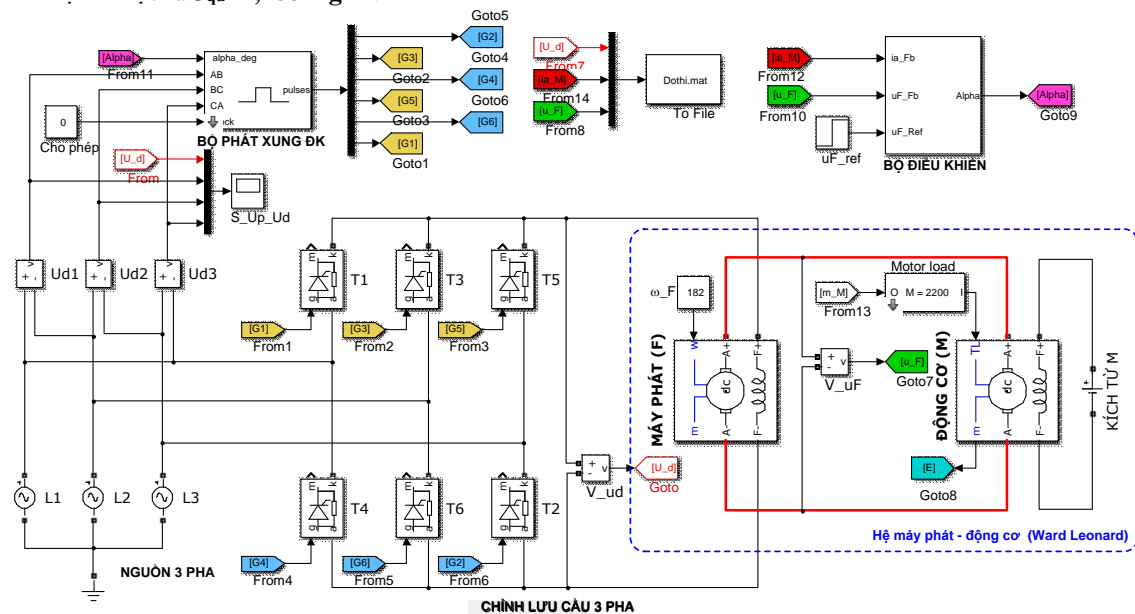
Để có thể nghiên cứu các tính chất của hệ thống điều khiển truyền động Ward Leonard với kích từ bằng chỉnh lưu thyristor, mô hình mô phỏng như trên Hình 3 được nhóm tác giả xây dựng. Mô hình được xây dựng để khảo sát khả năng điều khiển hệ thống ở chế độ làm việc nâng tải với tốc độ dưới tốc độ định mức. Trong mô hình này gồm có máy phát và động cơ được sử dụng có thông số kỹ thuật gần tương đương công suất của máy phát, động cơ trên máy xúc EKG-8N với thông số kỹ thuật cơ bản như sau:

- + Công suất định mức (P_{dm}): 250HP (190kW)
- + Điện áp định mức (U_{dm}): 500V
- + Tốc độ quay định mức (n_{dm}): 1750v/ph
- + Kích từ định mức (U_{kt}): 300V

Trong đó động cơ điện một chiều được điều chỉnh mô men quán tính có tính tới chuyển động của gàu xúc và vật liệu theo công thức bảo toàn động năng (1). Khi đó động năng của gàu xúc và vật liệu khi chuyển động nâng sẽ có động năng tương đương với động năng của vật có mô men quán tính quy đổi quay với tốc độ động cơ:

$$J_{qd} \frac{\omega_d^2}{2} = m_g \frac{v_g^2}{2} \Rightarrow J_{qd} = m_g \frac{v_g^2}{\omega_d^2} \quad (1)$$

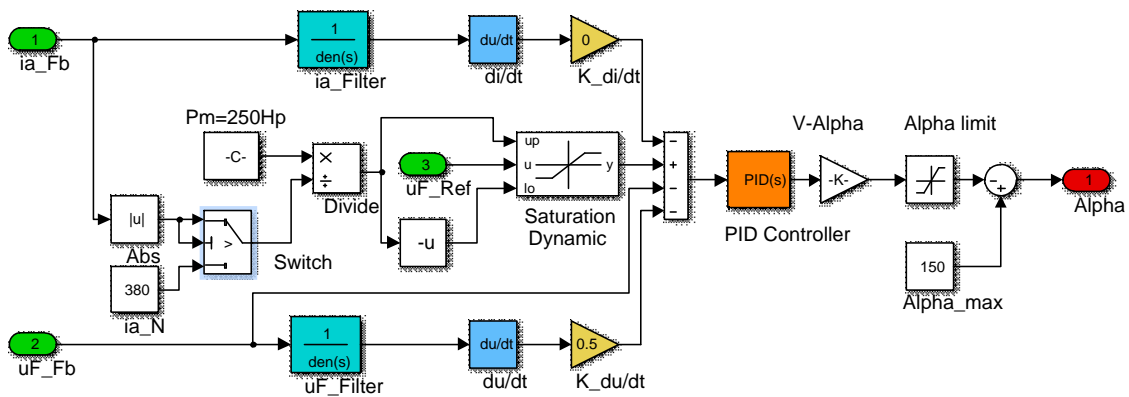
Trong đó: khối lượng gàu và vật liệu được xác định trung bình là $m_g=10000\text{kg}$; vận tốc nâng của gàu tối đa là $v_g=0,95\text{m/s}$; tốc độ quay động cơ quy đổi về tốc độ góc $\omega_d=83,7\text{rad/s}$. Mô men quán tính quy đổi xác định được là $J_{qd}=1,2882\text{kgm}^2$.



Hình 3. Mô hình mô phỏng hệ thống điều khiển

Kích từ của động cơ được cấp bởi một nguồn áp bằng điện áp định mức cố định (chế độ làm việc nâng tải, tốc độ động cơ trong vùng định mức). Kích từ của máy phát được cấp bởi chỉnh lưu cầu ba pha thyristor. Các van thyristor được điều khiển bởi bộ phát xung dựa vào tín hiệu đồng pha và góc điều khiển alpha được tính toán và điều chỉnh bởi bộ điều khiển.

Bộ điều khiển thực hiện nhận các tín hiệu từ hệ thống bao gồm tín hiệu điều khiển điện áp máy phát uF_ref ; tín hiệu phản hồi điện áp máy phát u_F ; tín hiệu phản hồi dòng điện phân ứng động cơ và máy phát được lấy từ tín hiệu ra của động cơ i_a_M . Dựa vào các tín hiệu này bộ điều khiển được xây dựng để thực hiện các đặc tính yêu cầu của máy xúc như đã đề cập ở 2.1. Cấu trúc của bộ điều khiển được trình bày trên Hình 4.



Hình 4. Mô hình mô phỏng bộ điều khiển cho hệ thống truyền động máy xúc

Cấu trúc bộ điều khiển được nhóm tác giả xây dựng dựa trên phân tích yêu cầu của đặc tính máy xúc và cấu trúc của bộ điều khiển khuếch đại từ trên máy xúc EKG. Trong đó tín hiệu điều khiển chủ đạo là tín hiệu đặt của điện áp máy phát u_{F_Ref} . Tín hiệu này được so sánh với tín hiệu phản hồi điện áp u_{F_Fb} để điều chỉnh góc điều khiển alpha. Để tạo ra tín hiệu góc điều khiển alpha phù hợp thì giá trị điều chỉnh điện áp được biến đổi thành góc điều khiển tương ứng. Với góc điều khiển từ $0-90^\circ$ thì điện áp bị điều chỉnh từ 500-0V nên hệ số tỉ lệ V-Alpha được xác định bằng $90/500$. Bộ giới hạn góc điều khiển alpha nhằm đảm bảo góc điều khiển không vượt quá góc điều khiển cho phép với chỉnh lưu thyristor.

Nhằm nâng cao độ cứng đặc tính cơ của hệ trong vùng điều khiển định mức nhóm tác giả sử dụng bộ điều khiển PID để điều chỉnh giá trị điện áp máy phát.

Để đảm bảo động cơ làm việc với công suất nằm trong giới hạn định mức khi dòng điện vượt quá giá trị định mức (58% của dòng điện cắt) theo yêu cầu của đặc tính máy xúc, trong bộ điều khiển thực hiện cấu trúc giới hạn điện áp điều khiển cho máy phát u_{F_ref} như ở (2).

$$\begin{cases} \text{if } |i_{a_Fb}| > i_{a_N} \text{ then } -\frac{P_N}{i_{a_N}} \leq u_{F_ref} \leq \frac{P_N}{i_{a_N}} \\ \text{else } -\frac{P_N}{i_{a_Fb}} \leq u_{F_ref} \leq \frac{P_N}{i_{a_Fb}} \end{cases} \quad (2)$$

Trong đó: i_{a_Fb} là tín hiệu dòng điện phản hồi từ động cơ; i_{a_N} là dòng điện định mức động cơ; P_N là công suất định mức của động cơ.

Để tạo các phản hồi âm mềm dòng điện và điện áp như các cuộn KĐ4, KĐ5 trong bộ điều khiển dùng khuếch đại từ của máy xúc EKG, bộ điều khiển sử dụng các phản hồi âm giá trị đạo hàm của tín hiệu điện áp và dòng điện động cơ (i_{a_Fb} , u_{F_Fb}). Tuy nhiên các đạo hàm này có đáp ứng rất mạnh với nhiễu của hệ thống do việc đóng cắt của các van thyristor làm cho chất lượng điều khiển không đảm bảo (khi thực hiện với mô hình mô phỏng). Trong thực tế các phản hồi mềm này được sử dụng để chống lại các dao động dòng và áp do hàm truyền đạt của hệ thống thay đổi mạnh với các vị trí của gầu xúc và các dao động cơ khí của hệ thống gây ra trong quá trình làm việc. Các dao động này thường có tần số dao động thấp (vài Hz). Vì vậy để loại bỏ các tác động của nhiễu trong cấu trúc điều khiển, bộ lọc thông thấp bậc nhất. Tần số cắt (f_c) được lựa chọn cho bộ lọc thông này là 5Hz do đó hằng số thời gian của bộ lọc được xác định bởi (3).

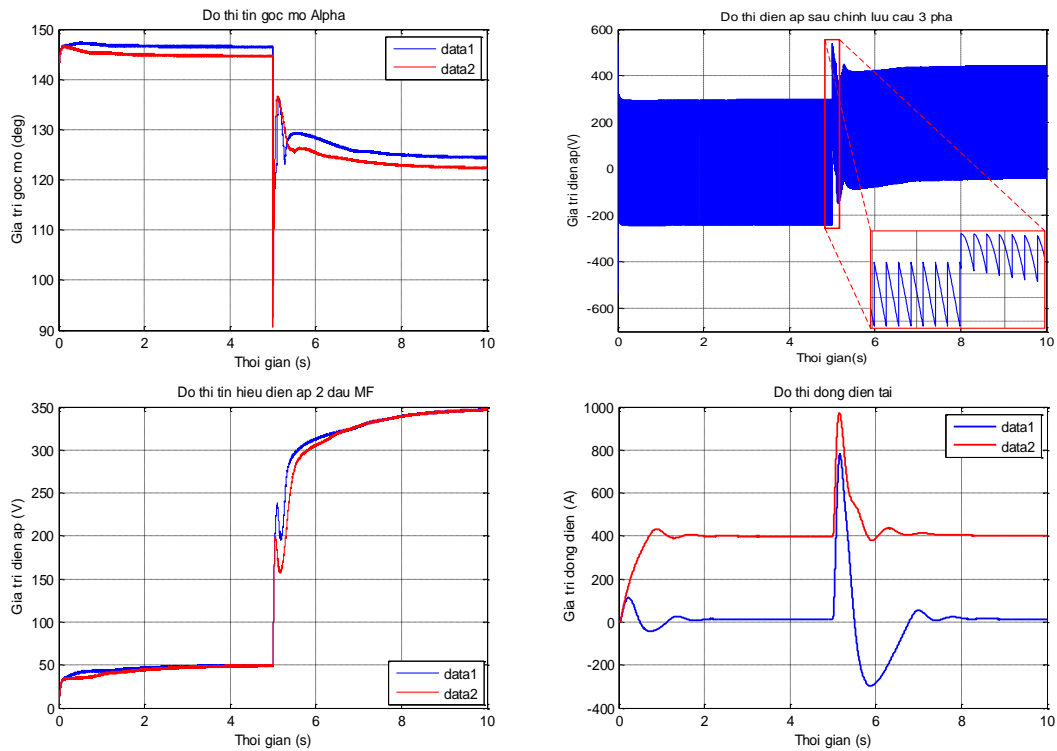
$$\tau = \frac{1}{2\pi f_c} = \frac{1}{10\pi} = 0,0318 \quad (3)$$

Hệ số phản hồi âm mềm dòng điện và điện áp được điều chỉnh bởi các bộ khuếch đại $K_{di/dt}$ và $K_{du/dt}$.

3. Kết quả mô phỏng và thảo luận

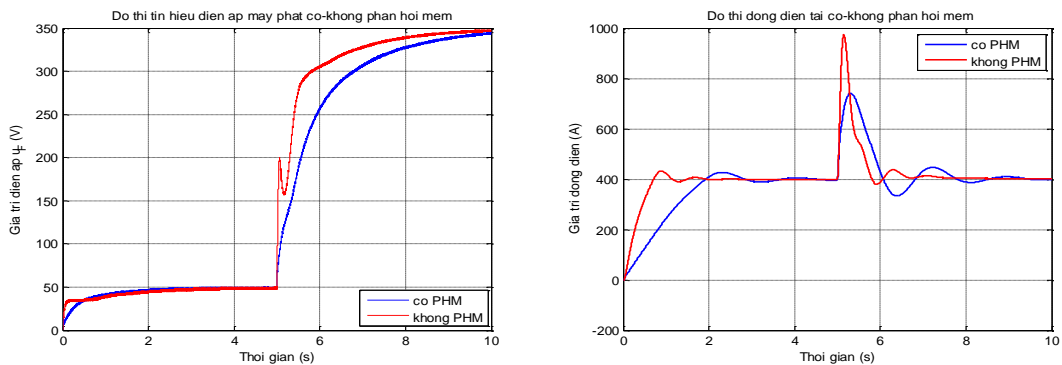
Để kiểm tra khả năng điều khiển với bộ điều khiển kích từ bằng chỉnh lưu thyristor, đầu tiên việc kiểm tra khả năng điều khiển và ổn định điện áp được mô phỏng. Trong đó điện áp đặt ban đầu là 50V và được tăng lên 350V sau 5s. Giá trị tải đặt vào với 2 trường hợp: Động cơ chạy không tải; Động cơ chạy với tải xấp xỉ định mức (1000Nm).

Kết quả mô phỏng được thể hiện trên Hình 5 với các đồ thị: Góc điều khiển chỉnh lưu (Alpha); Điện áp đầu ra chỉnh lưu (u_d); Điện áp đầu ra máy phát (u_F); Dòng điện phản ứng động cơ (i_a). Các đường đồ thị màu xanh (data 1) là kết quả khi động cơ không có tải và đường đồ thị màu đỏ (data 2) là kết quả khi động cơ mang tải.



Hình 5. Các kết quả mô phỏng với: Động cơ không tải(xanh); Động cơ có tải định mức (đỏ)

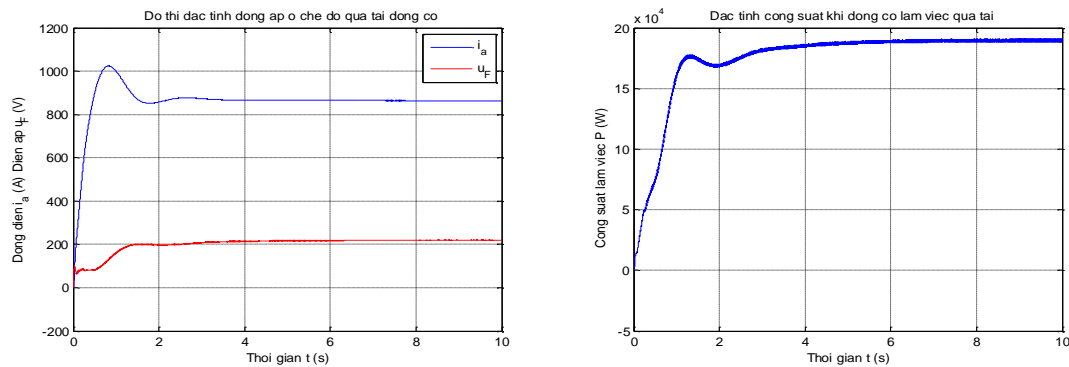
Các kết quả mô phỏng cho thấy hệ thống điều khiển truyền động máy xúc với bộ kích từ chỉnh lưu thyristor có khả năng đáp ứng được yêu cầu ổn định điện áp máy phát tạo được độ cứng đặc tính cơ trong vùng làm việc định mức.



Hình 6. Khảo sát đặc tính của các phản hồi mềm điện áp và dòng điện

Để khảo sát tác dụng của các phản hồi mềm điện áp và dòng điện, các hệ số phản hồi mềm trong bộ điều khiển được lần lượt thiết lập với các giá trị là: 0,5 cho phản hồi mềm điện áp; 0,1 cho phản hồi mềm dòng điện. Kết quả mô phỏng được thể hiện trên Hình 6 với đường màu đỏ là chưa có phản hồi mềm và đường màu xanh là khi có phản hồi mềm. Kết quả mô phỏng cho thấy phản hồi mềm có tác dụng chống lại các biến thiên đột ngột của điện áp, dòng điện trên hệ thống, giảm các giá trị dòng đỉnh. Tuy nhiên các phản hồi này cũng làm đáp ứng của hệ thống chậm hơn.

Để kiểm tra khả năng thực hiện đặc tính khi quá dòng của động cơ ở mô phỏng tiếp theo thực hiện cho động cơ làm việc quá tải với mô men cần là 2000Nm. Kết quả mô phỏng được biểu diễn trên Hình 7 với: Đồ thị dòng điện, điện áp động cơ, máy phát và Đồ thị công suất tiêu thụ của hệ. Kết quả mô phỏng cho thấy khi gặp tải nặng ($i_a > 58\% I_c$) hệ thống tự điều chỉnh giảm điện áp để đảm bảo công suất không vượt quá P_{dm} . Do đó với giá trị điện áp đặt là 350V nhưng khi quá tải điện áp bị điều chỉnh giảm xuống khoảng 200V và công suất duy trì trong khoảng 190kW (250Hp).



Hình 7. Đặc tính dòng, áp, công suất động cơ khi quá tải

4. Kết luận

Bằng việc nghiên cứu các yêu cầu của truyền động điện máy xúc theo xu hướng hiện đại kết hợp với việc phân tích hệ thống điều khiển truyền động điện cũ trên máy xúc EKG, bài báo đã đề xuất cấu trúc điều khiển truyền động mới với kích từ máy phát dùng chỉnh lưu thyristor. Mô hình đề xuất đã được mô phỏng để kiểm chứng bằng Matlab Simulink. Kết quả mô phỏng cho thấy với cấu trúc có thể thay thế cho bộ điều khiển dùng khuếch đại từ thực hiện các khả năng:

- + Điều chỉnh ổn định điện áp tạo đặc tính cơ có độ cứng tốt trong vùng làm việc với dòng điện dưới định mức;
- + Có khả năng mềm hóa đặc tính dòng điện điện áp để giảm hiện tượng dao động;
- + Thực hiện đặc tính mềm hóa của máy xúc khi dòng làm việc

Cấu trúc mô hình nếu được triển khai sẽ gọn hơn so với hệ thống điều khiển cũ, giảm thiểu các việc đấu nối dây khi kết hợp với các bộ điều khiển điện tử và điện tử số hiện đại.

Để có thể triển khai cấu trúc vào cải tạo cho các máy EKG hiện tại thì các nội dung nghiên cứu tiếp theo cần thực hiện là:

- + Xây dựng mô hình và mô phỏng với hệ điều khiển đầy đủ bao gồm cả đảo chiều và điều chỉnh kích từ động cơ để hệ làm việc trên tốc độ định mức
- + Xây dựng cấu trúc để thực hiện ghim dòng làm việc tại giá trị cắt I_c
- + Xác định thuật toán tính và bảo vệ hệ thống theo giá trị hiệu dụng theo thời gian như
- + Triển khai thử nghiệm hệ thống với mô hình thực

Tài liệu tham khảo

- ABB. (1999). *Revamp of an Electric shovel with variable frequency drives in IGBT technology*. Pena Colorada, Mexico: ABB project report.
- DCS, D. &. (2009). Excavator electrical control system: Safety enhancements of digital drive regulator controls. *Presentation*. USA: MEMSA.
- Enkhbayar, G. (2015). RESEARCH BY IMPROVING THE EFFICIENCY. *ПОКОЛЕНИЕ БУДУЩЕГО: Взгляд молодых ученых*, (pp. 196-199). Курск.
- F. Vaccaro, M. Janusz, K. Kühn. (1992). Digital Control of a Ward Leonard Drive. *AFRICON'92 Proceedings*, (pp. 123-127). Ezulwini Valley, Swaziland, Swaziland : IEEE.
- Nguyễn, L. (2010). Xây dựng bộ điều khiển truyền động cho máy xúc EKG - 10. Hà Nội, Hà Nội, Việt Nam: Đại học Mỏ - Địa chất.
- Phong, Khong; Quan, Luu. (2016). A suggestion for renovating main drive system of electric shovel excavators - EKG in Vietnam mining industry. *International Conference on Advances in Electro-mechanics for Mining and Geo-resources Development*. Hanoi, Viet Nam: HUMG.
- Rathmann, B. (2009). *Refurbishment of the electrical installation of EKG 5A sholvel excavator in Karsdorf, Germany*. Cottbus, Germany: ABB Special print.
- ritchiewiki.com. (n.d.). Retrieved from Hydraulic Excavator: http://www.ritchiewiki.com/wiki/index.php/Hydraulic_Excavator
- TMGEIC. (2009). DC-EXX IGBT Exciter-Based MG Set excavator drive overview and field experience. *Annual meeting Clearwater Florida*. Florida: MEMSA.
- V.Q Hôi, N.V Chất, N. T. L. Anh. (1999). *Trang bị điện - điện tử máy công nghiệp dùng chung*. Hà Nội: Nhà xuất bản giáo dục.

Wikipedia. (n.d.). Retrieved 08 03, 2018, from Power shovel: https://en.wikipedia.org/wiki/Power_shovel
Ylitolva, K. (2011). WARD LEONARD CONTROL SYSTEM. *Thesis*. Achen, Achen, Germany:
Hochschule Aachen, CENTRAL OSTROBOTHNIA, UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES.

ABSTRACT

Simulate rope shovel EKG drive control with thyristor rectifier for generator excitation

Không Cao Phong¹, Lưu Hồng Quân²

¹ Trường Đại học Mỏ - Địa chất, ² Trường Đại học công nghệ Đồng Nai

EKG rope shovels have been imported and used in Vietnam since the 1960s with Ward Leonard and magamp drive systems. In the trend of electric rope shovel technology, the drive systems are replaced by power electronic converters. This paper gives a suggestion for obsolete drives of old EKG shovels. That is using thyristor rectifier instead of magnetic amplifier in order to control excitation of the generator. The working principle of EKG rope shovel and modern excavator characteristic is analyzed to be implemented in the suggested system. A Matlab Simulink model was used to verify the control algorithm. The simulation results show that the thyristor rectifier can work with the shovel system. The simulation model can be used to analyze the control problems before implementing the suggested system in reality.

Keywords: Electric rope shovel EKG, Matlab Simulink; Control of drive; Ward Leonard system.