

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN PID THÍCH NGHI ĐIỀU KHIỂN TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ ĐIỆN MỘT CHIỀU CÓ MOMEN QUÁN TÍNH THAY ĐỔI

Nguyễn Thị Thu Hiền*

Trường Đại học Công nghệ thông tin & Truyền thông – ĐH Thái Nguyên

TÓM TẮT

Điều khiển tốc độ động cơ là bài toán mà được nhiều nhà khoa học quan tâm tới. Trong đó động cơ điện một chiều được ứng dụng rất phổ biến trong ngành công nghiệp cơ khí, các nhà máy cán thép, nhà máy xi măng, tàu điện ngầm và cánh tay robot. Nhiệm vụ của các nhà khoa học là làm thế nào và bằng phương pháp nào để đưa ra một phương pháp điều khiển tối ưu nhằm đáp ứng được nhu cầu của ngành công nghiệp hiện nay. Vì vậy việc nghiên cứu ứng dụng phương pháp điều khiển hiện đại như là điều khiển thích nghi để điều khiển tốc độ động cơ điện một chiều là một vấn đề quan trọng và cấp thiết.

Từ khóa: Điều khiển, tổng hợp mạch vòng, động cơ, điều khiển thích nghi, mô phỏng.

ĐẶT VẤN ĐỀ

Động cơ điện một chiều đóng vai trò rất quan trọng trong ngành công nghiệp cũng như trong cuộc sống của chúng ta. Động cơ điện được ứng dụng rất phổ biến trong ngành công nghiệp cơ khí, các nhà máy cán thép, nhà máy xi măng, tàu điện ngầm và cánh tay robot. Để thực hiện các nhiệm vụ trong công nghiệp điện tử với độ chính xác cao, lắp ráp trong các dây chuyền sản xuất, yêu cầu có bộ điều khiển tốc độ. Để phát huy tốt hiệu quả của bộ điều khiển, ta phải biết chính xác các thông số và kiểu của đối tượng cần điều khiển. Hơn nữa, bộ điều khiển này chỉ chính xác trong giai đoạn tuyến tính còn trong giai đoạn phi tuyến thì các phương pháp điều khiển kinh điển không thực hiện được. Mục tiêu của điều khiển là nâng cao chất lượng các hệ thống điều khiển tự động. Do đó cần phải tiến hành nghiên cứu, tìm ra các phương pháp điều khiển cụ thể cho từng đối tượng. Mục đích cuối cùng là tìm kiếm các bộ điều khiển cho các hệ truyền động điện ngày càng đạt được chất lượng điều chỉnh cao, mức chi phí thấp, và hiệu quả đạt được là cao nhất, đáp ứng các yêu cầu tự động hoá truyền động điện và trong các dây chuyền sản xuất. Việc nghiên cứu xây dựng bộ điều khiển tốc độ cho động cơ điện một chiều dựa trên các lý thuyết điều

khiển hiện đại là một vấn đề rất cần thiết, trong việc gắn liền giữa nhiệm vụ nghiên cứu và thực tiễn cuộc sống. Để phục vụ cho công tác nghiên cứu, một phương pháp được nhiều nhà khoa học trong và ngoài nước sử dụng rất nhiều đó là phương pháp điều khiển thích nghi. Do vậy việc nghiên cứu và ứng dụng nghiên cứu được rất nhiều người quan tâm và là hướng nghiên cứu có nhiều triển vọng, cũng như có nhiều giá trị ứng dụng trong thực tiễn.

PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Để thực hiện nghiên cứu được nhiệm vụ này, tác giả cần phải kết hợp 2 phương pháp

Phương pháp nghiên cứu lý thuyết: Nghiên cứu các vấn đề về ứng dụng điều khiển thích nghi, các mô hình động cơ điện một chiều, các hàm tối ưu trong Matlab và các tính toán hỗ trợ các hàm tối ưu.

Phương pháp mô phỏng: Sử dụng công cụ tính toán tìm tối ưu trong phần mềm Matlab

ĐIỀU KHIỂN TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ ĐIỆN MỘT CHIỀU THEO PHƯƠNG PHÁP TỔNG HỢP BỘ ĐIỀU KHIỂN PID [5]

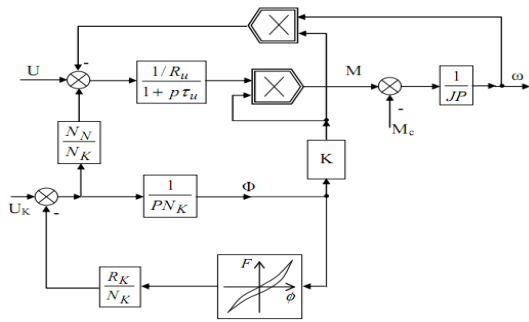
Mô tả toán học động cơ điện một chiều

Đối với động cơ một chiều kích từ độc lập thì có thể viết các phương trình sau:

Mạch phản ứng:

$$U_0 + \Delta U(p) = R_u[I_0 + \Delta I(p)] + pL_u[I_0 + \Delta I(p)] + K[\Phi_0 + \Delta\Phi(p)][\omega_b + \Delta\omega(p)] \quad (1.1)$$

* Tel: 0972 208032, Email: ntthien@ictu.edu.vn



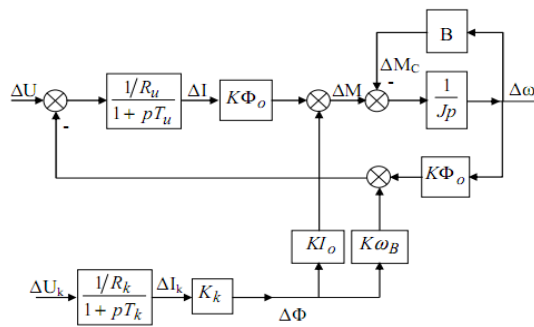
Hình 1. Sơ đồ cấu trúc của động cơ một chiều

Mạch kích từ:

$$U_{k0} + \Delta U_k(p) = R_k[I_{k0} + \Delta I_k(p)] + pL_k[I_{k0} + \Delta I_k(p)] \quad (1.2)$$

Phương trình chuyển động cơ học:

$$K[\Phi_0 + \Delta\Phi(p)][I_0 + \Delta I(p)] - [M_B + \Delta M_c(p)] = J_p[\omega_B + \Delta\omega(p)] \quad (1.3)$$



Hình 2. Sơ đồ cấu trúc tuyến tính hoá động cơ điện một chiều

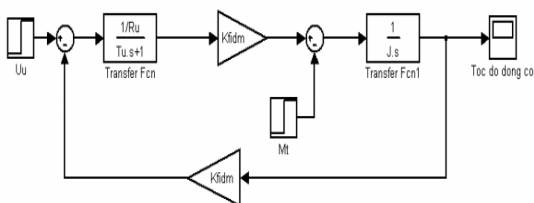
Mô tả toán học chỉnh lưu điều khiển

Hàm truyền đạt bộ chỉnh lưu trong trường hợp gần đúng

$$\frac{\Delta u_{dk}}{1 + pT_{vo}} \rightarrow \Delta \alpha$$

Trong đó: T_{vo} là thời gian trễ $T_{vo} = \frac{\pi}{m\omega_e}$

Mô phỏng trên Matlab-Simulink [4] với mô hình mô phỏng động cơ điện một chiều, mô hình chỉnh lưu đã có.



Hình 3. Mô hình mô phỏng động cơ điện một chiều

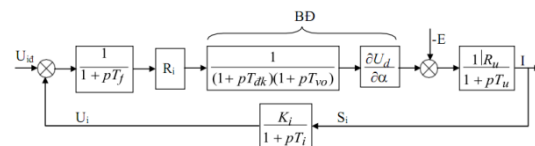
Kết quả mô phỏng



Hình 4. Kết quả mô phỏng tốc độ động cơ

Tổng hợp hệ thống điều khiển động cơ điện một chiều

Tổng hợp mạch vòng điều chỉnh dòng điện



Hình 5. Sơ đồ khối của mạch vòng dòng điện

Trong đó: T_f , T_{dk} , T_{vo} , T_u , T_i - các hằng số thời gian của mạch lọc, mạch điều khiển chỉnh lưu, sự chuyển mạch chỉnh lưu và xenxo dòng điện.

R_u - điện trở mạch phản ứng.

Hàm truyền của mạch dòng điện:

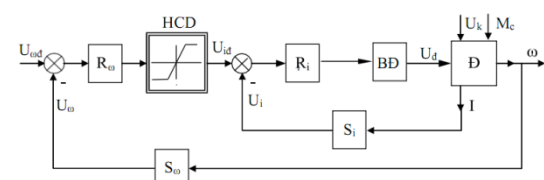
$$S_{oi}(p) = \frac{K_{ci} K_i / R_u}{(1 + pT_f)(1 + pT_{dk})(1 + pT_{vo})(1 + pT_u)(1 + pT_i)} \quad (1.4)$$

Áp dụng tiêu chuẩn môdul tối ưu ta tìm được bộ điều chỉnh dòng điện dạng khâu PI. Từ đó hàm truyền của dòng điện sẽ là:

$$\frac{I(p)}{U_{id}(p)} = \frac{1}{K_i} \cdot \frac{1}{2pT_s(1 + pT_s) + 1} = \frac{1}{K_i} \cdot \frac{1}{1 + 2pT_s + 2p^2T_s^2} \quad (1.5)$$

Tổng hợp mạch vòng điều chỉnh tốc độ

Ta có sơ đồ khối chức năng:



Hình 6. Sơ đồ khối

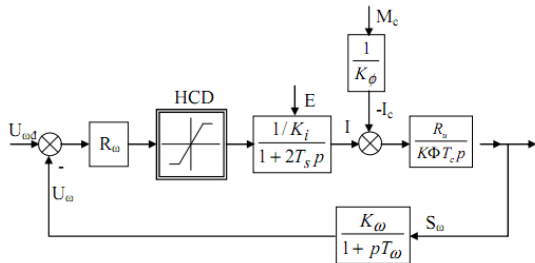
Điều chỉnh tốc độ dùng bộ điều chỉnh tốc độ tỷ lệ.

Sử dụng kết quả phân trên ta có:

$$\frac{I(p)}{U_{id}(p)} = \frac{1}{K_i} \cdot \frac{1}{1 + 2T_s p(1 + T_s p)} \quad (1.6)$$

T_s rất nhỏ suy ra $T_s^2 \approx 0$

Sau khi tổng hợp ta có



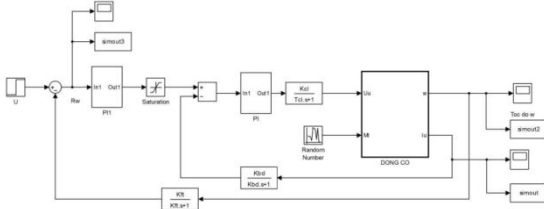
Hình 7. Sơ đồ khối của hệ điều chỉnh tốc độ

Tổng hợp lại ta có hàm truyền mạch kín hệ thống sau:

$$F_{\omega}(p) = \frac{U_{\omega}(p)}{U_{\omega d}(p)} = \frac{1 + 8T'_s p}{8T'_s p[4T'_s p(1 + 2T'_s p) + 1] + 1} \quad (1.7)$$

Mô phỏng hệ thống điều chỉnh tốc độ động cơ [5]

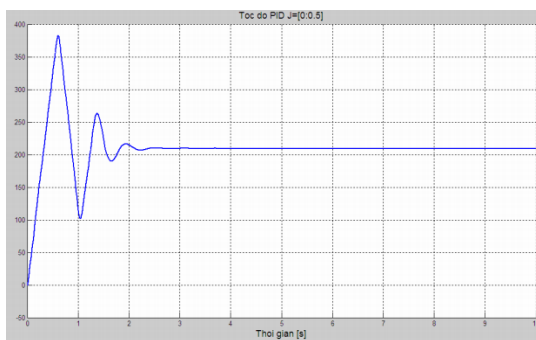
Dựa vào sơ đồ cấu trúc hệ thống hai vòng điều chỉnh như ta xây dựng mô hình mô phỏng hệ thống với hai vòng điều chỉnh trên nền Simulink:



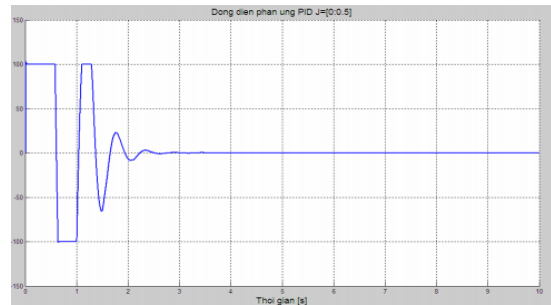
Hình 8. Mô hình mô phỏng hệ thống với hai vòng điều chỉnh

Kết quả mô phỏng với trường hợp mômen quán tính tải $J_1 = 0.01(\text{kg.m}^2)$:

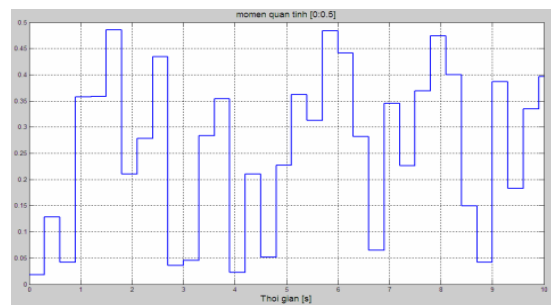
Tốc độ hệ thống khi dùng bộ điều khiển PID



Dòng điện phản ứng của hệ thống khi dùng bộ điều khiển PID



Momen quán tính của hệ thống khi dùng bộ điều khiển PID



ĐIỀU KHIỂN TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ ĐIỆN MỘT CHIỀU THEO PHƯƠNG PHÁP TỔNG HỢP BỘ ĐIỀU KHIỂN PID THÍCH NGHI [2], [3], [1]

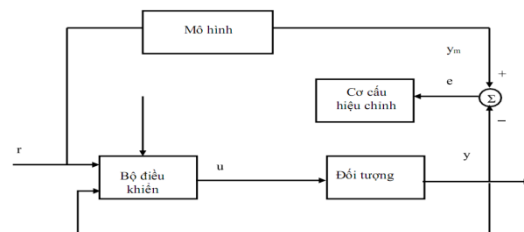
ĐIỀU KHIỂN THÍCH NGHI

Giới thiệu chung

Điều khiển thích nghi là sự tổng hợp các kỹ thuật nhằm tự động chỉnh định các bộ điều chỉnh trong mạch điều khiển để thực hiện hay duy trì ở một mức độ nhất định chất lượng của hệ khi thông số của quá trình điều khiển không biết trước hoặc thay đổi theo thời gian.

Hệ thống điều khiển thích nghi gồm có hai vòng: vòng hồi tiếp thông thường và vòng hồi tiếp điều khiển thích nghi.

Trong phạm vi và nội dung bài báo tác giả dùng hệ thống điều khiển thích nghi theo mô hình mẫu MRAS có sơ đồ cấu trúc như sau:

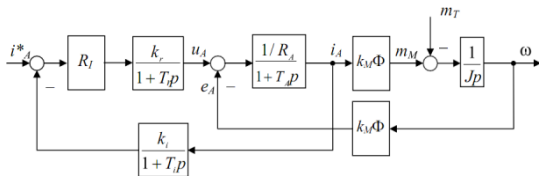


Hình 8. Sơ đồ khối của hệ thống thích nghi theo mô hình mẫu

Luật điều khiển thích nghi

Theo Ionnaou and Sun (1996), bộ điều khiển thích nghi có thể được xem như là sự kết hợp của một bộ ước lượng các tham số trực tuyến (on-line) và một luật điều khiển mà nó nhận được từ trường hợp tham số đã được biết rõ. Việc thiết kế luật thích nghi sẽ quyết định đến các tính chất ổn định của bộ điều khiển thích nghi. trong chương kế tiếp, việc thiết kế bộ điều khiển thích nghi theo mô hình mẫu sẽ được dựa trên lý thuyết ổn định của Lyapunov nhằm đạt được một hệ thống điều khiển ổn định và có các tiêu chí về các hàm đặc tính như mong muốn.

Tổng hợp mạch vòng dòng điện



Hình 9. Cấu trúc mạch vòng điều chỉnh dòng điện

Hàm truyền đạt của đối tượng bộ điều chỉnh dòng điện là S_{oi} có cấu trúc như sau:

$$S_{oi}(p) = \frac{K_{bd} \cdot K_{cl} / R_u}{(pT_u + 1)(pT_{cl} + 1)(pT_{bd} + 1)} = \frac{K}{(pT_u + 1)(pT_{cl} + 1)(pT_{bd} + 1)} \quad (2.1)$$

Ở hàm truyền trên, các hằng số thời gian T_{cl} và T_{bd} là rất nhỏ so với hằng số thời gian T_u . Hàm truyền đối tượng $S_{oi}(p)$ trở thành khâu quán tính bậc 2. Ta có bộ điều khiển sẽ là khâu tỷ lệ - tích phân (PI).

$$\text{Với } T_i = T_u = 0,019 \quad (2.2)$$

$$K_p = \frac{T_i}{2KT_{\Sigma dd}}$$

Vậy hàm truyền của bộ điều khiển mạch vòng dòng điện sẽ là:

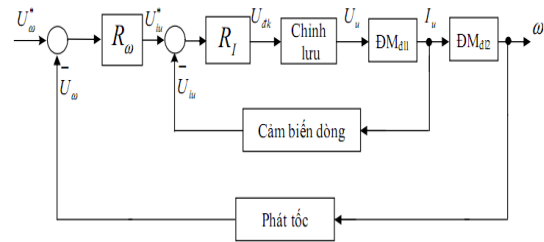
$$R_i(p) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i p} \right) = 2,0248 \left(1 + \frac{1}{0,019p} \right) \quad (2.3)$$

$$G_i(p) = \frac{1}{K_{bd}} \cdot \frac{1}{2pT_{\Sigma dd}(pT_{\Sigma dd} + 1) + 1} = \frac{1}{K_{bd}} \cdot \frac{1}{2p^2T_{\Sigma dd}^2 + 2pT_{\Sigma dd} + 1} \quad (2.4)$$

$$\approx \frac{1}{K_{bd}} \cdot \frac{1}{2pT_{\Sigma dd} + 1}$$

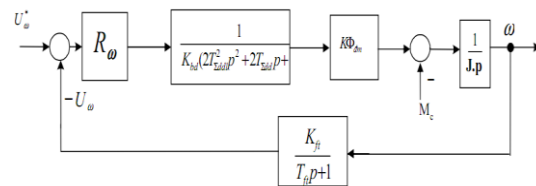
Tổng hợp mạch vòng tốc độ

Sơ đồ cấu trúc của mạch vòng như sau:



Hình 10. Cấu trúc mạch vòng điều chỉnh tốc độ có mạch vòng điều chỉnh dòng

Để đơn giản ta tổng hợp mạch vòng tốc độ khi đã tổng hợp được mạch vòng dòng điện nghĩa là sử dụng các kết quả và các giả thiết trước (tức là $E = 0$). Ta có mô hình đối tượng có mạch vòng điều chỉnh tốc độ với bộ điều chỉnh tốc độ R_{ω} như hình:



Hình 11. Cấu trúc thu gọn mạch vòng điều chỉnh tốc độ có mạch vòng điều chỉnh dòng điện

Từ đó ta cũng có hàm truyền đạt của đối tượng bộ điều chỉnh tốc độ là S_{ow} :

$$S_{ow}(p) = \frac{(K \cdot \Phi_{dm} \cdot K_{ft}) / (K_{dd} \cdot J)}{p(2T_{\Sigma dd}^2 p^2 + 2T_{\Sigma dd} p + 1)(T_{ft} p + 1)} \quad (2.5)$$

Trong đó hằng số thời gian $T_{\Sigma dd} = 0,0027$ và $T_{ft} = 0,004$ là rất nhỏ nên có thể đặt

$$T_{\Sigma dd} = 2 T_{\Sigma dd} + T_{ft} = 0,0067$$

Lúc này ta có thể xấp xỉ hàm truyền

$$S_{ow}(p) = \frac{K \cdot \Phi_{dm} \cdot K_{ft}}{K_{bd} \cdot J} \cdot \frac{1}{p(T_{\Sigma td} p + 1)} = \frac{b}{p(T_{\Sigma td} p + 1)} \quad (2.6)$$

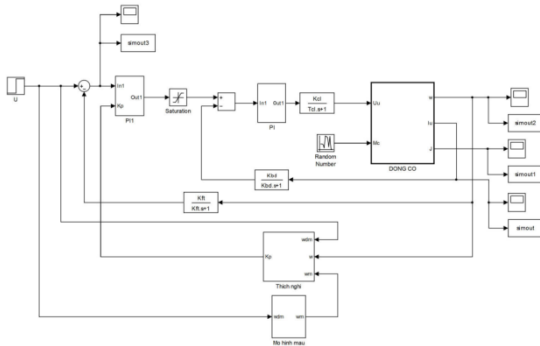
$$S_{ow}(p) = \frac{b}{p(0,0067 p + 1)}$$

$$b = \frac{K \cdot \Phi_{dm} \cdot K_{ft}}{K_{bd} \cdot J} \quad (2.7)$$

Áp dụng nguyên tắc tối ưu đối xứng chọn bộ điều khiển PI có dạng:

$$R_{\omega}(p) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i p} \right) \quad (2.8)$$

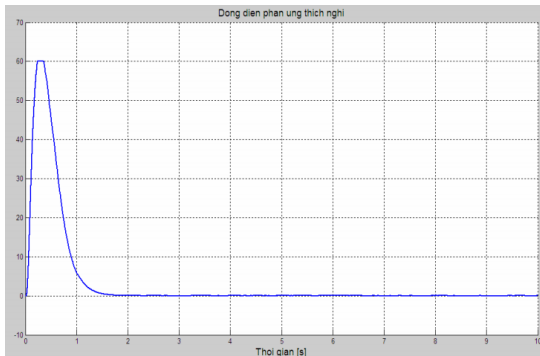
Sơ đồ mô phỏng bằng Matlab hệ thống điều khiển tốc độ động cơ bằng phương pháp điều khiển PID thích nghi [4]



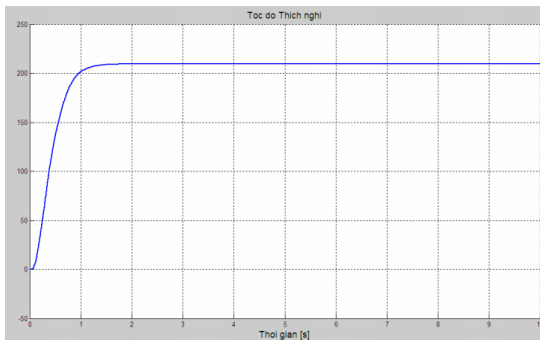
Hình 12. Cấu trúc hệ thống có bộ điều khiển thích nghi

Kết quả mô phỏng hệ thống bộ điều khiển thích nghi: với $J_1 = (0-0,5)$, tốc độ đặt $\omega=209 \text{ rad/s}$

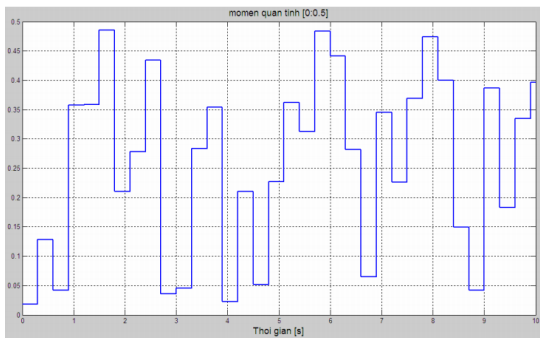
Dòng điện phản ứng thích nghi



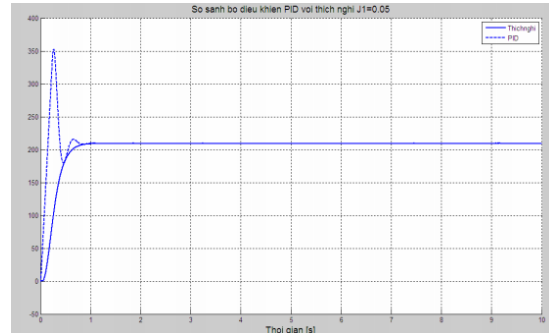
Tốc độ thích nghi



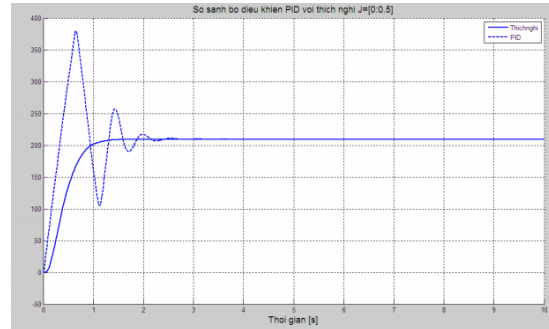
Momen quán tính



Kết quả so sánh giữa bộ điều khiển PID và bộ điều khiển thích nghi với momen quán tính $J_1 = 0,05\text{kg.m}^2$



Kết quả so sánh giữa bộ điều khiển PID và bộ điều khiển thích nghi với momen quán tính $J_1 = (0;0,05)\text{kg.m}^2$



KẾT LUẬN

Với kết quả mô phỏng ở trên ta nhận thấy rằng với bộ điều khiển thích nghi như đã thiết kế thì chất lượng của hệ thống luôn luôn được đảm bảo khi mômen quán tính của động cơ thay đổi.

Kết quả mô phỏng thu được hoàn toàn phù hợp với các kết quả nghiên cứu lý thuyết, điều này chứng tỏ rằng thuật toán và cách thức xây dựng bộ điều khiển thích nghi là đúng đắn và chính xác.

Sai lệch tĩnh, độ quá điều chỉnh, thời gian quá độ, số lần dao động của hệ truyền động đều tốt, nhất là độ quá điều chỉnh và thời gian quá độ nhỏ.

Kết quả mô phỏng một lần nữa đã minh chứng và khẳng định rằng việc áp dụng bộ điều khiển thích nghi hoàn toàn có thể đáp ứng được yêu cầu chất lượng điều khiển của hệ truyền động.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Phạm Hữu Đức Dục, Nguyễn Công Hiền, (2005), *Nghiên cứu ứng dụng mạng nơron trong điều khiển thích nghi hệ thống có thông số biến thiên*, Luận án tiến sĩ kỹ thuật, tr.12-48.
2. Hoàng Thị Hải Yến(2016), *Thiết kế bộ điều khiển thích nghi, ứng dụng nâng cao chất lượng hệ điều khiển quá trình*, Trung tâm học liệu Đại học Thái nguyên.
3. Nguyễn Thị Mỹ Dung (2014), *Thiết kế bộ điều khiển thích nghi điều khiển động cơ điện một chiều*, Đại học Đà Nẵng
4. Nguyễn Phùng Quang (2005), *Matlab & Simulink*, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật, Hà Nội, tr.6-65.
5. Vũ Tú Anh(2016), *Bộ điều khiển PID số cho động cơ DC ứng dụng ASIC*, Đại học Đà Nẵng.

SUMMARY

RESEARCH APPLICATION OF PID CONTROL MEASUREMENT APPROPRIATE IMPROVEMENT CONTROLLED MECHANICAL CHARACTERISTIC MOMENT WITH CHANGES IN CHANGES**Nguyen Thi Thu Hien****University of Information and Communication Technology - TNU*

Control engine control speed to the job that has been many science of the science of a science. Trong đó, một cơ thể được sử dụng rất phổ biến trong các máy nghiệp vụ, nhà máy cán, nhà máy xi măng, robot điện và robot cánh tay. The teaching of the science are work and any methods for the given a handle of the requirements of the requirements of the requirements of this job. Because the operating research of the research found the such as a control requirements to control the basic of the speed of the way to a critical problem and per level.

Key words: *Control, circuitry synthesis, engine, adaptive control, simulation*

Ngày nhận bài: 15/11/2017; **Ngày phản biện:** 23/11/2017; **Ngày duyệt đăng:** 30/11/2017

* Tel: 0972 208032, Email: ntthien@ictu.edu.vn