

ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP

TRẦN THỊ NINH

**NGHIÊN CỨU PHÁT TRIỂN HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN TỐC
ĐỘ ĐỘNG CƠ XOAY CHIỀU BA PHA SỬ DỤNG GIẢI PHÁP
INSTASPIN**

Chuyên ngành: Kỹ thuật điều khiển và Tự động hóa

Mã số: 60 52 02 16

LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC: TS. NGUYỄN THỊ MAI HƯƠNG

THÁI NGUYÊN - 2014

MỞ ĐẦU

Tính cấp thiết của đề tài

Động cơ không đồng bộ có nhiều ưu điểm hơn so với động cơ một chiều: hệ số công suất cao, vận hành tin cậy, giá thành chế tạo và chi phí vận hành thấp. Tuy nhiên do cấu trúc phi tuyến với đa thông số nên điều khiển động cơ không đồng bộ là rất khó khăn.

Những năm gần đây, với sự phát triển mạnh mẽ của khoa học kỹ thuật bán dẫn công suất lớn, nhiều phương pháp điều khiển hiệu quả đã được đề xuất cho điều khiển động cơ không đồng bộ. Vì lý do này, động cơ không đồng bộ được sử dụng rộng rãi trong hệ thống điều chỉnh tốc độ của các máy sản xuất, thay thế dần cho động cơ một chiều.

Điều khiển điện áp nguồn cung cấp cho động cơ là một phương pháp đơn giản và kinh tế, nhưng chất lượng điều chỉnh tĩnh và động không cao.

Phương pháp điều khiển hiệu quả là thay đổi tần số điện áp nguồn cung cấp cho động cơ. Do tốc độ động cơ xấp xỉ bằng tốc độ đồng bộ, nên động cơ làm việc với độ trượt và tổn hao công suất trượt mạch rotor nhỏ. Tuy nhiên phương pháp này phức tạp và đắt tiền. Trong hệ thống truyền động điện điều khiển tần số phương pháp điều khiển theo từ thông có thể tạo cho động cơ đặc tính tĩnh và động tốt. Với phương pháp điều khiển gián tiếp, các hệ thống điều khiển điện áp/ tần số và dòng điện/ tần số trượt đã được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp.

Ở hệ thống điều khiển điện áp tần số, sức điện động khe hở động cơ được điều chỉnh tỷ lệ với tần số. Động cơ có khả năng sinh momen như nhau ở mọi tần số dưới định mức. Có khả năng điều khiển hai vùng, vùng dưới tốc độ cơ bản điều chỉnh từ thông không đổi, điều khiển giữ tỉ số sức điện động khe hở tần số là hằng số, vùng trên tốc độ cơ bản điện áp được duy trì không đổi, từ thông động cơ được giảm theo tốc độ đảm bảo công suất động cơ không đổi.

Phương pháp trên có thể tạo ra đặc tính tĩnh tốt nhưng không đáp ứng được chất lượng điều chỉnh trong quá trình quá độ. Hệ thống điều chỉnh định hướng theo từ trường còn gọi là điều khiển vector có thể đáp ứng được các yêu cầu điều chỉnh trong

chế độ tĩnh và động. Nó cho phép điều chỉnh chế độ momen và từ thông động cơ bằng điều chỉnh hai thành phần dòng điện stator tương ứng. Hệ thống điều chỉnh gồm hai kênh điều khiển độc lập: điều khiển momen và điều khiển từ thông rotor, kênh điều khiển momen gồm một mạch vòng điều chỉnh thành phần dòng điện sinh từ thông. Như vậy hệ thống truyền động điện động cơ không đồng bộ có thể tạo ra được đặc tính tĩnh và động cao so sánh được với động cơ một chiều.

Gói giải pháp InstaSpin là các thuật toán và phần mềm sử dụng cho các ứng dụng điều khiển tốc độ động cơ xoay chiều (biến tần) trên nền tảng các vi điều khiển sản xuất gần đây. Các phần mềm nói trên được tích hợp ngay bên trong của vi điều khiển nên sẽ rất dễ dàng trong việc phát triển ứng dụng.

Bộ DRV8312-69M là một thiết bị dựa trên công nghệ của hãng InstaSpin để điều khiển đánh giá động cơ. Bằng cách sử dụng công nghệ mới InstaSpin, DRV8312-69M cho phép nhận dạng nhanh chóng, tự động điều chỉnh và điều khiển động cơ theo yêu cầu công nghệ. Cùng với công nghệ InstaSpin, DRV8312-69M cung cấp một hệ thống làm việc với hiệu suất cao, tiết kiệm năng lượng. Ngoài ra, khi sử dụng thiết bị này trong sơ đồ mạch, động cơ được nối trực tiếp với DRV8312-69M mà không cần phải qua các thiết bị hỗ trợ khác.

Vì vậy với yêu cầu cấp thiết trên, tôi xây dựng đề tài nghiên cứu khoa học:

“Nghiên cứu phát triển hệ thống điều khiển tốc độ động cơ xoay chiều ba pha sử dụng giải pháp InstaSpin.”

Mục tiêu của luận văn

Mục tiêu chính là thiết kế được bộ điều khiển tốc độ động cơ xoay chiều ba pha sử dụng giải pháp InstaSpin. Qua đó nghiên cứu về các bộ điều khiển tốc độ động cơ xoay chiều, ưu nhược điểm của từng bộ điều khiển. Mục tiêu cụ thể như sau:

- Phân tích các hệ thống điều khiển tốc độ động cơ xoay chiều.
- Thiết kế hệ thống điều khiển tốc độ động cơ xoay chiều ba pha sử dụng giải pháp InstaSpin.
- Tiến hành thí nghiệm để phân tích đánh giá chất lượng thực của hệ thống nhằm tiếp tục phát triển, hoàn thiện và hiện thực hóa đề tài.

Nội dung luận văn:

Với mục tiêu đặt ra, nội dung luận văn bao gồm các chương sau:

Chương 1: Tổng quan về các bộ điều chỉnh tốc độ động cơ xoay chiều ba pha

Chương 2: Mô hình hóa động cơ xoay chiều ba pha

Chương 3: Nghiên cứu giải pháp InstaSpin.

Chương 4: Thiết kế hệ thống điều khiển tốc độ động cơ xoay chiều ba pha sử dụng giải pháp InstaSpin.

Kết luận và kiến nghị

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ CÁC BỘ ĐIỀU CHỈNH TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ XOAY CHIỀU BA PHA

1.1. Tổng quan về động cơ xoay chiều ba pha

Động cơ xoay chiều ba pha bao gồm động cơ đồng bộ (ĐCĐB) và động cơ không đồng bộ (ĐCKĐB). ĐCKĐB được sử dụng rộng rãi hơn ĐCĐB do có cấu tạo đơn giản, vận hành không phức tạp, giá thành rẻ và làm việc tin cậy. ĐCKĐB có ĐCKĐB ba pha rotor lồng sóc và ĐCKĐB ba pha rotor dây quấn. Tuy nhiên hiện nay loại rotor lồng sóc đã chiếm ưu thế tuyệt đối trên thị trường do dễ chế tạo, không cần bảo dưỡng và kích thước nhỏ gọn. Mặt khác các ưu thế dễ điều khiển, điều chỉnh của loại ĐCKĐB rotor dây quấn không còn tồn tại nữa do sự phát triển mạnh mẽ của kỹ thuật vi điều khiển đã cho phép thực hiện thành công các yêu cầu điều khiển phức tạp đối với loại ĐCKĐB rotor lồng sóc. Vì những lý do trên, trong đề tài này tác giả chỉ đề cập đến ĐCKĐB rotor lồng sóc.

Động cơ không đồng bộ là động cơ điện xoay chiều hai dây quấn mà chỉ có một dây (sơ cấp) nhận điện từ lưới Nguyên lý làm việc chung của động cơ không đồng bộ dựa trên hiện tượng từ tính quay mà F.D. Arago phát hiện ra năm 1824 và được M.Faraday giải thích vào năm 1931. Nhưng trong những thí nghiệm của Arago đĩa bằng đồng đã chuyển động được nhờ nam châm quay chứ không phải từ trường quay tạo nên bằng thiết bị đứng yên là stator như các máy điện hiện nay. Chỉ đến năm 1879, U. Beli mới phát hiện ra một dụng cụ trong đó việc dịch chuyển trong không gian của từ trường nhờ một thiết bị đứng yên gồm 4 nam châm điện được đặt trên khoảng cách như nhau so với trụ quay của đĩa bằng đồng.

Để tạo nên từ trường quay người ta sử dụng một thiết bị chuyển mạch đặc biệt cung cấp cho nam châm điện những xung điện một chiều có biên độ và chiều tương ứng. Nhà bác học người Ý G.Fecrarix và nhà bác học người Nam Tư Ntecla, sống và làm việc chủ yếu ở Mỹ đã phát hiện ra hiện tượng từ trường quay như nhận thức hiện nay vào năm 1888 một cách độc lập nhau. Họ đã chứng minh thành công hai cuộn dây đặt vuông góc với nhau và được cung cấp các dòng điện hình sin lệch nhau 90° sẽ tạo ra được từ trường quay, vectơ cảm ứng của từ trường này đặt ở điểm giao nhau của trục, các cuộn dây sẽ quay đều không thay đổi biên độ. Nhưng động cơ hai pha của Fecrarix có mạch từ hở còn rotor là một hình trụ bằng đồng sinh ra công suất tất cả khoảng 3W và gần giống với động cơ không đồng bộ hiện nay.

Các động cơ không đồng bộ do Ntesla thiết kế đã được hãng westing hoax nhận chế tạo. Nhược điểm của động cơ này là việc dùng dây quấn tập trung ở stator và rotor của máy. Điều đó làm cho việc mở máy xấu đi và mômen phụ thuộc vào vị trí ban đầu của rotor.

Việc phát minh ra động cơ không đồng bộ ba pha và những đặc điểm và kết cấu có tính nguyên lý vẫn được giữ đến ngày nay gắn liền với tên tuổi của M.D. Dalivo Dabrovolxki sau khi tìm hiểu những kết luận của Fecrarix về tính không triển vọng của động cơ không đồng bộ. Trong thời gian ngắn ông đã hoàn thành nghiên cứu động cơ không đồng bộ được cung cấp từ hệ ba pha và hoàn thành phát minh có ý quan trọng là động cơ không đồng bộ ba pha rotor lồng sóc, stator có kiểu dây quấn trải hình tròn, còn loại rotor có dây quấn bap ha được lấy ra từ các vành trượt, biến trở mở máy được đưa vào rotor khi mở máy động cơ.

Vậy nguyên lý được phát hiện năm 1824 và 1890, động cơ không đồng bộ ngày càng được xây dựng và phát triển về kết cấu, công suất, công nghệ và ngày càng phát huy được tác dụng và càng hoàn thiện hơn đến ngày hôm nay.

Hiện nay, với sự phát triển mạnh mẽ của khoa học kỹ thuật đặc biệt là kỹ thuật vi xử lý tín hiệu đã cho phép giải quyết các thuật toán phức tạp điều khiển động cơ xoay chiều bap ha với chất lượng điều khiển cao trong thời gian thực. Điều đó dẫn đến xu hướng thay thế triệt để động điện một chiều bởi vì truyền động điện ba pha có mọi ưu điểm của truyền động một chiều và ít phải bảo dưỡng để chế tạo cùng mọi ưu điểm khác.

1.2. Các phương pháp điều chỉnh tốc độ động cơ xoay chiều ba pha

Từ phương trình cân bằng momen của động cơ:

$$M = \frac{3U_1^2 \frac{R_2'}{s}}{\omega_1 \left[\left(R_1 + \frac{R_2'}{s} \right)^2 + X_{nm}^2 \right]} \quad (1)$$

Trong đó:

U_1 là trị số hiệu dụng điện áp pha stato

R_2' là điện trở của mạch roto đã quy đổi về stato

ω_1 là tốc độ góc của từ trường quay $\omega_1 = \frac{2\pi f_1}{p}$

f_1 là tần số điện áp nguồn đặt vào stato

p là số đôi cực của động cơ

R_1 là điện trở cuộn dây stato

$X_{nm} = (X_1 + X_2')$ là điện kháng ngắn mạch của roto

X_1, X_2' là điện kháng stato và điện kháng roto đã quy đổi về stato

Ta có thể dựa vào đó để điều khiển tốc độ động cơ bằng cách thay đổi các thông số như điện áp nguồn cung cấp, điện trở phụ mạch roto, công suất trượt và tần số nguồn cung cấp.

1.2.1. Điều chỉnh điện áp Stator

Do momen động cơ tỉ lệ với bình phương điện áp mạch stator, do vậy ta có thể điều chỉnh momen và tốc độ động cơ không đồng bộ bằng cách điều chỉnh điện áp stator và giữ nguyên tần số nguồn cung cấp. Đây là phương pháp đơn giản nhất chỉ sử dụng một bộ biến đổi điện năng (biến áp, tiristor) để điều chỉnh điện áp đặt vào các cuộn stator. Phương pháp này kinh tế nhưng họ đặc tính cơ thu được không tốt.

1.2.2. Điều chỉnh điện trở Rotor

Ta có thể điều khiển tốc độ động cơ bằng cách điều chỉnh điện trở mạch roto bằng cách điều khiển tiếp điểm hoặc tiristor làm ngắn mạch hoặc hở mạch điện trở phụ. Phương pháp này có ưu điểm mạch điện an toàn, giá thành rẻ nhưng đặc tính điều chỉnh không tốt, hiệu suất thấp và vùng điều chỉnh hẹp.

1.2.3. Điều chỉnh công suất trượt

Để điều chỉnh tốc độ động cơ không đồng bộ bằng cách làm mềm đặc tính và giữ nguyên tốc độ không tải lý tưởng thì công suất trượt $\Delta P_s = s \cdot P_{dt}$ được tiêu tán trên điện trở mạch roto. Ở các hệ thống truyền động công suất lớn thì tổn hao này là đáng kể. Vì thế để điều chỉnh được tốc độ hệ thống truyền động vừa tận dụng được công suất trượt người ta sử dụng các sơ đồ công suất trượt.

$$P_1 = P_{c\sigma} + P_s = P_1(1-s) + sP_1 = \text{const}$$

Nếu lấy P_s trả lại lưới thì tiết kiệm được năng lượng.

Khi điều chỉnh với $\omega < \omega_1$ gọi là điều chỉnh nối cấp dưới đồng bộ (lấy năng lượng P_s phát lên lưới).

Khi điều chỉnh với $\omega > \omega_1$ ($s < 0$) gọi là điều chỉnh công suất trượt trên đồng bộ (nhận năng lượng P_s từ lưới) hay còn gọi là điều chỉnh nối cấp trên đồng bộ hoặc truyền động động cơ hai nguồn cấp.

Nếu tái sử dụng năng lượng P_s để tạo $P_{c\sigma}$ gọi lại truyền động nối cấp cơ. Phương pháp này không có ý nghĩa nhiều vì khi ω giảm còn $\frac{\omega_1}{3}$ thì $P_s = \frac{2}{3}P_1$ tức là

công suất động cơ một chiều dùng để tận dụng P_s phải gần bằng động cơ chính (động cơ xoay chiều), nếu không thì lại không nên điều chỉnh sâu ω xuống. Trong thực tế, người ta không sử dụng phương pháp này.

1.2.4. Điều chỉnh tần số nguồn cung cấp stator

Khi điều chỉnh tần số động cơ không đồng bộ thường phải điều chỉnh cả điện áp, dòng điện hoặc từ thông trong mạch stator do trở kháng, từ thông, dòng điện, ... của động cơ bị thay đổi.

1.2.4.1. Luật điều chỉnh tần số- điện áp

Ở hệ thống điều khiển điện áp/ tần số, sức điện động stator động cơ được điều chỉnh tỉ lệ với tần số đảm bảo duy trì từ thông khe hở không đổi. Động cơ có khả năng sinh momen như nhau ở mọi tần số định mức. Có thể điều chỉnh tốc độ ở hai vùng:

- Vùng dưới tốc độ cơ bản: giữ từ thông không đổi thông qua điều khiển tỷ số sức điện động khe hở/ tần số là hằng số.
- Vùng trên tốc độ cơ bản: giữ công suất động cơ không đổi, điện áp được duy trì không đổi, từ thông động cơ giảm theo tốc độ.

+ Theo khả năng quá tải: Để đảm bảo một số chỉ tiêu điều chỉnh mà không làm động cơ bị quá dòng thì cần phải điều chỉnh cả điện áp. Đối với biến tần nguồn áp thường có yêu cầu giữ cho khả năng quá tải về momen là không đổi trong suốt dải điều chỉnh tốc độ. Luật điều chỉnh là $u_s = f_s^{(1+\frac{x}{2})}$ với x thuộc phụ tải. Khi x=0 (M_c không đổi) thì luật điều chỉnh là u_s/f_s là hằng số.

+ Điều chỉnh từ thông: Trong chế độ định mức, từ thông là định mức và mạch từ có công suất tối đa. Luật điều chỉnh tần số- điện áp là luật giữ gần đúng từ thông không đổi trên toàn dải điều chỉnh. Tuy nhiên từ thông động cơ trên mỗi đặc tính còn phụ thuộc rất nhiều vào độ trượt s, tức là phụ thuộc momen tải trên trục động cơ. Vì thế trong các hệ điều chỉnh yêu cầu chất lượng cao cần tìm cách bù từ thông.

Do $I_s = \frac{\psi_r}{L_m} \sqrt{1 + (T_1 \omega_r)^2}$ nên nếu muốn giữ từ thông ψ_r không đổi thì dòng điện phải được điều chỉnh theo tốc độ trượt. Phương pháp này có nhược điểm là mỗi động cơ phải cài đặt một sensor đo từ thông, không thích hợp cho sản xuất hàng loạt và cơ cấu đo gắn trong đó bị ảnh hưởng bởi nhiệt độ và nhiễu.

Nếu điều chỉnh cả biên độ và pha của dòng điện thì có thể điều chỉnh được từ thông rotor mà không cần cảm biến tốc độ.

1.2.4.2 Điều chỉnh tần số nguồn dòng điện

Phương pháp điều chỉnh này sử dụng biến tần nguồn dòng. Biến tần nguồn dòng có ưu điểm là tăng được công suất đơn vị máy, mạch lực đơn giản mà vẫn thực hiện hãm tái sinh động cơ. Nguồn điện một chiều cấp cho nghịch lưu phải là nguồn dòng điện, tức là dòng điện không phụ thuộc vào tải mà chỉ phụ thuộc vào tín hiệu điều khiển. Để tạo nguồn điện một chiều thường dùng chỉnh lưu điều khiển hoặc băm xung áp một chiều có bộ điều chỉnh dòng điện có cấu trúc tỷ lệ- tích phân (khâu PI), mạch lọc là điện kháng tuyến tính có trị số điện cảm đủ lớn.

- Điều chỉnh tần số- dòng điện: Việc điều chỉnh từ thông trong hệ thống biến tần nguồn dòng được thực hiện tương tự như hệ thống biến tần nguồn áp.

- Điều chỉnh vector dòng điện: Tương tự như hệ thống biến tần nguồn áp, ở hệ thống biến tần nguồn dòng cũng có thể thực hiện điều chỉnh từ thông bằng cách điều chỉnh vị trí vector dòng điện không gian. Điều khác biệt là trong hệ thống biến tần nguồn dòng thì dòng điện là liên tục và việc chuyển mạch của các van phụ thuộc lẫn nhau.

- Điều khiển trực tiếp momen: Phương pháp này ra đời từ năm 1997, thực hiện được đáp ứng nhanh. Vì ψ_r có quán tính cơ nên không biến đổi nhanh được, do đó ta chú trọng thay đổi ψ_s không thay đổi ψ_r . Phương pháp này không điều khiển theo quá trình mà theo điểm làm việc. Nó khắc phục nhược điểm của điều khiển định hướng trường vector rotor ψ_r cấu trúc phức tạp, đắt tiền, độ tin cậy thấp (hiện nay đã có vi mạch tích hợp cao, độ chính xác cao), việc đo dòng điện qua cảm biến gây chậm trễ, đáp ứng momen của hệ điều khiển vector chậm và ảnh hưởng của bão hòa mạch từ tới R_s lớn.

Trong hệ thống truyền động điện điều khiển tần số, phương pháp điều khiển theo từ thông rotor có thể tạo ra cho động cơ các đặc tính tĩnh và động tốt. Các hệ thống điều khiển điện áp/ tần số và dòng điện/ tần số trượt đã được ứng dụng rộng rãi trong công nghiệp.

Ngày nay có rất nhiều các nghiên cứu của nhiều tác giả trong lĩnh vực điều chỉnh tự động truyền động điện động cơ xoay chiều ba pha. Mỗi đề tài nghiên cứu đều đã đưa ra được những ưu và nhược điểm của từng hệ thống. Kế thừa và tiếp tục

phát huy những ưu điểm của những nghiên cứu trước đó, tác giả nghiên cứu phát triển hệ thống điều khiển tự động động cơ xoay chiều ba pha sử dụng giải pháp InstaSpin.

1.3. Kết luận chương 1

Chương 1 đã giải quyết được một số vấn đề sau:

- Tổng quan được những nét cơ bản nhất về động cơ xoay chiều ba pha.
- Lựa chọn được động cơ để nghiên cứu là động cơ không đồng bộ.
- Giới thiệu được các phương pháp điều chỉnh tốc độ động cơ xoay chiều ba pha.

Trên cơ sở các nghiên cứu bước đầu về động cơ xoay chiều ba pha, trong chương 2 sẽ đi nghiên cứu mô hình hóa động cơ xoay chiều ba pha.