BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

TRƯỜNG ĐẠI HỌC DÂN LẬP HẢI PHÒNG

ISO 9001:2015

TÌM HIỂU NHỮNG TÍNH CHẤT VÀ YÊU CẦU CÁC LOẠI ĐỘNG CƠ SỬ DỤNG TRONG TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN CÔNG NGHIỆP

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC HỆ CHÍNH QUY

NGÀNH ĐIỆN TỰ ĐỘNG CÔNG NGHIỆP

HẢI PHÒNG - 2019

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

TRƯỜNG ĐẠI HỌC DÂN LẬP HẢI PHÒNG

ISO 9001:2015

TÌM HIỂU NHỮNG TÍNH CHẤT VÀ YÊU CẦU CÁC LOẠI ĐỘNG CƠ SỬ DỤNG TRONG TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN CÔNG NGHIỆP

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC HỆ CHÍNH QUY

NGÀNH ĐIỆN TỰ ĐỘNG CÔNG NGHIỆP

Sinh viên: Hoàng Tuấn Ngọc

Người hướng dẫn: GS.TSKH. Thân Ngọc Hoàn

HẢI PHÒNG - 2019

Cộng hoà xã hội chủ nghĩa Việt Nam

Độc lập – Tự Do – Hạnh Phúc

----------o0o----------

NHIỆM VỤ ĐỀ TÀI TỐT NGHIỆP

Sinh viên **:** Hoàng Tuấn Ngọc - MSV : 1412102085

Lớp **:** ĐC 1801- Ngành Điện Tự Động Công Nghiệp

Tên đề tài : Tìm hiểu những tính chất và yêu cầu các loại động cơ sử dụng trong truyền động điện công nghiệp

LỜI MỞ ĐẦU

Thế kỉ XXI –thế kỉ của công nghệ thông tin, của khoa học kĩ thuật và công nghệ tự động.Nhằm đáp ứng nhu cầu của sự phát triển,nâng cao năng suất và chất lượng sản phẩm.Truyền động điện ra đời là một trong những yếu tố quan trọng:

- Truyền động điện có nhiệm vụ thực hiện các công đoạn cuối cùng của một công nghệ sản xuất.
- Truyền động điện là một hệ thống máy móc được thiết kế với nhiệm vụ biến đổi cơ năng thành điện năng.
- Hệ thống truyền động điện có thể hoạt động với tốc độ không đổi hoặc thay đổi.

Hiện nay khoảng 70-80% các hệ truyền động là loại không đổi, với các hệ thống này tốc độ hoạt động của động cơ hầu như không cần điều khiển, trừ các quá trình khởi động và hãm. phần còn lại 20-25% các hệ thống điều khiển được tốc độ động cơ để phối hợp được các đặc tính động cơ với đặc tính tải yêu cầu.

Với sự phát triển mạnh mẽ của kĩ thuật bán dẫn công suất lớn và kĩ thuật vi xử lý, các hệ thống điều tốc được sử dụng rộng rãi và là công cụ không thể thiếu trong quá trình tự động hóa sản xuất. do đó nội dung của tập đồ án chủ yếu tính toán và điều chỉnh tốc độ động cơ.

Vì kiến thức và thời gian có hạn, kinh nghiệm thực tế không nhiều, nên tập đồ án này không tránh khỏi những thiếu sót. rất mong được sự đóng góp ý kiến của quý thầy cô và bạn bè

CHƯƠNG 1: CÁC LOẠI ĐỘNG CƠ SỬ DỤNG CHO TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN Ở CÔNG NGHIỆP

1. Động cơ điện một chiều

1.1. Cấu tạo

Động cơ điện một chiều chia thành 2 phần chính:

-Phần tĩnh (Stato) Gồm các bộ phận chính sau:

+ Cực từ chính: là bộ phận sinh ra từ trường, gồm lõi sắt cực từ và dây quấn kích từ.

+ Lõi sắt cực từ làm bằng thép kĩ thuật điện dày (0,5 –1) mm ép lại và tán chặt.

+ Dây quấn kích từ được quấn bằng dây đồng bọc cách điện.

+ Cực từ phụ: đặt giữa cực từ chính và dùng để cải thiện điều kiện làm việc của máy điện và đổi chiều.

+ Lõi thép cực từ phụ có thể là một khối hoặc có thể được ghép bởi các lá thép tùy theo chế độ làm việc.

+ Gông từ: dùng để làm mạch từ nối liền các cực từ đồng thời làm vỏ máy.

- Phần quay (rôto) Bao gồm các bộ phận chính sau:

+ Lõi thép phần ứng: dùng để dẫn từ, thường dùng những tấm thép kĩ thuật điện dày 0,5mm phủ cách điện mỏng ở hai mặt rồi ép chặt lại để giảm tổn hao do dòng điện xoáy gây lên. Trong máy điện nhỏ, lõi thép phần ứng được ép trực tiếp vào trục. Trong máy điện lớn, giữa trục và lõi sắt có đặt giá rôto.

+ Dây quấn phần ứng: là phần sinh ra sức điện động và có dòng điện chạy qua. Dây quấn phần ứng thường làm bằng đồng có bọc cách điện. Trong máy điện công suất nhỏ, dây quấn phần ứng dùng dây tiết diện tròn. Trong máy điện công suất vừa và lớn, dây quấn phần ứng dùng dây tiết diện hình chữ nhật.

+ Cổ góp: dùng để đổi chiều dòng điện xoay chiều thành một chiều.

+ Cơ cấu chổi than: dùng để đưa dòng điện từ phần quay ra ngoài.

1.2. Nguyên lý làm việc của động cơ điện một chiều

Khi cho điện áp một chiều U vào hai chổi điện, trong dây quấn phần ứng có dòng điện Iư. Các thanh dẫn có dòng điện nằm trong từ trường, sẽ chịu lực Fđt tác dụng làm cho rôto quay.

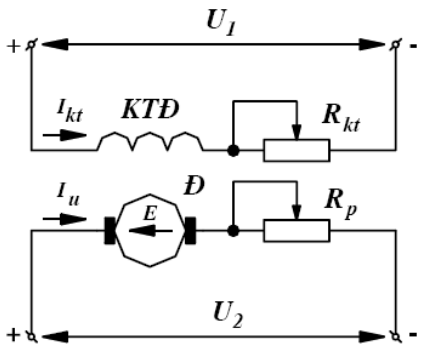
Khi phần ứng quay được nửa vòng, vị trí các thanh dẫn đổi chỗ cho nhau, do có phiến góp đổi chiều dòng điện, giữ cho chiều lực tác dụng không đổi, đảm bảo động cơ có chiều quay không đổi.

Khi động cơ quay, các thanh dẫn cắt từ trường, sẽ cảm ứng sức điện động Eư. Ở động cơ điện một chiều sức điện động Eư ngược chiều với dòng điện Iư nên sức điện đông Eư còn được gọi là sức phản diện Phương trình điện áp là

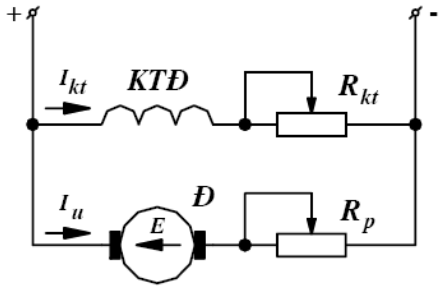
$$U = E_{ư} + R_{ư}I_{ư}$$

1.3. Đặc tính động cơ điện một chiều

Động cơ điện một chiều kích từ độc lập: Cuộn kích từ được cấp điện từ nguồn một chiều độc lập với nguồn điện cấp cho rôto



Hình 1.1- Sơ đồ nguyên lý động cơ điện một chiều kích từ độc lập



Hình 1.2- Sơ đồ nguyên lý động cơ điện một chiều kích từ song song

Nếu cuộn kích từ và cuộn dây phần ứng được cấp điện bởi cùng một nguồn điện thì động cơ là loại kích từ song song. Trường hợp này nếu nguồn điện có công suất rất lớn so với công suất động cơ thì tính chất động cơ sẽ tương tự như động cơ kích từ độc lập.

Khi động cơ làm việc, rôto mang cuộn dây phần ứng quay trong từ trường của cuộn cảm nên trong cuộn ứng xuất hiện một sức điện động cảm ứng có chiều ngược với điện áp đặt vào phần ứng động cơ. Theo sơ đồ nguyên lý trên hình 1.1 và hình 1.2, có thể viết phương trình cân bằng điện áp của mạch phần ứng (rôto) như sau:

$$U_ư = E_ư + (R_ư + R_p).I_ư \quad (1.1)$$

Trong đó:

$U_ư$ - điện áp phần ứng động cơ, (V)

$E_ư$ - sức điện động phần ứng động cơ (V).

$R_ư$ - điện trở cuộn dây phần ứng

R_p - điện trở phụ mạch phần ứng.

$I_ư$ - dòng điện phần ứng động cơ.

$$R_ư = r_ư + r_{ct} + r_{cb} + r_{cp} \quad (1.2)$$

Trong đó:

$r_ư$ - Điện trở cuộn dây phần ứng.

r_{ct} - Điện trở tiếp xúc giữa chổi than và phiến góp.

r_{cb} - Điện trở cuộn bù.

r_{cp} - Điện trở cuộn phụ.

Sức điện động phần ứng tỷ lệ với tốc độ quay của rôto:

$$E_u = \frac{P.N}{2\pi.a}\phi.\omega = K.\phi.\omega \qquad (1.3)$$

Trong đó:

$K = \frac{P.N}{2\pi.a}$ là hệ số kết cấu của động cơ.

Φ - Từ thông qua mỗi cực từ.

p - Số đôi cực từ chính.

N - Số thanh dẫn tác dụng của cuộn ứng.

a - Số mạch nhánh song song của cuộn ứng.

Hoặc ta có thể viết:

$$E_u = K_e.\phi.n \qquad (1.4)$$

Và: $\omega = \frac{2\pi.n}{60} = \frac{n}{9,55}$

$$K_e = \frac{K}{9,55} = 0,105.K$$

Nhờ lực từ trường tác dụng vào dây dẫn phần ứng khi có dòng điện, rôto quay dưới tác dụng của mômen quay:

$$M = K.\phi.I_u \qquad (1.5)$$

Từ hệ 2 phương trình (1.1) và (1.3) ta có thể rút ra được phương trình đặc tính cơ điện biểu thị mối quan hệ ϕ = f(I) của động cơ điện một chiều kích từ độc lập như sau:

$$\omega = \frac{U_u}{K.\phi} - \frac{R_u + R_p}{K.\phi} I_u \qquad (1.6)$$

Từ phương trình (1.5) rút ra Iư thay vào phương trình (1.6) ta được phương trình đặc tính cơ biểu thị mối quan hệ ω = f(M) của động cơ điện một chiều kích từ độc lập như sau:

$$\omega = \frac{U_u}{K.\phi} - \frac{R_u + R_p}{(K.\phi)^2} M \qquad (1.7)$$

Có thể biểu diễn đặc tính cơ dưới dạng khác:

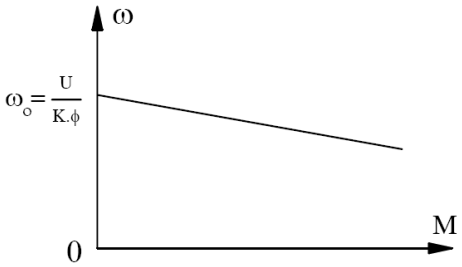
$$\omega = \omega_0 - \Delta\omega \qquad (1.8)$$

Trong đó: $\omega_0 = \frac{U_u}{K.\phi}$ gọi là tốc độ không tải lý tưởng.

$\Delta\omega = \frac{R_u + R_p}{(K.\phi)^2} M$ gọi là độ sụt tốc độ

Phương trình đặc tính cơ (1.7) có dạng hàm bậc nhất y = B + Ax, nên đường biểu diễn trên hệ tọa độ (M0ω) là một đường thẳng với độ dốc âm. Đường đặc tính cơ cắt trục tung 0ω tại điểm có tung độ: $\omega_0 = \frac{U_u}{K.\phi}$.

Tốc độ ω_0 được gọi là tốc độ không tải lý tưởng khi không có lực cản nào cả. Đó là tốc độ lớn nhất của động cơ mà không thể đạt được ở chế độ động cơ vì không bao giờ xảy ra trường hợp $M_C = 0$.

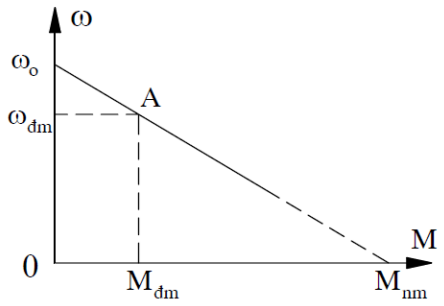


Hình 1.3 - Đặc tính cơ của động cơ điện một chiều kích từ độc lập

Khi phụ tải tăng dần từ $M_C = 0$ đến $M_C = M_{đm}$ thì tốc độ động cơ giảm dần từ ω_0 đến $\omega_{đm}$. Điểm A($M_{đm}$,$\omega_{đm}$) gọi là điểm định mức.

Rõ ràng đường đặc tính cơ có thể vẽ được từ 2 điểm ω_0 và A. Điểm cắt của đặc tính cơ với trục hoành 0M có tung độ $\omega = 0$ và có hoành độ suy từ phương trình (1.7):

$$M = M_{nm} = K.\phi_{đm}\frac{U_{đm}}{R_u} = K.\phi_{đm}.I_{nm} \qquad (1.9)$$



Hình 1.4 - Đặc tính cơ tự nhiên của động cơ điện một chiều kích từ độc lập

Mômen M_{nm} và I_{nm} gọi là mômen ngắn mạch và dòng điện ngắn mạch. Đó là giá trị mômen lớn nhất và dòng điện lớn nhất của động cơ khi được cấp điện đầy đủ mà tốc độ bằng 0. Trường hợp này xảy ra khi bắt đầu mở máy và khi động cơ đang chạy mà bị dừng lại vì bị kẹt hoặc tải lớn quá kéo không được. Dòng điện I_{nm} này lớn và thường bằng: $I_{nm} = (10 \div 20)I_{đm}$

Nó có thể gây cháy hỏng động cơ nếu hiện tượng tồn tại kéo dài.

2. Động cơ điện xoay chiều

2.1. Cấu tạo

Động cơ điện xoay chiều 3 pha gồm có 2 phần chính:

• Phần cảm: gồm 3 cuộn dây đặt lệch nhau 1200 trong không gian và được cấp điện xoay chiều 3 pha để tạo ra từ trường quay. Phần cảm thường đặt ở stator. Các cuộn dây pha phần cảm có thể nối theo hình sao hay tam giác tùy theo điện áp của mỗi cuộn dây pha và tùy theo điện áp lưới điện.

• Phần ứng: Cũng gồm 3 cuộn dây và thường đặt ở roto. Tùy theo kết cấu của ba cuộn day phần ứng mà động cơ điện xoay chiều ba pha chia ra hai loại:

Khi 3 cuộn dây phần ứng kết hợp thành một lồng trụ như hình sau với các thanh dẫn bằng nhôm thì roto được gọi là ro to lồng sóc.

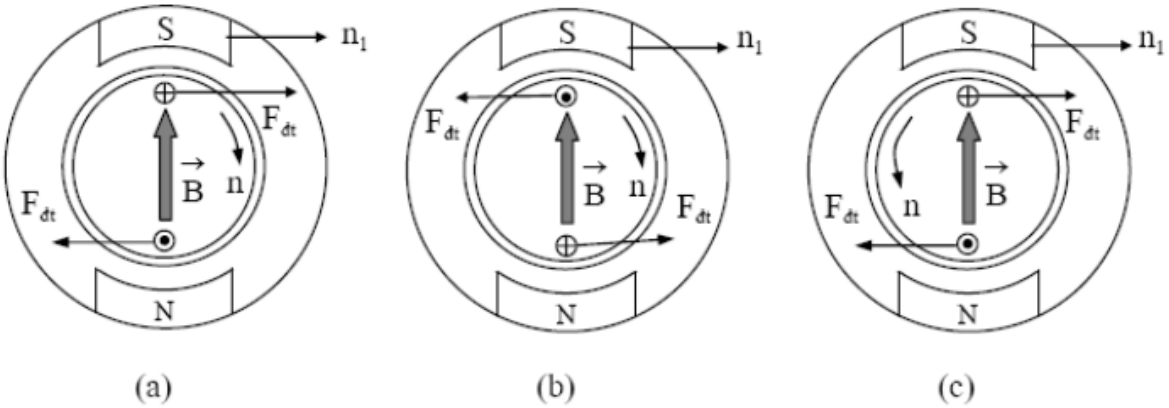
Khi 3 cuộn dây phần ứng bằng dây đồng được nối hình sao và 3 đầu dây được đưa ra qua hệ vòng trượt-chổi than để nối với điện trở mạch ngoài thì roto được gọi là roto dây quấn

2.2. Nguyên lý hoạt động

Khi có dòng điện ba pha chạy trong dây quấn stato thì trong khe hở không khí suất hiện từ trường quay với tốc độ n1 = 60f1/p (f1 là tần số lưới điện ; p là số cặp cực ; tốc độ từ trờng quay) .Từ trường này quét qua dây quấn nhiều pha tự ngắn mạch nên trong dây quấn rotor có dòng diện I2 chạy qua . Từ thông do dòng điện này sinh ra hợp với từ thông của stator tạo thành từ thông tổng ở khe hở . Dòng điện trong dây quấn rotor tác dụng với từ thông khe hở sinh ra moment . Tác dụng đó có quan hệ mật thiết với tốc độ quay n của rotor . Trong những phạm vi tồc độ khác nhau thì chế độ làm việc của máy cũng khác nhau . Sau đây ta sẽ nghiên cứu tác dụng của chúng trong ba phạm vi tốc độ . Hệ số trượt s của máy :

$$s = \frac{n_1 - n}{n_1} = \frac{\Omega_1 - \Omega}{\Omega_1}$$

Như vậy khi n = n1 thì s = 0 , còn khi n = 0 thì s = 1 ; khi n > n1 ,s < 0 và rotor quay ngược chiều từ trường quay n < 0 thì s > 1



2.3. Đặc tính động cơ điện xoay chiều

Đặc tính tốc độ n = F(P2) Theo công thức hệ số trượt ,ta có:

$$n = n1(1-s)$$

Trong đó : $s = \frac{Pcu}{Pdt}$

Khi động cơ không tải Pcu << Pdt nên s ~ 0 động cơ điện quay gần tốc độ đồng bộ n ~ n1 .Khi tăng tải thì tổn hao đồng cũng tăng lên n giảm một ít , nên đường đặc tính tốc độ là đường dốc xuống .

Đặc tính moment M=f(P2) Ta có M = f(s) thay đổi rất nhiều .nhưng trong phạm vi 0 < s < sm thì đoạng M = f(s) gần giống đường thẳng ,nên M2 = f(P2) đường thẳng qua gốc tọa độ.

3.Các phương pháp khởi động máy

3.1. Động cơ điện một chiều

Nếu khởi động động cơ $ĐM_{đl}$ bằng phương pháp đóng trực tiếp thì ban đầu tốc độ động cơ còn bằng không nên dòng khởi động ban đầu rất lớn ($I_{nm} = U_{đm}/R_{ư} \approx 10 \div 20I_{đm}$).

Như vậy nó đốt nóng mạnh động cơ và gây sụt áp lưới điện. Hoặc làm cho sự chuyển mạch khó khăn, hoặc mômen mở máy quá lớn sẽ tạo ra các xung lực động làm hệ truyền động bị giật, lắc, không tốt về mặt cơ học, hại máy và có thể gây nguy hiểm như: gãy trục, vì bánh răng, đứt cáp, đứt xích... Tình trạng càng xấu hơn nếu như hệ TĐĐ thường xuyên phải mở máy, đảo chiều, hãm điện thường xuyên như ở máy cán đảo chiều, cần trục, thang máy...

Để đảm bảo an toàn cho máy, thường chọn:

$$I_{kđbđ} = I_{nm} \le I_{cp} = 2{,}5I_{đm}$$

Muốn thế, người ta thường đưa thêm điện trở phụ vào mạch phần ứng ngay khi bắt đầu khởi động, và sau đó thì loại dần chúng ra để đưa tốc độ động cơ lên xác lập.

$$I_{kđđb} = I_{nm} = \frac{U_{đm}}{R_u + R_{uf}} = (2 \div 2{,}5)I_{đm} \le I_{cp} \qquad (1.10)$$

Công suất động cơ lớn thì chọn I_{mm} nhỏ.

Trong quá trình mở máy, tốc độ động cơ ω tăng dần, sức điện động của động cơ $E_ư = K.\phi.\omega$ cũng tăng dần và dòng điện động cơ bị giảm:

$$I = \frac{U - E_u}{R_u + R_p} \qquad (1.11)$$

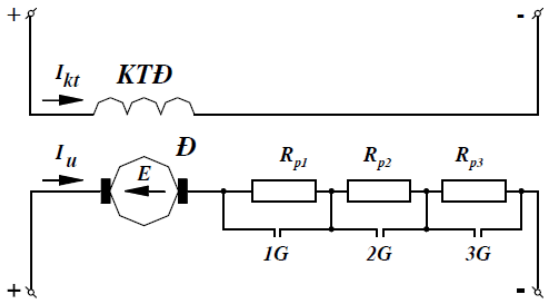
Do đó mômen động cơ cũng giảm. Động cơ mở máy trên đường đặc tính cơ như hình 1.8b.

Nếu cứ giữ nguyên R_p trong mạch phần ứng thì khi tốc độ tăng theo đường đặc tính 1 tới điểm B, mômen động cơ giảm từ mômen M_{mm} xuống bằng mômen cản M_c, động cơ sẽ quay ổn định với tốc độ thấp ω_b. Do vậy, khi mômen giảm

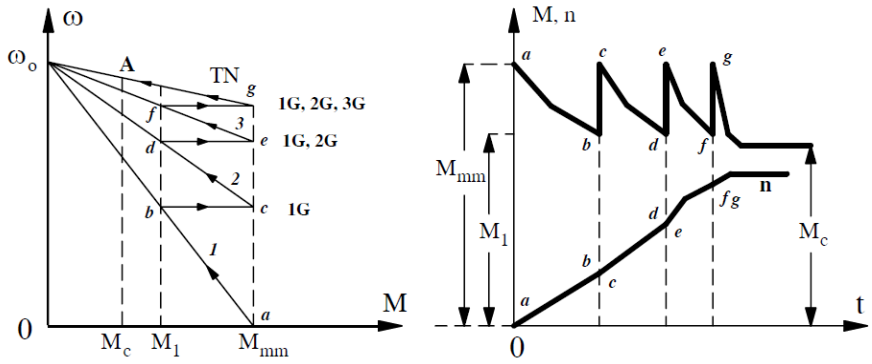
đi một mức nào đó (chẳng hạn M_2) thì phải cắt dần điện trở phụ để động cơ tiếp tục quá trình mở máy cho đến điểm làm việc A trên đường đặc tính tự nhiên.

Khi bắt đầu cấp điện cho động cơ với toàn bộ điện trở khởi động, mômen ban đầu của động cơ sẽ có giá trị là M_{mm}. Mômen này lớn hơn mômen cản tĩnh Mc do đó động cơ bắt đầu được gia tốc.

Tốc độ càng tăng lên thì mômen động cơ càng giảm xuống theo đường cong ab. Trong quá trình đó mômen động (chênh lệch giữa mômen động cơ và mômen cản: $\Delta M = M_Đ - M_C$) giảm dần nên hiệu quả gia tốc cũng giảm theo. Đến một tốc độ nào đó, ứng với điểm b, tiếp điểm 1G đóng lại, một đoạn điện trở khởi động bị nối tắt. Và ngay tại tốc độ đó, động cơ chuyển sang làm việc ở điểm c trên đường đặc tính cơ thứ 2. Mômen động cơ lại tăng lên, gia tốc lớn hơn và sau đó gia tốc lại giảm dần khi tốc độ tăng, mômen động cơ giảm dần theo đường cong cd. Tiếp theo quá trình lại xảy ra tương tự như vậy: sau khi đóng tiếp điểm 2G mômen động cơ giảm theo đường ef và đến điểm f tiếp điểm 3G đóng lại thì động cơ chuyển sang làm việc trên đặc tính cơ tự nhiên



Hình 1.5a - Sơ đồ mở máy động cơ điện một chiều kích từ độc lập qua 3 cấp điện trở



Hình 1.5b,c - Đặc tính cơ lúc mở máy động cơ điện một chiều kích từ độc lập qua 3 cấp điện trở.

3.2. Động cơ điện xoay chiều

- Phương pháp đổi đấu dây quấn

Trong quá trình vận hành động cơ điện khi khởi động chúng ta cần quan tâm đến hai vấn đề

+ Giảm thấp dòng điện khởi động(qua hệ thống dây dẫn chính vào dây quấn stato động cơ) ngay thời điểm khởi động .

+ Phoịơng pháp giảm thấp dòng điện khởi động thực chất là giảm thấp điện áp cung cấp vào động cơ tại thời diểm khởi động . Theo lý thuyết chúng ta có được quan hệ :moment (hay ngẫu lực) khởi động tỷ lệ thuận với bình phương giá trị điện áp hiệu dụng cấp vào động cơ ,như vậy giảm giá trị dòng điện khởi động dẫn tới hậu quả giảm thấp giá trị của moment khởi động.

Trong thực tế các biện pháp giảm dòng khởi động có thể chia làm hai dạng nhoị sau

+ Giảm điện áp nguồn cấp vào dây quấn stato bằng phương pháp : biến áp giảm áp ,hay lắp đặt các phấn tử hạn áp(cầu phân áp)dùng điện trở hay điện cảm.

+ Sử dụng bộ biến đổi điện áp xoay chiều 3 pha,dùng linh kiện điện tử điều chỉnh thay dổi điện áp hiệu dụng nguồn áp 3 pha cấp vào động cơ .Hệ thống khởi động này được gọi là phương pháp khởi động mền (soft start) cho động cơ

Giảm dòng khởi động dùng điện trở giảm áp cấp vào dây quấn

Một trong các biện pháp giảm áp là đấu nối tiếp diện trở Rmm với bộ dây quấn stator tại lúc khởi động .Tác dụng của Rmm trong trường hợp này là làm giảm áp đặt vào từng pha dây quấn stator .

Tương tự nhoị phương pháp đổi sơ đồ đấu dây để giảm dòng khởi động phương pháp giảm áp cấp vào dây quấn stator cũng làm giảm moment mở máy.Do tính chất moment tỉ lệ bình phương điện áp cấp vào động cơ.Thường chúng ta chọn các cấp giảm áp : 80 % ,64% , 50% cho động cơ .Toịơng ứng với các cấp giảm áp này ,moment mở máy chỉ khoản 65% ;50% và 25% giá trị moment mở máy khi cấp nguồn trực tiếp bằng định mức vào dây quấn stator .

Giảm dòng khởi động dùng điện cảm giảm áp cấp vào dây quấn:

Trường hợp này để giảm áp cấp vào dây quấn stator tại lúc khởi động .Chúng ta đấu nối tiếp điện cảm (có giá trị điện kháng)Xmm với dây quấn stator .

Do tính chất moment tỉ lệ bình thường điện áp cấp vào động cơ, thường chúng ta chọn các cấp giảm áp : 80%, 64%, và 50% cho động cơ .Tương ứng với các cấp giảm áp này , moment mở máy chỉ còn khoản 65%, 50%, và 25% giá trị moment mở máy khi cấp nguồn trực tiếp bằng đúng định mức vào dây quấn stator .

Giảm dòng khởi động dùng máy biến áp tự ngẫu giảm áp :

Với các phương pháp giảm dòng mở máy dùng Rmm hay Xmm,dòng điện mở máy qua dây quấn cũng chính la dòng điện qua dây nguồn . Khi sử dụng biến áp giảm áp đặt vào dây quấn stator lúc khởi động ,dòng điện mở máy qua dây quấn giảm thấp .Nhưng dòng điện này chỉ xuất hiện phía thứ cấp biến áp còn dòng điện qua dây nguồn chính là dòng qua sơ cấp biến áp.

Với biến áp giảm áp, dòng điện phía sơ cấp sẽ có giá trị thấp hơn dòng điên phía thứ cấp. Tóm lại khi dùng máy biến áp giảm áp để giảm dòng khởi động , dòng điện mở máy qua dây nguồn sẽ thấp hơn dòng điện mở máy khi dùng phương pháp giảm dòng với Rmm hay Xmm. Khi dùng biến áp giảm áp để giảm dòng khởi động thời gian hoạt động của máy biến áp tồn tại rất ngắn ; chúng ta có thề sử dụng một trong các dạng biến áp tự ngẫu sau :

+ Biến áp tự ngẫu loại 3 pha 3 trụ

+ Biến áp tự ngẫu 3 pha do .

Tương tự trường hợp đã nêu trong các danh mục trên , máy biến áp giảm áp đoợc bố trí nhiều cấp điện áp ra tương ứng với các mức 80%, 64% và 50% giá trị moment mở máy trực tiếp chỉ còn khoản 65%, 50%, 25% giá trị moment mở máy trực tiếp (khi cấp nguồn trực tiếp bằng đúng định mức cấp vào stator).

4. Các trạng thái hãm của động cơ

4.1. Động cơ điện một chiều

- Hãm tái sinh

Hãm tái sinh xảy ra khi tốc độ quay của động cơ lớn hơn tốc độ không tải lý tưởng ($\omega > \omega_0$).

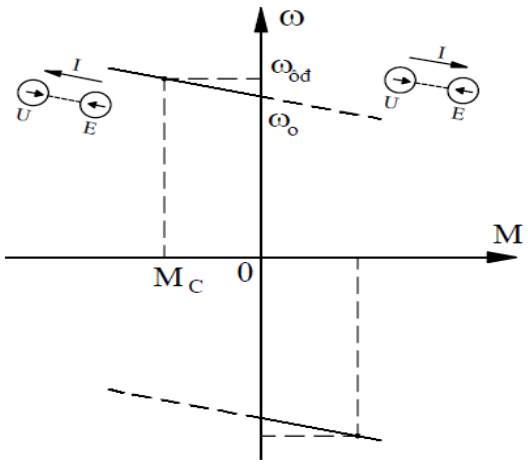
Khi hãm tái sinh: $E_ư > U_ư$, động cơ làm việc như một máy phát song song với lưới và trả năng lượng về nguồn, lúc này thì dòng hãm và mômen hãm đã đổi chiều so với chế độ động cơ:

$$I_h = \frac{U_u - E_u}{R} = \frac{K.\phi.\omega_0 - K.\phi.\omega}{R} < 0$$
$$M_h = K.\phi.I_h < 0 \qquad (2.5)$$

Trong trạng thái hãm tái sinh, tốc độ của động cơ càng tăng trên tốc độ cơ bản, trị số mômen hãm càng lớn dần lên cho đến khi cân bằng với mômen phụ tải của cơ cấu sản xuất thì hệ thống làm việc ổn định với tốc độ $\omega_{ôđ} > \omega_0$.

Đường đặc tính cơ ở trạng thái hãm tái sinh nằm trong góc phần tư thứ II và thứ IV của mặt phẳng tọa độ.

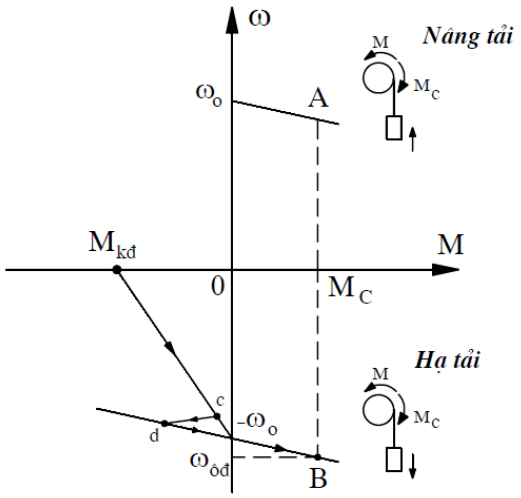
Trong trạng thái hãm tái sinh, dòng điện hãm đổi chiều và công suất được đưa trả về lưới điện có giá trị P = (E - U)I. Đây là phương pháp hãm kinh tế nhất vì động cơ sinh ra điện năng hữu ích.



Hình 1.6. Đặc tính cơ hãm tái sinh động cơ điện một chiều kích từ độc lập.

Trong thực tế, cơ cấu nâng hạ của cầu trục, thang máy, thì khi nâng tải, động cơ truyền động thường làm việc ở chế độ động cơ (điểm A). Khi hạ tải, ta đảo chiều điện áp phần ứng đặt vào động cơ. Nếu mômen do trọng tải gây ra lớn hơn mômen ma sát trong các bộ phận chuyển động của cơ cấu, động cơ sẽ làm việc ở chế độ hãm tái sinh.

Để hạn chế dòng khởi động ta đóng thêm điện trở phụ vào mạch phần ứng. Tốc độ động cơ tăng dần lên, khi tốc độ động cơ gần đạt tới giá trị ω_0 ta cắt điện trở phụ (điểm c), động cơ tăng tốc độ trên đường đặc tính tự nhiên (đoạn cB). Khi tốc độ vượt quá $\omega > \omega_0$ thì mômen điện từ của động cơ đổi dấu trở thành mômen hãm. Đến điểm B thì mômen $M_h = M_C$, tải trọng được hạ với tốc độ ổn định $\omega_{ổđ}$ trong trạng thái hãm tái sinh.



Hình 1.7. Đặc tính hãm tái sinh khi hạ tải trọng của động cơ điện một chiều kích từ nối tiếp.

- Hãm ngược

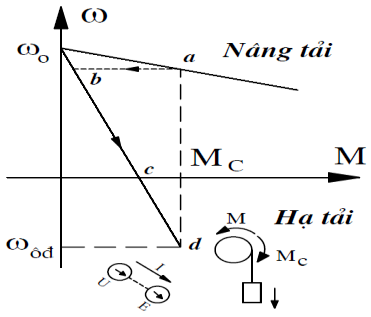
Hãm ngược là trạng thái của động cơ khi mômen hãm của động cơ ngược chiều với tốc độ quay (M↑↓ω). Mômen hãm sinh ra bởi động cơ khi đó chống lại chiều quay của cơ cấu sản xuất. Hãm ngược có hai trường hợp:

a) Đưa điện trở phụ lớn vào mạch phần ứng:

Động cơ đang làm việc ở điểm a, ta đưa thêm R_p lớn vào mạch phần ứng thì động cơ sẽ chuyển sang điểm b trên đặc tính biến trở. Tại điểm b mômen do động cơ sinh ra nhỏ hơn mômen cản nên động cơ giảm tốc độ nhưng tải vẫn theo chiều nâng lên. Đến điểm c vì mômen động cơ nhỏ hơn mômen tải nên dưới tác động của tải trọng, động cơ quay theo chiều ngược lại. Tải trọng được hạ xuống với tốc độ tăng dần. Đến điểm d mômen động cơ cân bằng với mômen cản nên hệ làm việc ổn định với tốc độ hạ không đổi $\omega_{ôđ}$. Đ*oạn cd là đoạn hãm ngược*, động cơ làm việc như một máy phát nối tiếp với lưới điện, lúc này sức điện động của động cơ đảo dấu nên:

$$I_h = \frac{U_u - E_u}{R_u + R_p} = \frac{U_u - K.\phi.\omega}{R_u + R_p} < 0 \qquad (1.12)$$

$$M_h = K.\phi.I_h < 0$$



Hình 1.8. Đặc tính cơ hãm ngược của $ĐM_{đl}$ trường hợp đưa điện trở phụ vào mạch phần ứng.

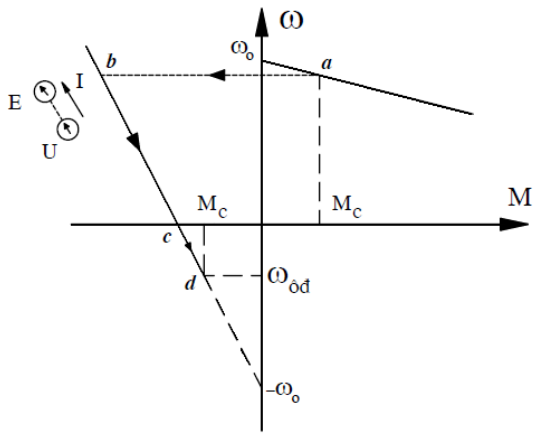
b) Hãm ngược bằng cách đảo chiều điện áp phần ứng:

Động cơ đang làm việc ở điểm a, ta đổi chiều điện áp phần ứng (vì dòng đảo chiều lớn nên phải thêm điện trở phụ vào để hạn chế) thì động cơ sẽ chuyển sang điểm b, tại điểm b mômen đã đổi chiều chống lại chiều quay của động cơ nên tốc độ giảm theo đoạn bc. Tại c nếu ta cắt động cơ khỏi điện áp nguồn thì động cơ sẽ dừng lại, còn nếu không thì tại điểm c mômen động cơ lớn hơn mômen cản nên động cơ sẽ quay ngược lại và sẽ làm việc xác lập ở d nếu phụ tải ma sát. *Đoạn bc là đoạn hãm ngược*, lúc này dòng hãm và mômen hãm của động cơ:

$$I_h = \frac{-U_u - E_u}{R_u + R_{uf}} = -\frac{U_u + K.\phi.\omega}{R_u + R_{uf}} < 0 \qquad (1.13)$$
$$M_h = K.\phi.I_h < 0$$

Phương trình đặc tính cơ:

$$\omega = \frac{-U_u}{K.\phi} - \frac{R_u + R_{uf}}{(K.\phi)^2} M \qquad (1.14)$$



Hình 1.9. Đặc tính hãm ngược $ĐM_{đl}$ trường hợp đảo chiều điện áp phần ứng

- Hãm động năng

a) Hãm động năng kích từ độc lập:

Động cơ đang làm việc với lưới điện (điểm a), thực hiện cắt phần ứng động cơ ra khỏi lưới điện và đóng vào một điện trở hãm R_h, do động năng tích luỹ trong động cơ, cho nên động cơ vẫn quay và nó làm việc như một máy phát biến cơ năng thành nhiệt năng trên điện trở hãm và điện trở phần ứng.

Phương trình đặc tính cơ khi hãm động năng:

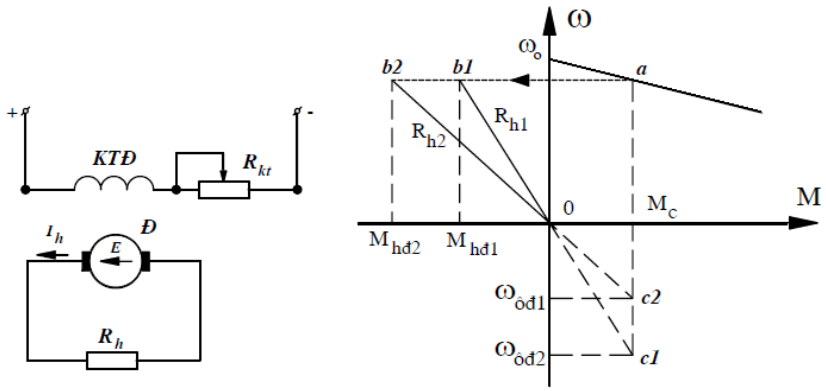
$$\omega = -\frac{R_u + R_{uf}}{(K.\phi)^2} M \qquad (1.15)$$

Tại thời điểm hãm ban đầu, tốc độ hãm ban đầu là $\omega_{hđ}$ nên sức điện động ban đầu, dòng hãm ban đầu và mômen hãm ban đầu:

$$\begin{aligned} E_{hđ} &= K.\phi.\omega_{hđ} \\ I_{hđ} &= -\frac{E_{hđ}}{R_u + R_h} = -\frac{K.\phi.\omega_{hđ}}{R_u + R_h} < 0 \\ M_{hđ} &= K.\phi.I_{hđ} < 0 \end{aligned} \qquad (1.16)$$

Trên đồ thị đặc tính cơ hãm động năng ta thấy rằng nếu mômen cản là phản kháng thì động cơ sẽ dừng hẳn (các đoạn b10 hoặc b20), còn nếu mômen cản là

thế năng thì dưới tác dụng của tải sẽ kéo động cơ quay theo chiều ngược lại (0c1 hoặc 0c2).



Hình 1.10. Sơ đồ hãm động năng kích từ độc lập

b) Hãm động năng tự kích từ:

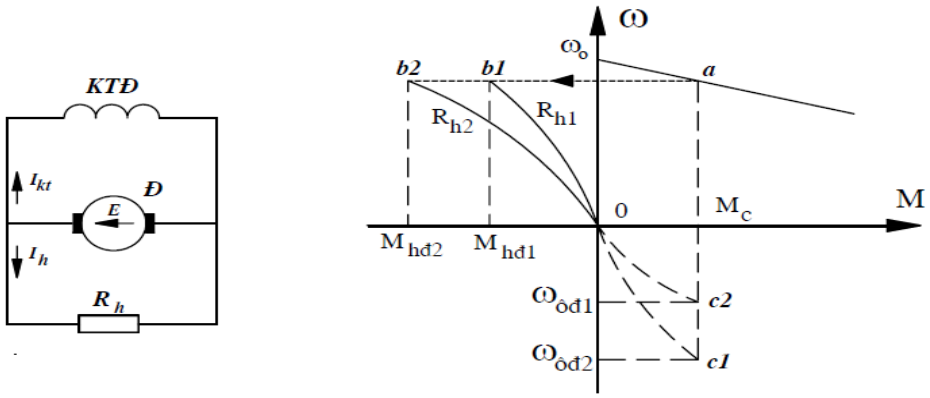
Nhược điểm của hãm động năng kích từ độc lập là nếu mất điện lưới thì không thể thực hiện hãm được do cuộn dây kích từ vẫn phải nối với nguồn. Muốn khắc phục nhược điểm này người ta thường sử dụng phương pháp hãm động năng tự kích từ.

Động cơ đang làm việc với lưới điện (điểm a), thực hiện cắt cả phần ứng và kích từ của động cơ ra khỏi lưới điện và đóng vào một điện trở hãm R_h, do động năng tích luỹ trong động cơ, cho nên động cơ vẫn quay và nó làm việc như một máy phát tự kích biến cơ năng thành nhiệt năng trên các điện trở.

Phương trình đặc tính cơ khi hãm động năng tự kích từ:

$$\omega = \frac{R_u + \frac{R_h.R_{kt}}{R_h + R_{kt}}}{(K.\phi)^2} \qquad (1.17)$$

Trên đồ thị đặc tính cơ hãm động năng tự kích từ ta thấy rằng trong quá trình hãm, tốc độ giảm dần và dòng kích từ cũng giảm dần, do đó từ thông của động cơ cũng giảm dần và là hàm của tốc độ, vì vậy các đặc tính cơ khi hãm động năng tự kích từ giống như đặc tính không tải của máy phát tự kích từ.



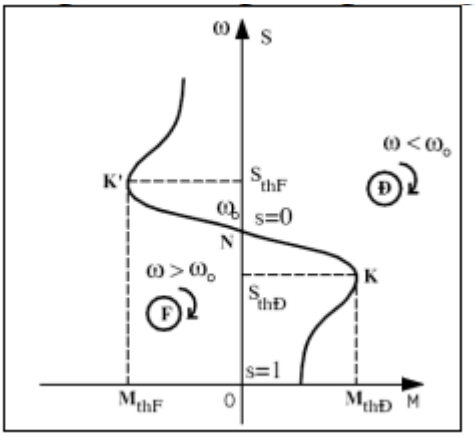
Hình 1.11. Sơ đồ hãm động năng tự kích**.**

So với phương pháp hãm ngược, hãm động năng có hiệu quả hơn khi có cùng tốc độ hãm ban đầu, nhất là tốn ít năng lượng hơn.

4.2. Động cơ điện xoay chiều

Hãm tái sinh

Đặc tính hãm tái sinh của động cơ KĐB như hình vẽ.



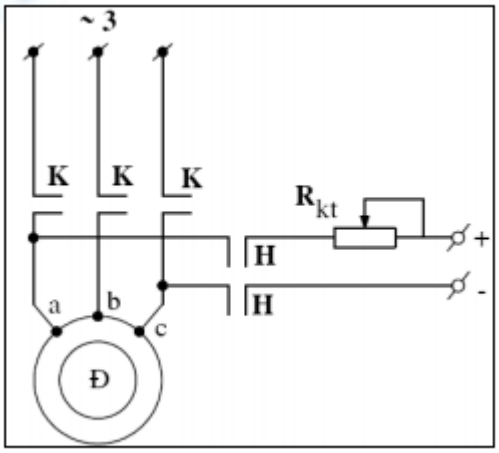
Động cơ điện xoay chiều KĐB ở chế độ hãm tái sinh khi tốc độ động cơ vượt quá tốc độ đồng bộ w0. Khi hãm tái sinh thì động cơ làm việc ở chế độ máy phát.

Hãm ngược

a) Hãm ngược nhờ đưa điện trở phụ vào mạch phần ứng

b) Hãm ngược nhờ đảo chiều quay

Hãm động năng



Để hãm động năng một động cơ điện KĐB đang làm việc ở chế độ động cơ, ta phải cắt stator ra khỏi lưới điện xoay chiều (mở các tiếp điểm K ở mạch lực) rồi cấp vào stator dòng điện một chiều để kích từ (đóng các tiếp điểm H). Thay đổi dòng điện kích từ nhờ biến trở Rkt Do động năng tích lũy, rôto tiếp tục quay theo chiều cũ trong từ trường một chiều vừa được tạo ra. Trong cuộn dây phần ứng xuất hiện một dòng điện cảm ứng. Lực từ trường tác dụng vào dòng cảm ứng trong cuộn dây phần ứng sẽ tạo ra mômen hãm và rôto quay chậm dần. Động cơ điện xoay chiều khi hãm động năng sẽ làm việc như một máy phát điện có tốc độ (do đó tần số) giảm dần. Động năng qua động cơ sẽ biến đổi thành điện năng tiêu thụ trên điện trở ở mạch rôto.

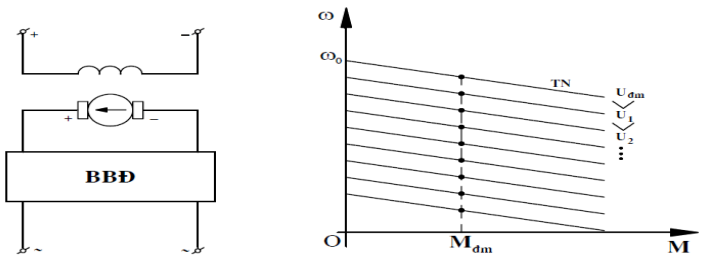
5. Các phương pháp điều chỉnh tốc độ

5.1.Động cơ điện một chiều

- Điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi điện áp phần ứng

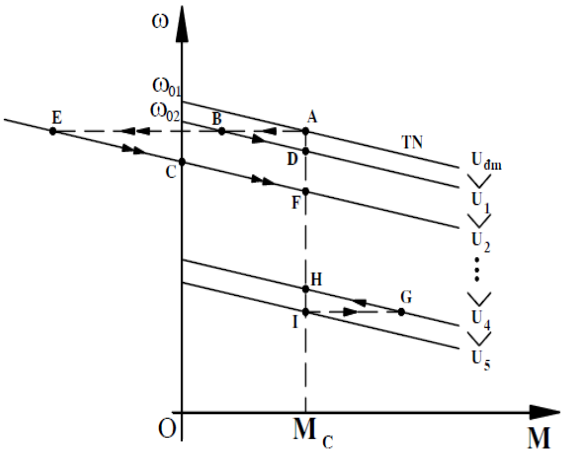
Sơ đồ nguyên lý được biểu diễn như trên hình 1.12. Từ thông động cơ được giữ không đổi.Điện áp phần ứng được cấp từ một bộ biến đổi.Khi thay đổi điện áp cấp cho cuộn dây phần ứng, ta có các họ đặc tính cơ ứng với các tốc độ không tải khác nhau, song song và có cùng độ cứng.

Điện áp U chỉ có thể thay đổi về phía giảm ($U<U_{đm}$) nên phương pháp này chỉ cho phép điều chỉnh giảm tốc độ.



Hình 1.12. Điều chỉnh tốc độ động cơ điện một chiều kích từ độc lập bằng phương pháp thay đổi điện áp phần ứng.

Giả sử động cơ đang làm việc tại điểm A trên đặc tính cơ 1 ứng với điện áp U_1 trên phần ứng. Khi giảm điện áp từ U_1 xuống U_2, động cơ thay đổi điểm làm việc từ điểm A có tốc độ lớn ω_A trên đường 1 xuống điểm D có tốc độ nhỏ hơn ($\omega_D<\omega_A$) trên đường 2 (ứng với điện áp U_2).



Hình 1.13. Quá trình thay đổi tốc độ khi điều chỉnh điện áp

Trong khi giảm tốc độ theo cách giảm điện áp phần ứng, nếu giảm mạnh điện áp, nghĩa là chuyển nhanh từ tốc độ cao xuống tốc độ thấp thì cùng với quá trình giảm tốc có thể xảy ra quá trình hãm tái sinh. Chẳng hạn, cũng trên hình 1.13, động cơ đang làm việc tại điểm A với tốc độ lớn ω_A trên đặc tính cơ 1 ứng với điện áp U_1. Ta giảm mạnh điện áp phần ứng từ U_1 xuống U_3. Lúc này động cơ chuyển điểm làm việc từ điểm A trên đường 1 sang điểm E trên đường 3

(chuyển ngang với $\omega_A = \omega_E$). Vì ω_E lớn hơn tốc độ không tải lý tưởng ω_{03} của đặc tính cơ 3 nên động cơ sẽ làm việc ở trạng thái hãm tái sinh trên đoạn EC của đặc tính 3.

Quá trình hãm giúp động cơ giảm tốc nhanh. Khi tốc độ xuống thấp hơn ω_{03} thì động cơ lại làm việc ở trạng thái động cơ. Lúc này do mômen $M_Đ = 0$ nên động cơ tiếp tục giảm tốc cho tới điểm làm việc mới tại F, vì tại F mômen động cơ sinh ra cân bằng với mômen cản M_C. Động cơ chạy ổn định tại F với tốc độ $\omega_F < \omega_A$.

Khi tăng tốc, diễn biến của quá trình được giải thích tương tự. Giả sử động cơ đang làm việc tại điểm I có tốc độ ω_I nhỏ trên đặc tính cơ 5, ứng với điện áp U_5 trên phần ứng. Tăng điện áp từ U_5 lên U_4, động cơ chuyển điểm làm việc từ I trên đặc tính 5 sang điểm G trên đặc tính 4. Do mômen M_G lớn hơn mômen cản M_C nên động cơ tăng tốc theo đường 4 (đoạn GH). Đồng thời với quá trình tăng tốc, mômen động cơ bị giảm và quá trình tăng tốc chậm dần. Tới điểm H thì mômen động cơ cân bằng với mômen tải $M_H = M_C$ và động cơ sẽ làm việc ổn định tại điểm H với tốc độ $\omega_H > \omega_I$.

Điều chỉnh tốc độ động cơ điện một chiều kích từ độc lập bằng biện pháp thay đổi điện áp phần ứng có các đặc điểm sau:

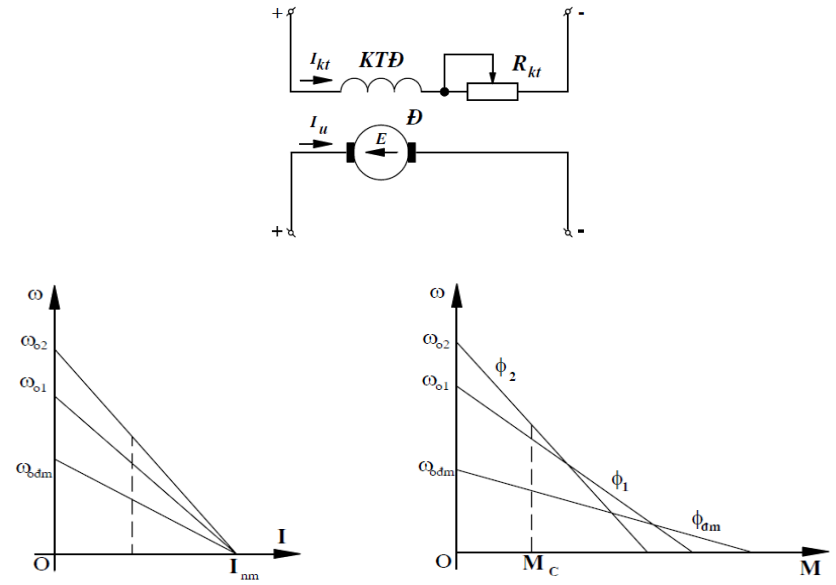
- Điện áp phần ứng càng giảm, tốc độ động cơ càng nhỏ.
- Điều chỉnh trơn trong toàn bộ dải điều chỉnh.
- Độ cứng đặc tính cơ giữ không đổi trong toàn bộ dải điều chỉnh.
- Độ sụt tốc tuyệt đối trên toàn dải điều chỉnh ứng với một mômen là như nhau. Độ sụt tốc tương đối sẽ lớn nhất tại đặc tính cơ thấp nhất của dải điều chỉnh. Do vậy, sai số tốc độ tương đối (sai số tĩnh) của đặc tính cơ thấp nhất không vượt quá sai số cho phộp cho toàn dải điều chỉnh.
- Dải điều chỉnh của phương pháp này có thể: D ~ 10:1.

- Chỉ có thể điều chỉnh tốc độ về phía giảm (vì chỉ có thể thay đổi với $U_{ư} \leq U_{đm}$).

- Phương pháp điều chỉnh này cần một bộ nguồn để có thể thay đổi trơn điện áp ra.

- Điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi từ thông

Muốn thay đổi từ thông động cơ, ta tiến hành thay đổi dòng điện kích từ của động cơ qua một điện trở mắc nối tiếp ở mạch kích từ. Rừ ràng phương pháp này chỉ cho phộp tăng điện trở vào mạch kích từ, nghĩa là chỉ có thể giảm dòng điện kích từ ($I_{kt} \leq I_{ktđm}$) do đó chỉ có thể thay đổi về phía giảm từ thông. Khi giảm từ thông, đặc tính dốc hơn và có tốc độ không tải lớn hơn. Họ đặc tính giảm từ thông như hình 1.14.



Hình 1.14. Điều chỉnh tốc độ động cơ điện một chiều kích từ độc lập bằng phương pháp thay đổi từ thông kích từ.

Phương pháp điều chỉnh tốc độ bằng thay đổi từ thông có các đặc điểm sau:

- Từ thông càng giảm thì tốc độ không tải lý tưởng của đặc tính cơ càng tăng, tốc độ động cơ càng lớn.

- Độ cứng đặc tính cơ giảm khi giảm từ thông.

- Có thể điều chỉnh trơn trong dải điều chỉnh: D ~ 3:1.

- Chỉ có thể điều chỉnh thay đổi tốc độ về phía tăng.

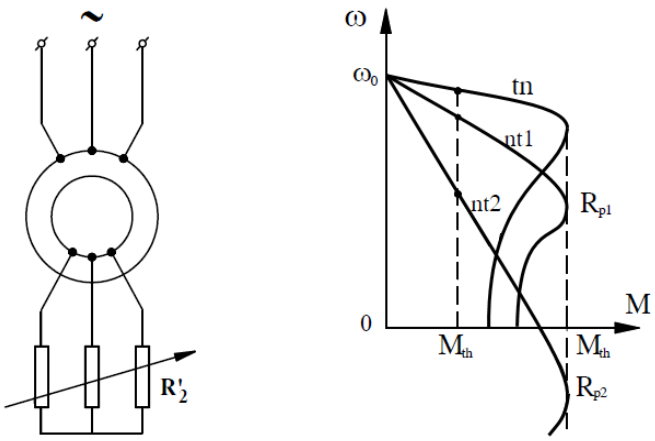
- Do độ dốc đặc tính cơ tăng lên khi giảm từ thông nên các đặc tính sẽ cắt nhau và do đó, với tải không lớn (M_1) thì tốc độ tăng khi từ thông giảm. Còn ở vùng tải lớn (M_2) tốc độ có thể tăng hoặc giảm tùy theo tải. Thực tế, phương pháp này chỉ sử dụng ở vùng tải không quá lớn so với định mức.

- Phương pháp này rất kinh tế vì việc điều chỉnh tốc độ thực hiện ở mạch kích từ với dòng kích từ là (1 ÷ 10)% dòng định mức của phần ứng. Tổn hao điều chỉnh thấp.

5.2. Động cơ điện xoay chiều

- Thay đổi điện trở phụ trong mạch stato

Phương pháp này chỉ được sử dụng với động cơ rotor dây quấn và được ứng dụng rất rộng rãi do tính đơn giản của phương pháp. Sơ đồ nguyên lý và các đặc tính cơ khi thay đổi điện trở phần ứng như hình 1.15.



Hình 1.15. Phương pháp điều chỉnh tốc độ động cơ KĐB 3 pha bằng cách thay đổi điện trở phụ trong mạch rôto.

Nhận xét:

- Phương pháp này chỉ cho phép điều chỉnh tốc độ về phía giảm.

- Tốc độ càng giảm, đặc tính cơ càng mềm, tốc độ động cơ càng kém ổn định trước sự lên xuống của mômen tải.

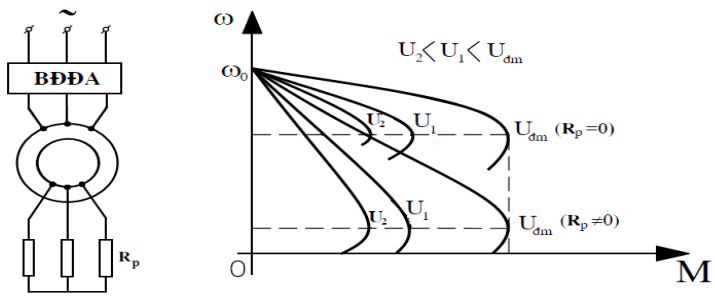
- Dải điều chỉnh phụ thuộc trị số mômen tải. Mômen tải càng nhá, dải điều chỉnh càng hẹp.

- Khi điều chỉnh sâu (tốc độ nhỏ) thì độ trượt động cơ tăng và tổn hao năng lượng khi điều chỉnh càng lớn.

- Phương pháp này có thể điều chỉnh trơn nhờ biến trở nhưng do dòng phần ứng lớn nên thường được điều chỉnh theo cấp.

- Điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi điện áp đặt vào mạch stato

Thực hiện phương pháp này với điều kiện giữ không đổi tần số. Điện áp cấp cho động cơ lấy từ một bộ biến đổi điện áp xoay chiều. BBĐ điện áp có thể là một máy biến áp tự ngẫu hoặc một BBĐ điện áp bán dẫn như được trình bày ở mục trước. Hình 1.16 trình bày sơ đồ nối dây và các đặc tính cơ khi thay đổi điện áp phần cảm.



Hình 1.16. Phương pháp điều chỉnh tốc độ động cơ KĐB 3 pha bằng cách thay đổi điện áp đặt vào mạch stator.

Nhận xét:

- Thay đổi điện áp chỉ thực hiện được về phía giảm dưới giá trị định mức nên kéo theo mômen tới hạn giảm nhanh theo bình phương của điện áp.

- Đặc tính cơ tự nhiên của động cơ không đồng bộ thường có độ trượt tới hạn nhỏ nên phương pháp điều chỉnh tốc độ bằng cách giảm điện áp thường được

thực hiện cùng với việc tăng điện trở phụ ở mạch rotor để tăng độ trượt tới hạn do đó tăng được dải điều chỉnh lớn hơn.

- Khi điện áp đặt vào động cơ giảm, mômen tới hạn của các đặc tính cơ giảm, trong khi tốc độ không tải lý tưởng (hay tốc độ đồng bộ) giữ nguyên nên khi giảm tốc độ thì độ cứng đặc tính cơ giảm, độ ổn định tốc độ kém đi.

- Điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi tần số của nguồn xoay chiều

Thay đổi tần số nguồn cấp cho động cơ là thay đổi tốc độ không tải lý tưởng nên thay đổi được đặc tính cơ. Tần số càng cao, tốc độ động cơ càng lớn.

Khi điều chỉnh tần số nguồn cấp cho động cơ thì các thông số liên quan đến tần số như cảm kháng thay đổi, do đó, dòng điện, từ thông,... của động cơ đều bị thay đổi theo và cuối cùng các đại lượng như độ trượt tới hạn, mômen tới hạn cũng bị thay đổi. Chính vì vậy, điều chỉnh tốc độ động cơ KĐB bằng phương pháp thay đổi tần số thường kéo theo điều chỉnh điện áp, dòng điện hoặc từ thông của mạch stator.

Đặc tính cơ khi thay đổi tần số nguồn được biểu diễn trên hình 1.30. Khi giảm tần số xuống dưới tần số định mức, cảm kháng của động cơ cũng giảm và dòng điện động cơ tăng lên.

Tần số giảm, dòng điện càng lớn, mômen tới hạn càng lớn. Để tránh cho động cơ bị quá dòng, phải đồng thời tiến hành giảm điện áp sao cho $\frac{U}{f} \sim \text{const}$. Đó là luật điều chỉnh tần số - điện áp. Các đặc tính cơ tuân theo luật này được biểu thị trên hình 2.31 (phần $f < f_{đm}$). Khi $f > f_{đm}$ ta không thể tăng điện áp $U > U_{đm}$ nên các đặc tính cơ không giữ được giá trị mômen tới hạn.

Người ta cũng thường dùng cả luật điều chỉnh tần số - dòng điện.

CHƯƠNG 2: HỆ THỐNG TRUYỀN ĐỘNG ĐIỆN

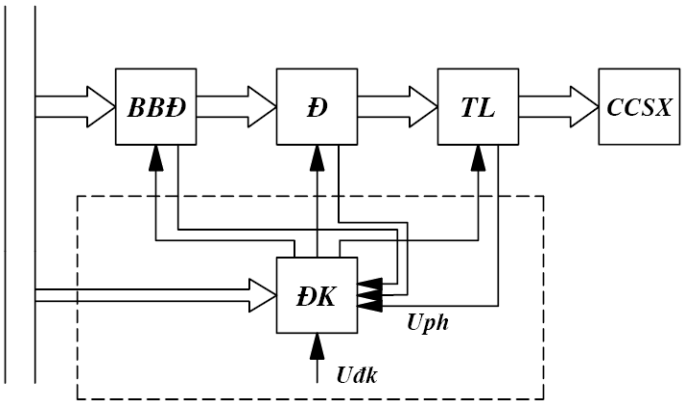
1. Cấu trúc và phân loại hệ thống truyền động điện

1.1. Cấu trúc chung của hệ truyền động điện

Truyền động cho một máy, một dây chuyền sản xuất mà dùng năng lượng điện thì gọi là truyền động điện (TĐĐ).

Hệ truyền động điện là một tập hợp các thiết bị như: thiết bị điện, thiết bị điện từ, thiết bị điện tử, cơ, thủy lực phục vụ cho việc biến đổi điện năng thành cơ năng cung cấp cho cơ cấu chấp hành trên các máy sản xuất, đồng thời có thể điều khiển dòng năng lượng đó theo yêu cầu công nghệ của máy sản xuất.

Về cấu trúc, một hệ thống truyền động điện nói chung bao gồm các khâu:



Hình 2.1: Cấu trúc hệ thống truyền động điện

1. **BBĐ**: Bộ biến đổi, dùng để biến đổi loại dòng điện (xoay chiều thành một chiều hoặc ngược lại), biến đổi loại nguồn (nguồn áp thành nguồn dòng hoặc ngược lại), biến đổi mức điện áp (hoặc dòng điện), biến đổi số pha, biến đổi tần số...

Các BBĐ thường dùng là máy phát điện, hệ máy phát - động cơ (hệ F-Đ), các chỉnh lưu không điều khiển và có điều khiển, các bộ biến tần...

2. **Đ**: Động cơ điện, dùng để biến đổi điện năng thành cơ năng hay cơ năng thành điện năng (khi hãm điện).

Các động cơ điện thường dùng là: động cơ xoay chiều KĐB ba pha rôto dây quấn hay lồng sóc; động cơ điện một chiều kích từ song song, nối tiếp hay kích từ bằng nam châm vĩnh cữu; động cơ xoay chiều đồng bộ...

3. **TL**: Khâu truyền lực, dùng để truyền lực từ động cơ điện đến cơ cấu sản xuất hoặc dùng để biến đổi dạng chuyển động (quay thành tịnh tiến hay lắc) hoặc làm phù hợp về tốc độ, mômen, lực. Để truyền lực, có thể dùng các bánh răng, thanh răng, trục vít, xích, đai truyền, các bộ ly hợp cơ hoặc điện từ...

4. **CCSX**: Cơ cấu sản xuất hay cơ cấu làm việc, thực hiện các thao tác sản xuất và công nghệ (gia công chi tiết, nâng - hạ tải trọng, dịch chuyển...).

5. **ĐK**: Khối điều khiển, là các thiết bị dùng để điều khiển bộ biến đổi BBĐ, động cơ điện Đ, cơ cấu truyền lực.

Khối điều khiển bao gồm các cơ cấu đo lường, các bộ điều chỉnh tham số và công nghệ, các khí cụ, thiết bị điều khiển đóng cắt có tiếp điểm (các rơle, công tắc tơ) hay không có tiếp điểm (điện tử, bán dẫn).

Một số hệ TĐĐ tự động khác có cả mạch ghép nối với các thiết bị tự động khác như máy tính điều khiển, các bộ vi xử lý, PLC... Các thiết bị đo lường, cảm biến (sensor) dùng để lấy các tín hiệu phản hồi có thể là các loại đồng hồ đo, các cảm biến từ, cơ, quang...

Một hệ thống TĐĐ không nhất thiết phải có đầy đủ các khâu nêu trên. Tuy nhiên, một hệ thống TĐĐ bất kỳ luôn bao gồm hai phần chính:

- Phần lực: Bao gồm bộ biến đổi và động cơ điện.

- Phần điều khiển.

Một hệ thống truyền động điện được gọi là hệ hở khi không có phản hồi, và được gọi là hệ kín khi có phản hồi, nghĩa là giá trị của đại lượng đầu ra được đưa trở lại đầu vào dưới dạng một tín hiệu nào đó để điều chỉnh lại việc điều khiển sao cho đại lượng đầu ra đạt giá trị mong muốn.

1.2. Phân loại hệ thống truyền động điện

a) Theo đặc điểm của động cơ điện:

- ***Truyền động điện một chiều***: Dùng động cơ điện một chiều. Truyền động điện một chiều sử dụng cho các máy có yêu cầu cao về điều chỉnh tốc độ và mômen, nó có chất lượng điều chỉnh tốt.

Tuy nhiên, động cơ điện một chiều có cấu tạo phức tạp và giá thành cao, hơn nữa nó đòi hỏi phải có bộ nguồn một chiều, do đó trong những trường hợp không có yêu cầu cao về điều chỉnh, người ta thường chọn động cơ KĐB để thay thế.

- ***Truyền động điện không đồng bộ***: Dùng động cơ điện xoay chiều không đồng bộ. Động cơ KĐB ba pha có ưu điểm là có kết cấu đơn giản, dễ chế tạo, vận hành an toàn, sử dụng nguồn cấp trực tiếp từ lưới điện xoay chiều ba pha. Tuy nhiên, trước đây các hệ truyền động động cơ KĐB lại chiếm tỷ lệ rất nhỏ do việc điều chỉnh tốc độ động cơ KĐB có khó khăn hơn động cơ điện một chiều.

Trong những năm gần đây, do sự phát triển mạnh mẽ của công nghiệp chế tạo các thiết bị bán dẫn công suất và kỹ thuật điện tử tin học, truyền động không đồng bộ phát triển mạnh mẽ và được khai thác các ưu điểm của mình, đặc biệt là các hệ có điều khiển tần số. Những hệ này đã đạt được chất lượng điều chỉnh cao, tương đương với hệ truyền động một chiều.

- ***Truyền động điện đồng bộ***: Dùng động cơ điện xoay chiều đồng bộ ba pha. Động cơ điện đồng bộ ba pha trước đây thường dùng cho loại truyền động không điều chỉnh tốc độ, công suất lớn hàng trăm KW đến hàng MW.

Ngày nay do sự phát triển mạnh mẽ của công nghiệp điện tử, động cơ đồng bộ được nghiên cứu ứng dụng nhiều trong công nghiệp, ở mọi loại giải công suất từ vài trăm W đến hàng MW.

b) Theo tính năng điều chỉnh:

- ***Truyền động không điều chỉnh***: Động cơ chỉ quay máy sản xuất với một tốc độ nhất định.

- ***Truyền có điều chỉnh***: Trong loại này, tuỳ thuộc yêu cầu công nghệ mà ta có truyền động điều chỉnh tốc độ, truyền động điều chỉnh mômen, lực kéo và truyền động điều chỉnh vị trí.

c) Theo thiết bị biến đổi:

- ***Hệ máy phát - động cơ (F-Đ)***: Động cơ điện một chiều được cấp điện từ một máy phát điện một chiều (bộ biến đổi máy điện).

Thuộc hệ này có hệ máy điện khuếch đại - động cơ (MĐKĐ - Đ), đó là hệ có BBĐ là máy điện khuếch đại từ trường ngang.

- **Hệ chỉnh lưu - động cơ (CL-Đ)**: Động cơ một chiều được cấp điện từ một bộ chỉnh lưu (BCL). Chỉnh lưu có thể không điều khiển (Điôt) hay có điều khiển (Thyristor)...

d) Một số cách phân loại khác:

Ngoài các cách phân loại trên, còn có một số cách phân loại khác như truyền động đảo chiều và không đảo chiều, truyền động đơn (nếu dùng một động cơ) và truyền động nhiều động cơ (nếu dùng nhiều động cơ để phối hợp truyền động cho một cơ cấu công tác), truyền động quay và truyền động thẳng,...

2. Đặc tính cơ của truyền động điện

2.1. Đặc tính cơ của động cơ điện

Đặc tính cơ của động cơ điện là quan hệ giữa tốc độ quay và mômen của động cơ: $\omega = f(M)$

Đặc tính cơ của động cơ điện chia ra đặc tính cơ tự nhiên và đặc tính cơ nhân tạo. Dạng đặc tính cơ của mỗi loại động cơ khác nhau thì khác nhau và sẽ được phân tích trong chương 2.

Đặc tính cơ tự nhiên: Đó là quan hệ ω = f(M) của động cơ điện khi các thông số như điện áp, dòng điện... của động cơ là định mức theo thông số đã được thiết kế chế tạo và mạch điện của động cơ không nối thêm điện trở, điện kháng...

Đặc tính cơ nhân tạo: Đó là quan hệ ω = f(M) của động cơ điện khi các thông số điện không đúng định mức hoặc khi mạch điện có nối thêm điện trở, điện kháng... hoặc có sự thay đổi mạch nối.

Ngoài đặc tính cơ, đối với động cơ điện một chiều người ta còn sử dụng đặc tính cơ điện. Đặc tính cơ điện biểu diễn quan hệ giữa tốc độ và dòng điện trong mạch động cơ: ω = f(I) hay n = f(I).

Trong hệ TĐĐ bao giờ cũng có quá trình biến đổi năng lượng điện - cơ. Chính quá trình biến đổi này quyết định trạng thái làm việc của động cơ điện. Người ta định nghĩa như sau: Dòng công suất điện Pđiện có giá trị dương nếu như nó có chiều truyền từ nguồn đến động cơ và từ động cơ biến đổi công suất điện thành công suất cơ $P_{cơ}$ = M.ω cấp cho máy (sau khi đã có tổn thất ΔP).

Công suất cơ $P_{cơ}$ có giá trị dương nếu mômen động cơ sinh ra cùng chiều với tốc độ quay, có giá trị âm khi nó truyền từ máy sản xuất về động cơ và mômen động cơ sinh ra ngược chiều tố độ quay.

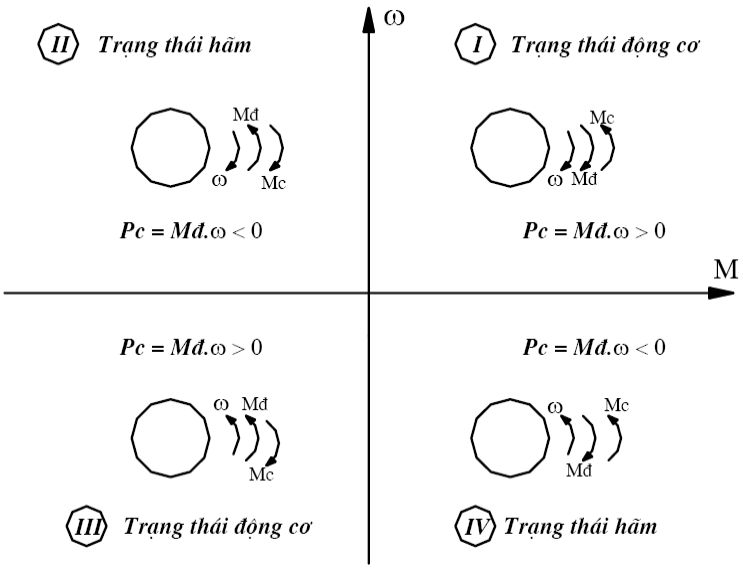
Công suất điện $P_{điện}$ có giá trị âm nếu nó có chiều từ động cơ về nguồn.

Tuỳ thuộc vào biến đổi năng lượng trong hệ mà ta có trạng thái làm việc của động cơ gồm:

Trạng thái động cơ và trạng thái hãm. Trạng thái hãm và trạng thái động cơ được phân bố trên đặc tính cơ ω(M) ở 4 góc phần tư như sau:

- Góc phần tư I, III: Trạng thái động cơ.

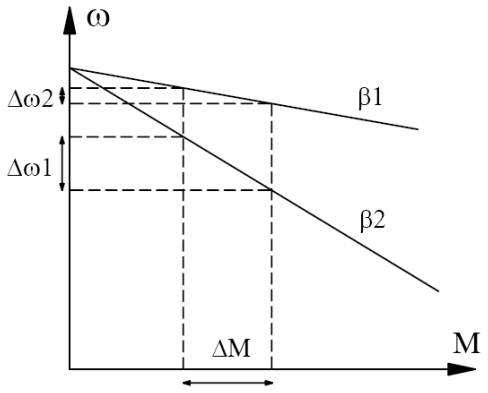
- Góc phần tư II, IV: Trạng thái hãm.



Hình 2.2. Các trạng thái làm việc của động cơ điện.

2.2. Độ cứng của đặc tính cơ

Để đánh giá và so sánh các đặc tính cơ, người ta đưa ra khái niệm độ cứng đặc tính cơ β và được tính: $\beta = \dfrac{\Delta\omega}{\Delta M}$



Hình 2.3. Độ cứng của đặc tính cơ

Nếu |β| bé thì đặc tính cơ là mềm (|β| < 10).

Nếu |β| lớn thì đặc tính cơ là cứng (|β| = 10 ÷ 100).

Khi |β| = ∞ thì đặc tính cơ là nằm ngang và tuyệt đối cứng.

Đặc tính cơ có độ cứng β càng lớn thì tốc độ càng ít bị thay đổi khi mômen thay đổi. ở trên hình vẽ, đường đặc tính cơ 1 cứng hơn đường đặc tính cơ 2 nên với cùng một biến động ΔM thì đặc tính cơ 1 có độ thay đổi tốc độ $\Delta\omega_1$ nhỏ hơn độ thay đổi tốc độ $\Delta\omega_2$ cho bởi đặc tính cơ 2.

CHƯƠNG 3: NHỮNGTÍNH CHẤT VÀ YÊU CẦU CỦA CÁC LOẠI ĐỘNG CƠ SỬ DỤNG TRONG CÔNG NGHIỆP

1.Kích thước và hiệu suất của một động cơ cảm ứng và động cơ đồng bộ nam châm vĩnh(PMSM) cửu trong ổ SERVO

1.1.Kích thước của một PMSM hiệu suất cao

Nam châm vĩnh cửu của động cơ đồng bộ có thể có một mô-men thấp, thường dưới 2 pu. Điều này là do PMSMs công nghiệp đã chôn nam châm trong rotor, và chôn nam châm thường dẫn đến trục cảm cao hơn . Các nam châm chôn cũng được bảo vệ tốt điện phân bằng từ tính, hóa học, và một cách máy móc. Việc bảo vệ trong suốt có thể ngắn mạch là tốt, như sắt xung quanh dẫn dòng để vượt qua các nam châm, do đó cường độ từ trường không được vượt quá giá trị khử từ. Với một thiết kế đầy đủ các gợn mô-men của máy cũng được giảm thiểu. Quá trình xây dựng bề mặt nam châm cũng được sử dụng đặc biệt là ở tốc độ máy PM công nghiệp thấp, do tốc độ rotor ngoại vi thấp. Hạn chế trong một cấu trúc nam châm bề mặt là nam châm cong được yêu cầu phải có được một khe hở không khí trơn tru. Với nam châm bề mặt, phản ứng phần ứng là nhỏ với động cơ công nghiệp, tuy nhiên đây là trường hợp hiếm khi gặp. Bởi vì giá trị tương đối cao của các nam châm mà thường dẫn đến nam châm mỏng. Với nam châm bề mặt gắn trên rotor, việc tiêu thụ vật liệu PM là ít hơn so với nam châm nhúng; trước hết, bởi vì thông lượng rò rỉ của nam châm là thấp vì không có đường sắt từ bao vây ở các cạnh của nam châm. Và thứ hai, giảm vuông góc cảm từ hóa làm giảm phản ứng phần ứng, dẫn đến một góc cực giảm và mô-men tăng lên. Vấn đề với nam châm bề mặt là trong môi trường khó khăn, lớp IP của động cơ nên được cao, cho các hạt nhỏ sắt từ (ví dụ bụi sắt) và độ ẩm không thể vào rotor. Khi NdFeB được tiếp xúc với hydro (nước), hiện tượng gọi là sự ăn mòn trắng xảy ra, và vật liệu PM đổi sang bột

trắng và thua thuộc tính của nó. Khi độ dày của nam châm giảm, lực lượng magneto-động cơ (mmf) của nam châm Θ PM giảm còn

$$\Theta_{\mathrm{PM}} = H_{\mathrm{c}} l_{\mathrm{PM}}$$

Ở đây Hc là nam châm cưỡng chế cường độ từ trường và l PM là độ dày nam châm. Thông thường, độ dày của nam châm là lớn so với chiều dài của khe hở không khí vật lý, và do đó tổng số đường từ thông là chủ yếu gây ra bởi các nam châm. Từ thông khe hở không khí Φ δ tạo ra bởi các nam châm có thể được diễn tả như sau

$$\Phi_{\delta} = \frac{\Theta_{\mathrm{PM}}}{R_{\mathrm{PM}} + R_{\delta} + R_{\mathrm{Fe}}} = \frac{H_{\mathrm{c}} l_{\mathrm{PM}}}{\dfrac{l_{\mathrm{PM}}}{\mu_{\mathrm{r,PM}} \mu_0 L' w_{\mathrm{PM}}} + R_{\delta} + R_{\mathrm{Fe}}}$$

Ở đây RPM là sự miễn cưỡng của nam châm, Rδ sự miễn cưỡng khe hở không khí, RFe là sự miễn cưỡng sắt, μr,PM là nam châm thấm tương đối, μ 0 là tính thấm chân không, và w PM chiều rộng nam châm. Khe hở không khí miễn cưỡng giữa nam châm và stato có thể được tính từ

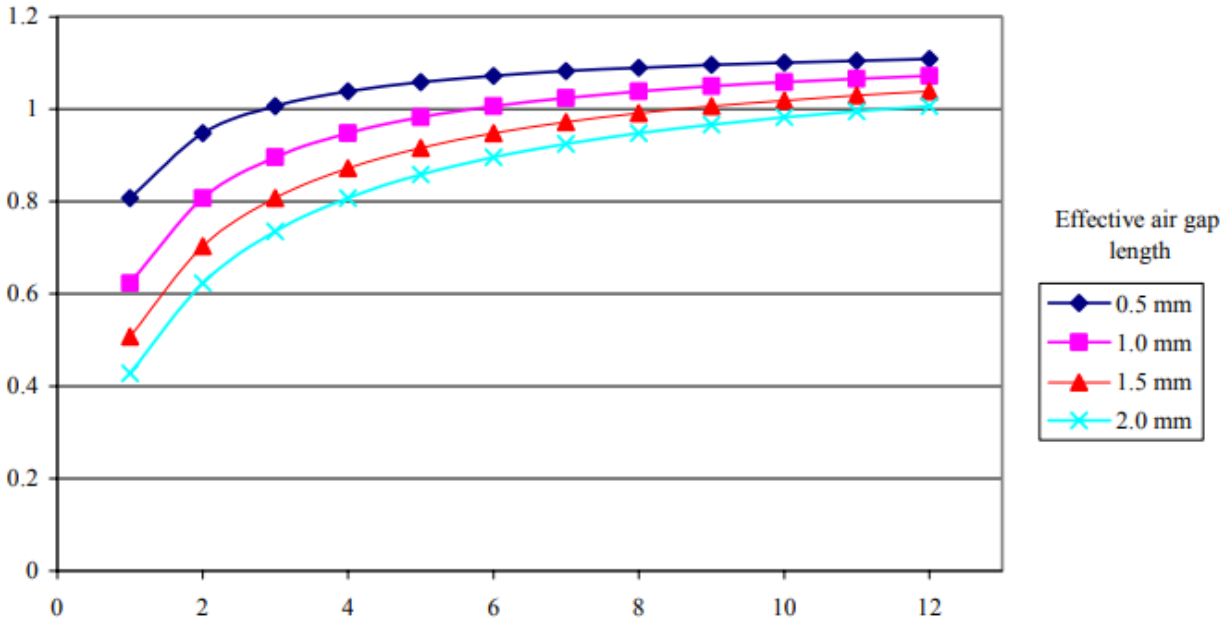
$$R_{\delta} = \frac{\delta_{\mathrm{eff}}}{\mu_0 L \tau_{\mathrm{p}}}$$

Ở đây δeff là chiều dài khe hở không khí hiệu quả (không bao gồm các nam châm) và τ p là cực-pitch. Sự miễn cưỡng khe hở không khí giữa stator và các nam châm trong trường hợp này là hơi cao hơn so với giá trị nhất định bởi phương trình trên. Sự miễn cưỡng của R FE thường là rất nhỏ so với khoảng cách không khí hoặc các nam châm, trừ khi đường từ thong bão hòa. Như sự

miễn cưỡng của các nam châm giảm theo độ dày, khoảng cách không khí thấp và do đó mật độ từ thông khe hở không khí sẽ chỉ hơi giảm, bởi vì con đường sắt từ và khe hở không khí vẫn còn khoảng không đổi. Tuy nhiên, sau đó mật độ thông lượng biến mất nếu độ dày của nam châm được giảm thêm. Mật độ thông lượng khe hở không khí B δ có thể được tính

$$B_{\delta} = \frac{\Phi_{\delta}}{\alpha L \tau_{p}}$$

Ở đây hệ số α là trung bình cộng của sự phân bố mật độ thông lượng trong một khu vực cực và L ngăn xếp chiều dài. Hình 3.1 cho thấy cách mật độ từ thông khe hở không khí của ABB PMSM servo như một hàm của độ dày nam châm tại bốn chiều dài khe hở không khí hiệu quả khác nhau, dựa trên các phương trình phân tích trình bày ở trên. Chiều dài khe hở không khí vật lý của động cơ là 0,5 mm, và độ dày của băng sợi thủy tinh là khoảng 0,3 mm. Khe hở không khí hiệu quả trừ độ dày nam châm như vậy có thể được ước tính là gần 1,0 mm. Khe hở không khí miễn cưỡng sử dụng trong hình 3.1 đã được tính toán bằng cách sử dụng phương trình trên, và do đó các giá trị mật độ thông lượng có thể thấp hơn một chút trong thực tế



Độ dày của nam châm [mm]

Ảnh hưởng của độ dày nam châm trên mật độ từ thông khe hở không khí ở độ dài khe hở không khí hiệu quả khác nhau (không bao gồm độ dày nam châm). Các PMSM được sử dụng trong nghiên cứu này có nam châm dày 8 mm. Ảnh hưởng của độ dày nam châm là tương đối nhỏ về mật độ thông lượng, với các giá trị nhỏ nhất của độ dày nam châm. Các giá trị được phân tích tính toán với các phương trình trình bày ở trên.

Theo mô phỏng với FEM, sóng cơ bản mật độ khoảng cách không khí từ thông PMSM là xấp xỉ 0.99T.Tuy nhiên, do mật độ thông lượng hài hòa, và cũng vì vật liệu PM được sử dụng trong động cơ là không rõ, cường độ từ trường cưỡng chế có thể hơi ít. Về cơ bản, độ dày của nam châm có thể được giảm từ 8 mm xuống xấp xỉ 4 mm, mà không làm giảm đáng kể mật độ từ thông khe hở không khí của động cơ. Ví dụ, cắt độ dày của nam châm từ 10 mm đến 5 mm giảm mật độ từ thông khe hở không khí chỉ bằng 0,1 T. Để bù đắp điều

này một stato cao hơn 10% hiện nay là cần thiết để tạo ra mô-men tương tự. Điều này giải thích lý do tại sao động cơ công nghiệp thường có một số vật liệu từ tính trong rotor. Năng lực sản xuất mô-men tương đương có thể thu được bằng cách tăng nhẹ số tiền đồng và đánh giá hiện tại của máy. Như một hệ quả của số lượng nguyên liệu PM sẽ giảm nhẹ

$$E_{\mathrm{PM}} = \frac{\xi_1 N \omega_s \Phi_\delta}{\sqrt{2}}$$

Ở đây ξ 1 là yếu tố uốn lượn cơ bản, N số lượt và ωS các điện tần số góc. Mặc dù mật độ từ thông khe hở không khí chỉ bị ảnh hưởng nhẹ, giảm độ dày nam châm có tác dụng đáng kể trực tiếp trên trục cảm magnetizing Lmd

$$L_{\mathrm{md}} = \frac{m}{2}\frac{4}{\pi}\alpha\mu_0 \frac{1}{2p}\frac{\tau_{\mathrm{p}}}{(\delta_{\mathrm{eff}} + l_{\mathrm{PM}})} L'(\xi_1 N)^2$$

Ở đây m là số giai đoạn, α là trung bình cộng của sự phân bố mật độ thông lượng trong một khu vực cực, τ p cực- pitch, δ eff chiều dài khe hở không khí hiệu quả (không bao gồm các nam châm), L' là ngăn xếp chiều dài điện từ, ξ1 là yếu tố uốn lượn cơ bản, và N là số lượng hàng loạt kết nối dây. Các cuộn cảm như vậy, hoạt động theo một cách tương tự như mật độ từ thông khe hở không khí là một hàm của độ dày nam châm .Khoảng cách không khí hiệu quả δ eff phương trình trên bao gồm sự gia tăng chiều dài khe hở không khí do độ bão hòa của sắt. Hiệu quả của các khoảng cách có thể được đưa vào tính toán bằng cách nhân khe hở không khí vật lý δ với hệ số của CarterkC

$$\delta' = k_C \delta$$

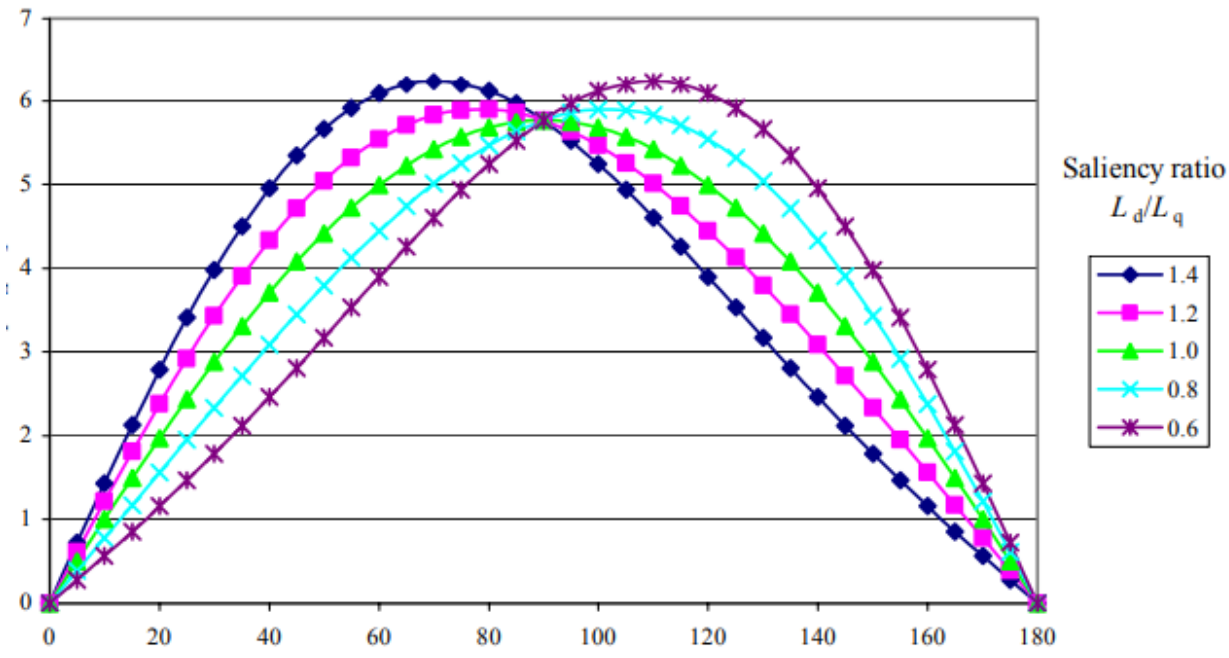
Ở đây δ' là chiều dài khe hở không khí trung bình. khe hở không khí là tiếp tục tăng điện từ do sự bão hòa của sắt, và khoảng cách không khí hiệu quả δ eff bao gồm cả những hiện tượng này. Mômen điện từ của động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu có thể được thể hiện như sau

$$T_{em} = \frac{m}{2\pi n_s}\left[\frac{E_{PM}U_s}{\omega_s L_d}\sin(\delta_a) + \frac{U_s^2}{2}\left(\frac{1}{\omega L_q} - \frac{1}{\omega L_d}\right)\sin(2\delta_a)\right]$$

Ở đây nS là tốc độ đồng bộ, Lq là trục đồng bộ điện cảm, Ld là trục một, và δ là góc tải đo giữa E PM và U S. Các trực trục cảm đồng bộ L d là một tổng hợp của các trục cảm từ hóa và một cảm từ rò rỉ stator

$$L_d = L_{md} + L_{s\sigma}$$

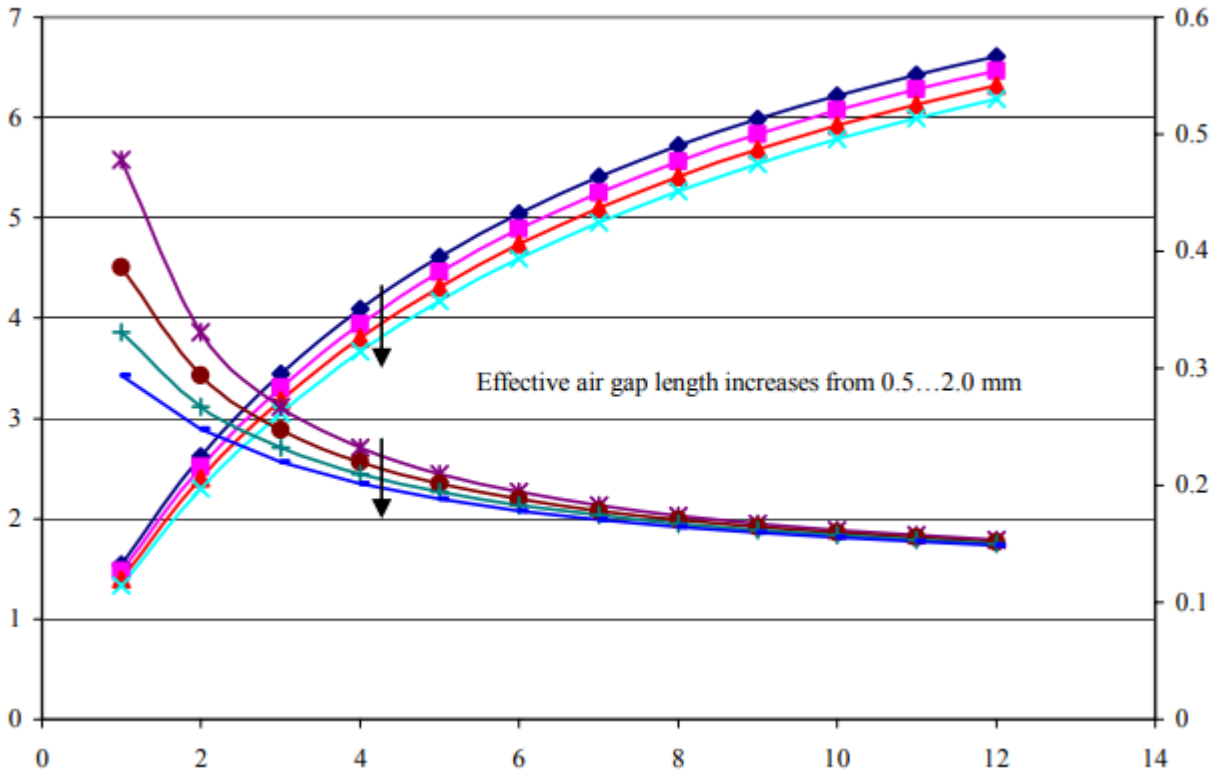
Phần thứ nhất trong phương trình trên là mô-men cơ bản, và phần thứ hai đại diện cho mô-men miễn cưỡng do PMSMs, có nghĩa là điện cảm trong q-hướng cao hơn so với d-hướng. Kết quả là, góc tải trong tăng và cũng là mô-men kéo ra thu được ở một góc độ sức mạnh lớn hơn 90 °. Ảnh hưởng của tỷ lệ saliency để sản xuất mô-men của động cơ được thể hiện trong hình 3.2 cho PMSM được sử dụng trong nghiên cứu này.



Hình 3.2 là một PMSM với L d = 0.16 pu, E PM = 0,91 pu, và U s = 1.0 pu như một hàm của góc tải ở các tỷ lệ khác nhau. Theo thang đo thực hiện tại LUT, các L d / L q -ratio cho kết quả thường là 0,8-0,9.

Khi độ dày của nam châm giảm, trong khi trực tiếp trục điện cảm tăng .Điều này làm cho khả năng sản xuất mô-men của PMSM giảm, có nghĩa là mô-men kéo ra giảm đi, và mômen định mức thu được ở một góc độ tải cao hơn. Một góc tải cao hơn làm giảm độ cứng mô-men của động cơ, mà trong thực tế có nghĩa là sự ổn định giảm. Trong một số PMSM, có một lồng thép tương tự như máy lồng sóc trong rotor để một cách máy móc tăng cường rotor, nhưng nó cũng đóng vai trò như van điều tiết, và do đó có thể cải thiện phản ứng năng động của máy trong quá trình quá độ (nó cũng cho phép trực tiếp kết nối của một động cơ như vậy nếu cần thiết). Trong hình 3.3, các miếng kéo ra (L d =

L q) và d- trục cuộn cảm đồng bộ (3.7) được vẽ như một hàm của độ dày nam châm trong bốn khe hở không khí tính toán phân tích khác nhau.



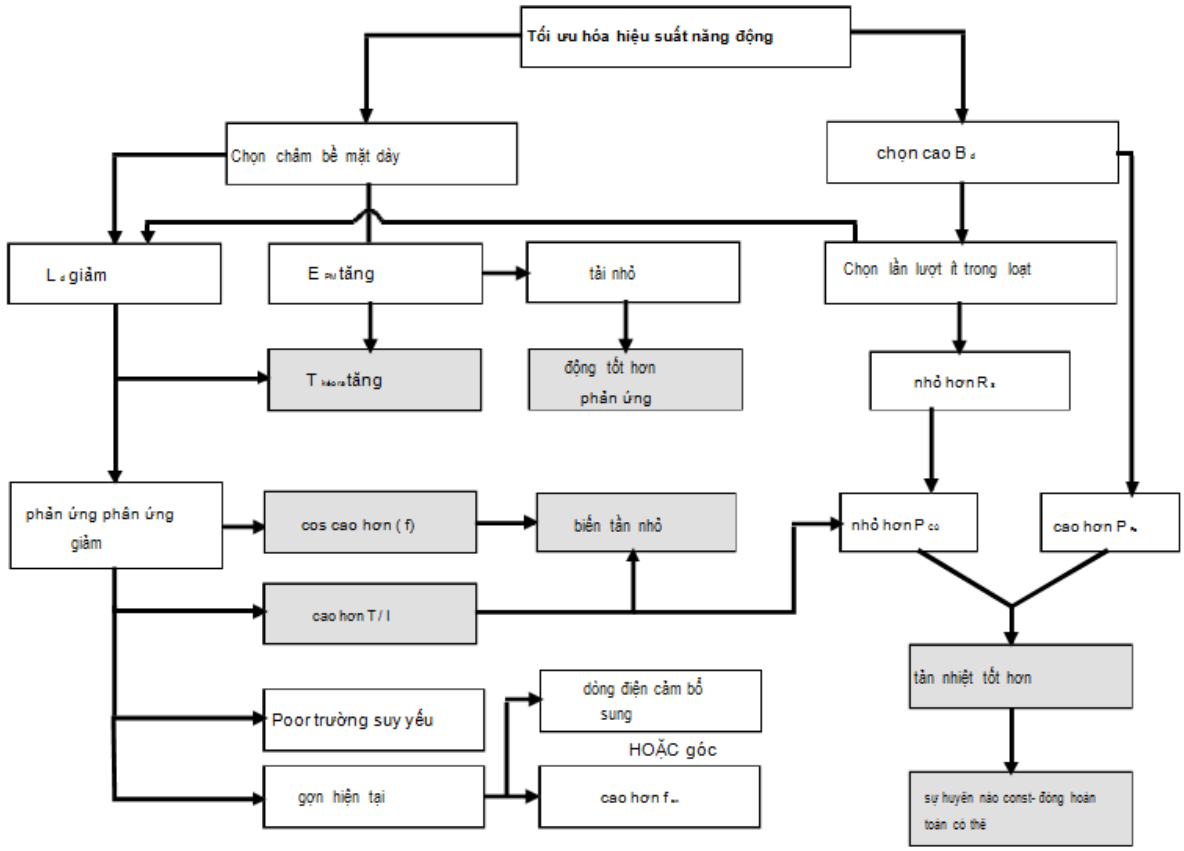
Độ dày của nam châm [mm]

Hình 3.3 Pull-out (tăng đều đều với độ dày nam châm) và cuộn cảm d-trục (giảm đều đều với độ dày nam châm) là mộhàm của độ dày châm PMSM được sử dụng trong nghiên cứu này, tại bốn kích thước khe hở không khí khác nhau (U N và N được giả định là hằng số).Nó phải được lưu ý rằng các giá trị thấp của cuộn cảm cho mỗi đơn vị trong hình 3.3 cũng đến một mức độ lớn, gây ra bởi điện áp và xếp hạng hiện tại của động cơ. Do mật độ từ thông khe hở không khí cao, một số ít các cuộn dây stato là cần thiết. Giá trị cảm ứng được định nghĩa là

$$L_{\text{base}} = \frac{U_{\text{N}}}{\sqrt{2}\omega_{\text{s}} I_{\text{N}}}$$

Khi stator điện áp của một máy tính với một mật độ không khí cao, khoảng cách thông lượng cao, cơ sở giá trị trở nên cao, kết quả là như vậy, trong thấp trực tiếp trục cảm giá trị mỗi đơn vị. Bằng cách sử dụng nam châm đất hiếm trên bề mặt rotor, một khoảng cách không khí mật độ cao tuôn ra, cuộn cảm thấp, và hậu quả là một mô-men cao có thể thu được. Khi độ dày của nam châm tăng lên, trục cảm trực tiếp đồng bộ nhanh chóng bị giảm, tiếp cận tiệm cận giá trị của điện cảm stator bị rò rỉ. Một giá trị thấp L d sẽ cung cấp một mô-men kéo ra cao, thêm vào một giá trị thấp của góc tải , cả hai là yêu cầu cơ bản cho một hiệu suất cao, năng động. Khi độ dày của nam châm được tăng lên, ảnh hưởng của giới hạn rò rỉ trở nên chiếm ưu thế hơn như giảm cảm từ hóa.. Với máy châm nhúng, độ rò rỉ có thể thường từ 10-20% giá trị của một cảm từ đồng bộ, trong khi với PMSM được sử dụng trong nghiên cứu này, tỷ lệ này là xấp xỉ 65%.Bằng cách tăng chiều dài của khe hở không khí, và không phải là nam châm, điện cảm d trục có thể được giảm, nhưng rõ ràng khả năng sản xuất mô-men sẽ xấu đi, khi ngày càng nhiều mmf trong khe hở không khí.

Các sơ đồ trong hình 3.4 tóm tắt các tác động khác nhau khi tối ưu hóa hiệu suất năng động của một PMSM



Hình 3.4. tương tác khác nhau trong quá trình tối ưu của một động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu.

1.2. Động cơ sử dụng trong nghiên cứu

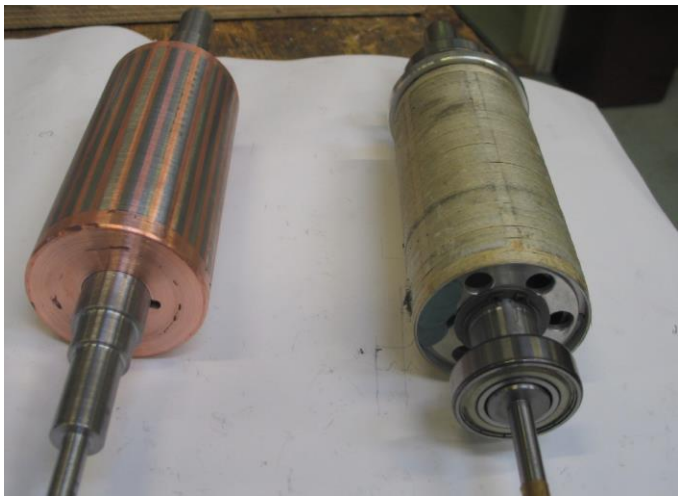
Động cơ ban đầu được sử dụng trong nghiên cứu này là của ABB 8C-series sáu cực PMSM (DSM-2-24-20k.9b-130), trong đó có bề mặt nam châm trên roto, gắn liền với một sợi thuỷ tinh xung quanh. Các nam châm được làm hơi vát trên các cạnh để cung cấp một mật độ từ thông khe hở không khí ít hơn, để có được một mô-men thấp. Có lỗ trục lớn trong rotor để giảm quán tính và cũng để tăng cường làm mát của rotor.

$$\delta = \sqrt{\frac{2}{\omega\mu\sigma}}$$

Ở đây ω là tần số góc, μlà khả năng thấm và σ là tính dẫn điện của vật liệu. Độ sâu là ví dụ với nam châm NdFeB cao như 20 mm ở tần số 1000 Hz, vì độ thấm thấp (μ r ≈ 1,05-1,2) và điện trở suất khá thấp (ρ ≈ 1,5 μΩm). Điều này làm cho các thành phần dòng điều hòa để xâm nhập qua các nam châm ở lõi rotor.

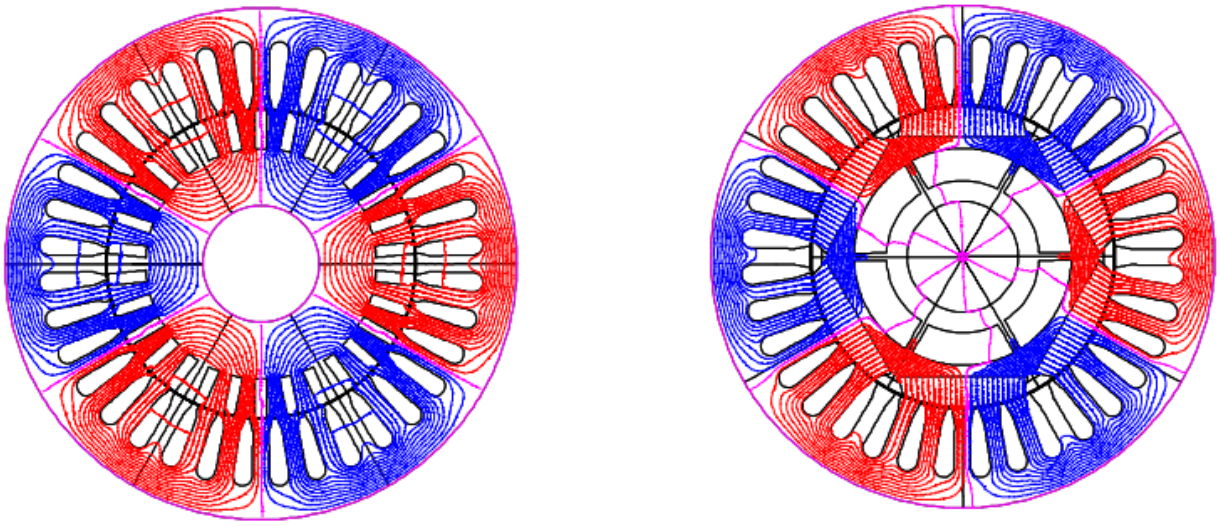
Do đó, lõi rotor lớn có thể làm tăng hiệu quả truyền nhiệt từ các cánh quạt tiếp tục đến môi trường xung quanh.

Là một trong những mục tiêu chính của luận án này là nghiên cứu sự phù hợp của một động cơ cảm ứng trong các ứng dụng servo, động cơ nguyên mẫu được thiết kế, xây dựng, và được sử dụng để nghiên cứu các hiện tượng liên quan ví dụ để bão hòa từ, truyền nhiệt, và kiểm soát thông lượng, vv của một động cơ thực sự. Hình 3.5 cho thấy một rotor gốc, và mới được thiết kế cánh quạt đồng.



Hình 3.5. Cánh quạt của hai loại động cơ được sử dụng trong nghiên cứu này

Ở bên trái, đó là thiết kế mới rotor đồng lồng, và bên phải là rotor gốc. Rotor gốc được bao quanh bởi một dải sợi thủy tinh để cung cấp đủ độ bền cơ học lớn

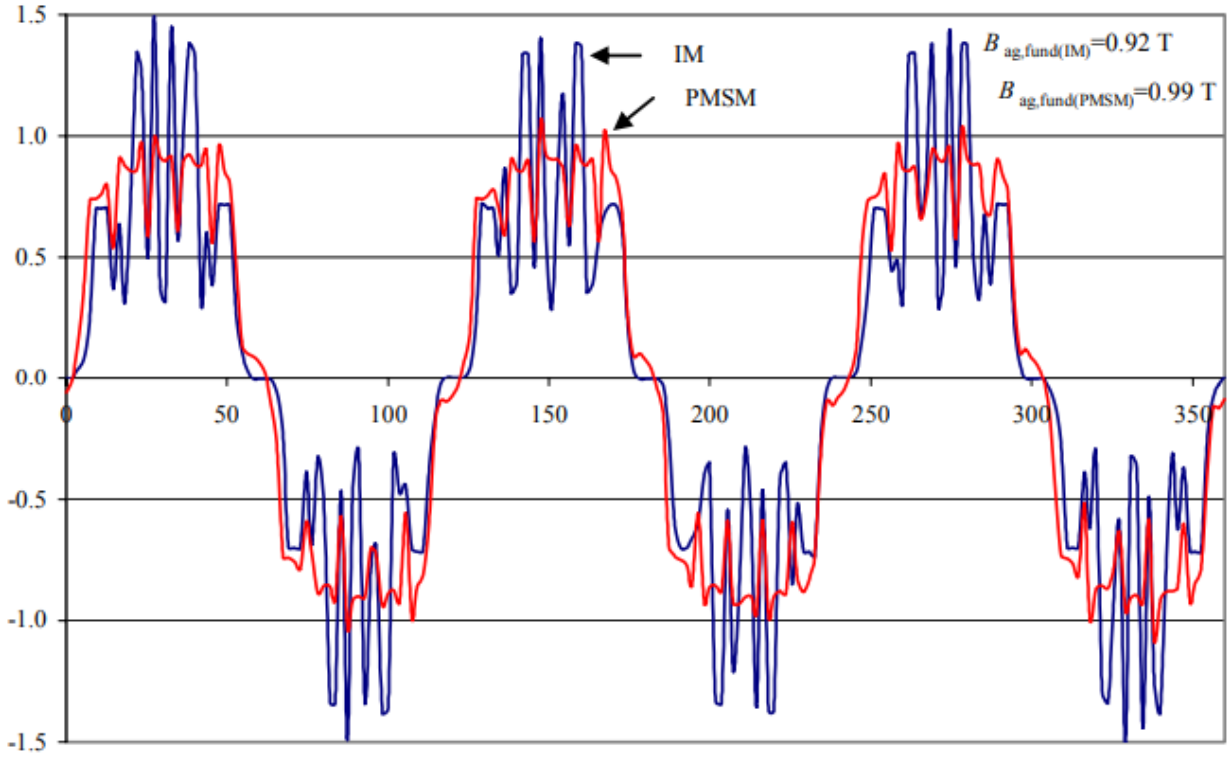


a) b)

Hình 3.6. hình học mặt cắt ngang và phân phối từ trường tại các điểm của hai động cơ đánh giá. a) Động cơ cảm ứng và b) nam châm động cơ đồng bộ vĩnh viễn. Dưới ách PMSM có những phân đoạn dày của không khí, và dưới đó có một lần nữa là một chiếc vòng bằng thép điện giữa không khí và trục

Hình 3.6 minh họa độ dày thực tế của các nam châm so với kích thước vật lý của động cơ. Độ dày của nam châm là xấp xỉ 8 mm, cao hơn so với trường hợp của một động cơ công nghiệp có kích thước bằng nhau. Ngoài ra có thể thấy rằng quán tính rotor là xa với PMSM vì các lỗ lớn trong lõi. Khả năng duy nhất để giảm quán tính của rotor lồng sẽ được loại bỏ một số thép gần trục, trong đó sẽ chỉ có một tác động nhẹ vào quán tính. Mật độ của các nam châm NdFeB ($\rho \approx 7400$ kg / m 3) là thấp hơn 5% so với mật độ thép ($\rho \approx 7800$ kg / m 3), trong khi mật độ đồng ($\rho \approx 8960$ kg / m 3) cao hơn 15% với thanh nhôm trong

rotor. Hình 3.7 cho thấy sự chênh lệch khí phân bố mật độ thông lượng cho hai động cơ này trên 360 ° độ cơ khí.



Hình 3.7. Khe hở không khí phân bố mật độ thông lượng cho hai động cơ

Mật độ thông lượng khe hở không khí cơ bản là xấp xỉ 1T cho PMSM và 0,92T cho IM. Giá trị thấp hơn đối với các động cơ cảm ứng chủ yếu là do nội dung hài hòa cao hơn do khe cắm mở hoàn toàn của rotor lồng. Vì nó có thể được nhìn thấy trong hình 3.7, mật độ thông lượng cho các máy là gần 1 T, có nghĩa là phần sắt từ của động cơ đang hoạt động trong bão hòa. Mặc dù nhu cầu tăng lên đối với các mmf do sự bão hòa có thể được sản xuất với PMSM bằng cách thêm PM nhiều hơn, nhưng nó phải được cung cấp từ các nguồn cung cấp với động cơ cảm ứng.Điều này sẽ dẫn đến một phản ứng mô-men

hoặc mật độ mô-men thấp hơn. Với thông lượng toàn áp dụng cho IM, stato hiện đã tăng gần gấp đôi so với hiện tại của PMSM tại mômen định mức, và do đó hệ số công suất vẫn dưới 0,5. Bảng 3.2 cho thấy các đặc tính của hai động cơ.

Bảng 3.1. giá trị đánh giá và các thông số động cơ của hai động cơ.

	Đơn vị	**PMSM**	**IM**		
			Mức độ thông lượng	**Thông lương tối ưu**	**Tỉ lệ nhiệt**
Số cặp cực		3	3	3	3
Mômen định mức	[Nm]	15	15	15	6.5
Tần số đồng bộ	[Hz]	125	125	125	125
điện áp stator	[V]	330	330	248	169
Stator hiện tại tải trọng định mức	[A]	8.7	17.8	14.2	8.8
kháng stator (@ T = 20 ° C)	[Ω]	0.53	0.53	0.53	0.53
Stato cảm rò rỉ	[mH]	2.5	2.5	2.5	2.5
cảm magnetizing	[mH]	2.5	16.2	18.2	19.1
Rotor rò rỉ	[mH]	N.A.	1.5	1.5	1.5
mật độ không khí khoảng cách dòng (U_N,f_N)	[T]	0.99	0.92	.70	.51
Hệ số công suất		.95	.45	.73	.72
hiệu suất điện	[%]	92.3	84.3	85.5	87.3
Trượt	[%]	-	1.7	3.0	2.4*
Power	[kW]	3.93	3.86	3.81	1.66
T_{max}/T_N tại dòng	[p.u.]	5.4	4.4	2.5.	2.8*

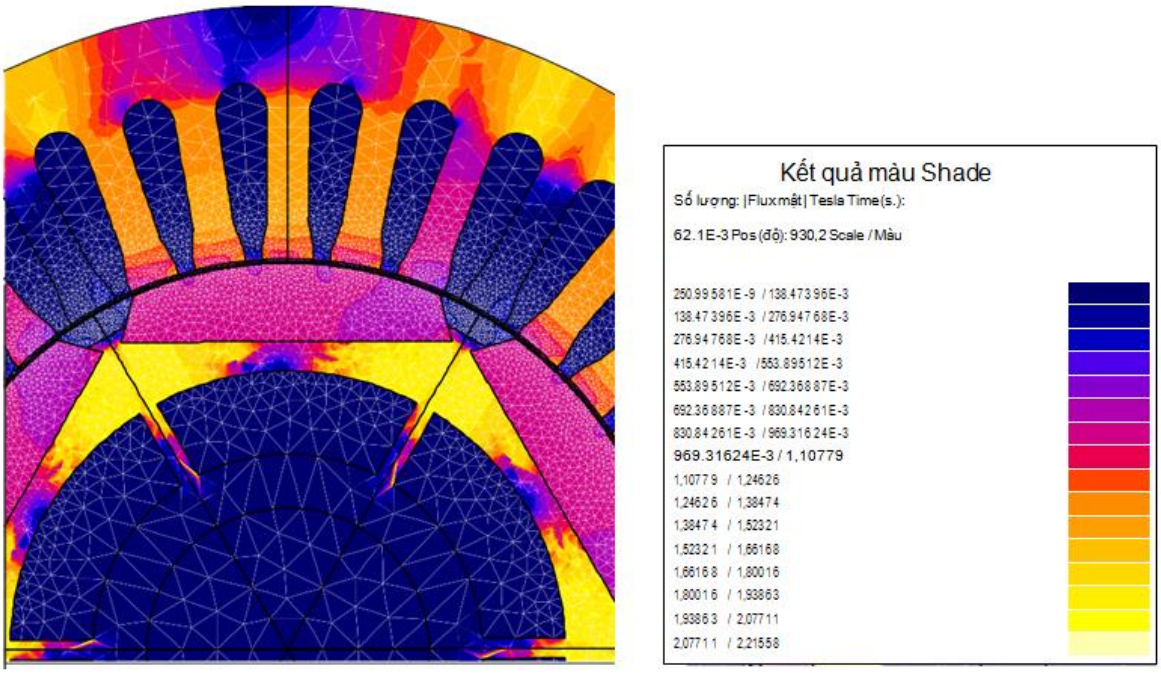
Bảng 3.2 cho thấy cách mô-men động cơ cảm ứng không vượt quá giới hạn nhiệt vì hiệu quả thấp hơn đáng kể, hoặc ngược lại. Ngay cả khi thông lượng của động cơ cảm ứng được tối ưu hóa, dòng điện vẫn còn .Nhưng cũng có những tổn thất đồng trong rotor của động cơ cảm ứng, rõ ràng là tản nhiệt phải được cải thiện với thiết bị làm mát. Trong quá trình đo, không khí nén được sử dụng để làm mát cho IM là đủ và thường xuyên trang bị quạt riêng biệt gắn ở đầu phi ổ đĩa, trong khi PMSM thường được làm mát chỉ bởi sự đối lưu tự nhiên và thường hoàn toàn khép kín. Do đó, một sự khác biệt trong kích thước vật lý giữa một IM và PMSM với sức mạnh tương đương có thể không nhất thiết phải có ý nghĩa.

1.3.Đặc điểm và sự phù hợp của một động cơ cảm ứng và một động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu cho các ứng dụng servo

Trong các ứng dụng servo, tốc độ và mô-men dao động lớn của động cơ được yêu cầu gần như bằng không, tốc độ được tính tại thời điểm cuối của giai đoạn giảm tốc, khi động cơ đang đi đến vị trí mong muốn. Trong một chuỗi định vị trong giai đoạn tốc độ không đổi, tốc độ nên càng cao càng tốt liên quan đến các điều kiện biên cơ khí với để giảm thiểu thời gian chu kỳ. Tùy thuộc vào ứng dụng, việc sử dụng các khả năng suy yếu lĩnh vực động cơ cũng có thể được yêu cầu. Vì lẽ đó, chỉ một phần nhỏ của mômen định mức được yêu cầu trong thời gian tốc độ chạy liên tục thường chỉ để khắc phục ma sát hệ thống. Và trong thời gian tăng tốc và các giai đoạn giảm tốc, một mô-men quá tải cao được áp dụng. Do việc triển khai khác nhau của từ hóa của hai loại động cơ, các đặc điểm mô-men tốc độ khác nhau đáng chú ý lẫn nhau. Do các nam châm mặt trong PMSM, kết quả khả năng quá tải cao, và khả năng sản xuất mô-men xoắn của động cơ phụ thuộc vào tốc độ và mức độ tải trọng, trong khi nhược điểm là phạm vi lĩnh vực suy yếu vô cùng hạn chế. Bằng cách tối ưu các

thủ tục thiết kế của một động cơ cảm ứng. Một nhược điểm của một IM là hành vi rất phi tuyến tính của năng lực sản xuất mô-men là một hàm của mức tải,trong khi nhược điểm là phạm vi lĩnh vực suy yếu vô cùng hạn chế.

Khi một hiệu suất cao, năng động là cần thiết, nó là thực tế để sử dụng như mật độ cao thì thông lượng khe hở không khí càng tốt. Mức độ chênh lệch mật độ thông lượng không khí cao sẽ làm giảm góc tải với PMSM, và giảm trượt với IM. Điều này sẽ cải thiện phản ứng năng động và sự ổn định của động cơ trong quá trình quá độ tải nhanh. Đối với động cơ cảm ứng, một phiếu thấp cũng làm giảm những tổn thất rotor. Hạn chế trong việc sử dụng mật độ thông lượng cao là tính thấm của vật liệu sắt từ là phi tuyến tính tỉ lệ nghịch với mật độ thông lượng. Điều này có nghĩa rằng cảm từ hóa sẽ bắt đầu giảm do bão hòa, nếu mật độ thông lượng được tăng lên. Trong một máy cảm ứng, một cảm từ hóa lớn là một lợi ích. Với PMSMs, một cảm từ hóa nhỏ là có lợi, nó đạt được bằng cách sử dụng nam châm dày năng lượng mật độ cao. Hình 3.8 cho thấy sự phân bố mật độ thông lượng trong một khu vực cực của PMSM; chúng ta có thể thấy rằng mật độ thông lượng trong sắt cao hơn với các máy công nghiệp tiêu chuẩn. Đặc biệt, mật độ rotor thông theo hướng vuông góc xấp xỉ 2.0 T, mà sẽ làm ướt sắt và giảm cảm q trục



Hình 3.8.Phân phối mật độ thông lượng của servomotor ABB 8C PMSM trong một khu vực cực tính với FEM

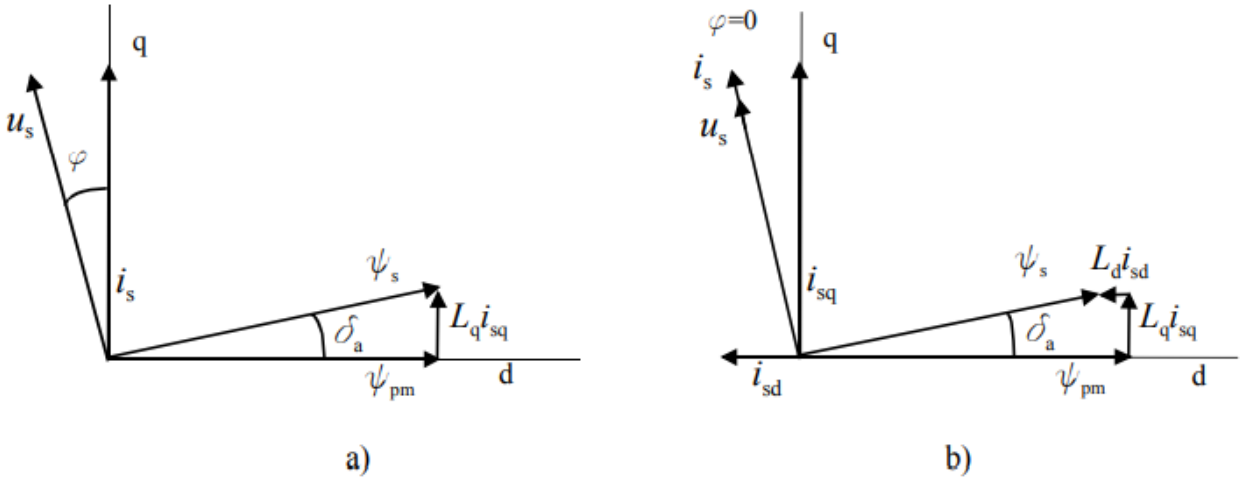
Đường sắt từ của động cơ được kích thước tương để hoạt động trong một mức độ cao của độ bão hòa, được đền bù bằng cách tăng số lượng nam châm vĩnh cửu. Các nam châm được vát trên các cạnh để cung cấp phân phối mật độ từ thông khe hở không khí thấp nhất. Mật độ từ hóa dư thông lượng của nam châm là xấp xỉ 1,1T trong các tính toán.

Hình 3.8 cho thấy các đường sắt từ của động cơ là rất nhiều bão hòa, như mật độ bão hòa dòng với thép silic thông thường dao động trong khoảng 1,6-1,8 T. Riêng sắt lõi rotor trong khu vực vuông góc trục là rất nhiều bão hòa, như mật độ thông lượng là xấp xỉ. 2.0 T. Điều này làm giảm cảm q-trục, và hậu quả là phản ứng phần ứng q trục. Hình 3.8 cho thấy rằng mặc dù các d trục không bị bão hoà, ách rotor theo hướng đó là rất hẹp, và khi thấm tương đối của các nam

châm dày gần thống nhất, điện cảm đồng bộ trong d-hướng trở nên thấp hơn so với các q-hướng. Theo các số đo thực hiện tại LUT, các giá trị điện cảm trong d -direction thường thấp hơn so với các q-hướng 10-20%. Phép đo được thực hiện cho 20:00 séc-thương mại trong dải công suất từ 3-5 kW. Không có một động cơ duy nhất, trong đó cảm d trục sẽ là cao hơn so với một trục q

Đặc điểm hoạt động của động cơ là mottj hàm vủa tải và tốc độ

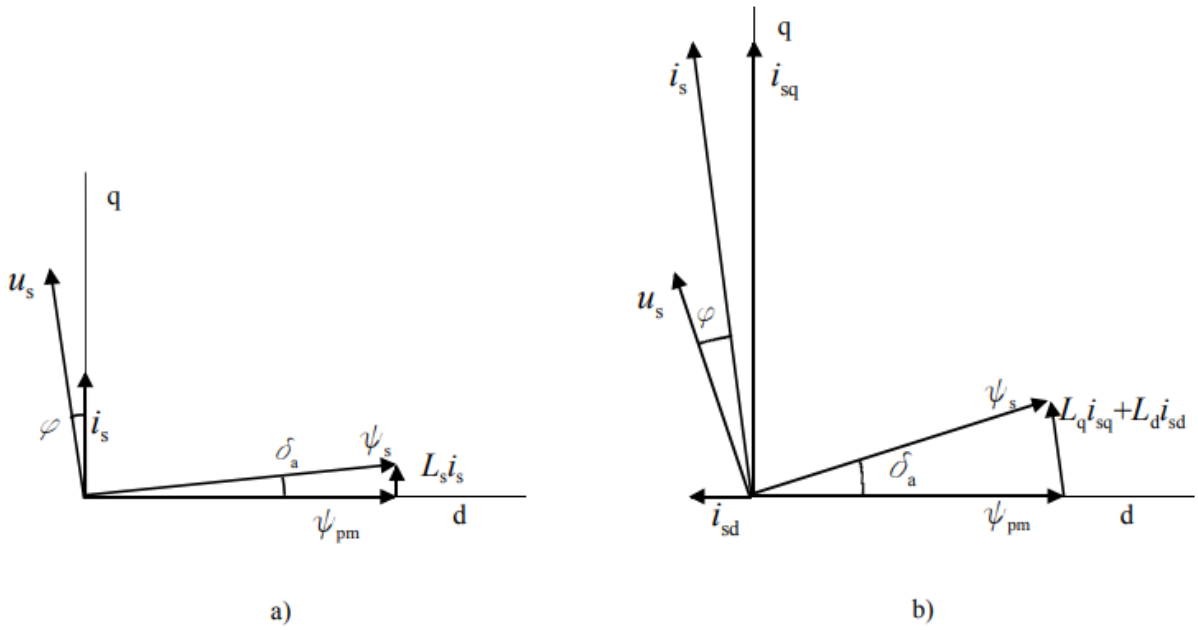
So với các máy cảm ứng, các đặc tính của PMSM phụ thuộc ít hơn vào mức độ tải, và stato hiện tại là một hàm tuyến tính của mô-men. Một động cơ cảm ứng, rất phi tuyến tính do từ hóa từ stator, mà giảm đáng kể các đặc tính của động cơ xấu đi khi mô-men giảm. Về cơ bản các hệ số công suất và tỷ lệ mô-men lớn. Một lợi thế nữa của PMSM là bằng cách kiểm soát (tiêu cực) d trục hiện nay, hệ số công suất và tỷ lệ mô-men có thể dễ dàng tối ưu hóa nếu cần thiết. Yếu tố sức mạnh của nam châm PMSMs bề mặt đánh giá thường cũng vượt 0,9 và có thể được thiết lập để thống nhất bởi tăng d trục hiện hành. Các hệ số công suất cũng rất nhạy cảm với các cấp điện áp từ phản ứng phần ứng của máy là rất thấp. Khi lái PMSM cảm thấp, điều quan trọng là sử dụng một mức độ thông lượng chính xác để duy trì hệ số công suất ở mức chấp nhận được. Một phương pháp kiểm soát của PMSM là cái gọi là tôi d = 0 điều khiển (còn được gọi là kiểm soát tối thiểu hiện hành), nơi mà các thành phần d-trục hiện nay được thiết lập để không. Mặc dù điều này giảm thiểu hiện tại, nó sẽ cung cấp một hệ số công suất thấp hơn và đòi hỏi thường là một điện áp stator cao hơn, có nghĩa là dự trữ điện áp nhỏ hơn. Thông thường các tôi d = 0 kiểm soát được ưa thích với-cảm thấp PMSMs nam châm bề mặt do sự phản ứng phần ứng thấp. Hình 2.9 cho thấy hai phương pháp kiểm soát của PMSM với sơ đồ vector.



Hình 3.9. sơ đồ vector của PMSM với hai phương pháp điều khiển khác nhau. a) i d = 0 nơi kiểm soát tất cả trên q trục để tạo ra mô-men. Stato hiện được giảm thiểu, nhưng hệ số công suất là tụt hậu. b) cos (φ) = 1 nơi điều khiển các tiêu cực d-trục hiện đặt góc pha bằng không.

Tùy thuộc vào số lượng tiêu cực d-trục hiện nay, stato hiện tại của PMSM có thể thay đổi đáng kể so với giá trị ghi trên nhãn của động cơ, có thể gây nhầm lẫn cho người dùng. Tại tải một phần, các đặc tính của PMSM là tốt vì phản ứng phần ứng rất nhỏ, có nghĩa là cả hai giai đoạn và các góc tải nhỏ. Khi tải tăng, phản ứng phần ứng bắt đầu tăng góc pha, và cả hệ số công suất và bắt đầu tỷ lệ mô-men giảm.

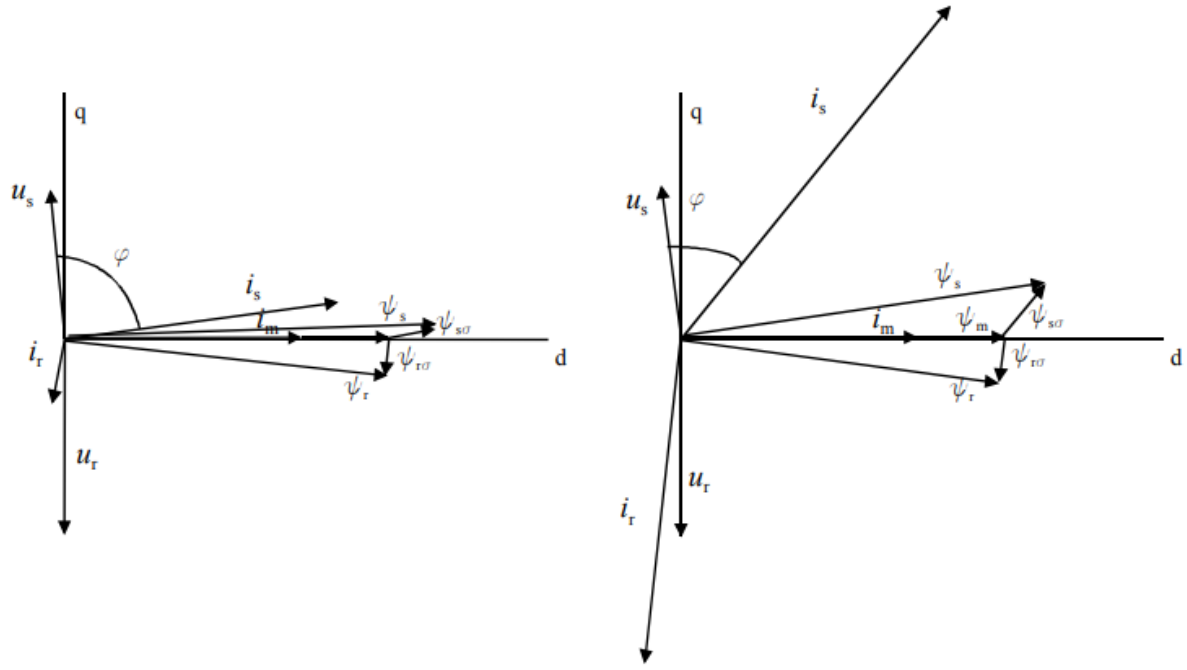
Hình 3.10 cho thấy sơ đồ vector của một PMSM với L d = L q = 0.20 pu ở mức 50% mô-men và ở 200% mô-men.



Hình 3.10. sơ đồ vector của PMSM (L d = L q = 0.20 pu) a) ở mức 50% mô-men xoắn và b) ở 200% mô-men. Khi cuộn cảm là thấp, hệ số công suất vẫn còn cao tại tải cả với id = 0, nhưng tại tải trọng cao, khử từ hiện tại là cần thiết cho đền bù hệ số công suất.

Trong quá trình hoạt động liên tục tốc độ trong các ứng dụng servo điển hình, mô-men tải thường chỉ từ một số phần trăm đến hàng chục mỗi cm của mômen định mức (chỉ để bù đắp sự ma sát). Với tải trọng như vậy, đặc điểm hoạt động của một động cơ cảm ứng với thông lượng đầy đủ là rất ít, bởi vì chỉ có một phần nhỏ của stator tạo ra mô-men, trong khi phần còn lại đi cho sự từ hóa. Với động cơ hai cực lớn hơn, từ hóa hiện tại có thể được thường 20-50% của stator dòng điện định mức, nhưng là cực-số tăng, thị phần của sự từ hóa tăng hiện tại với nó, bởi vì tỷ lệ chiều dài của không khí khoảng cách tăng

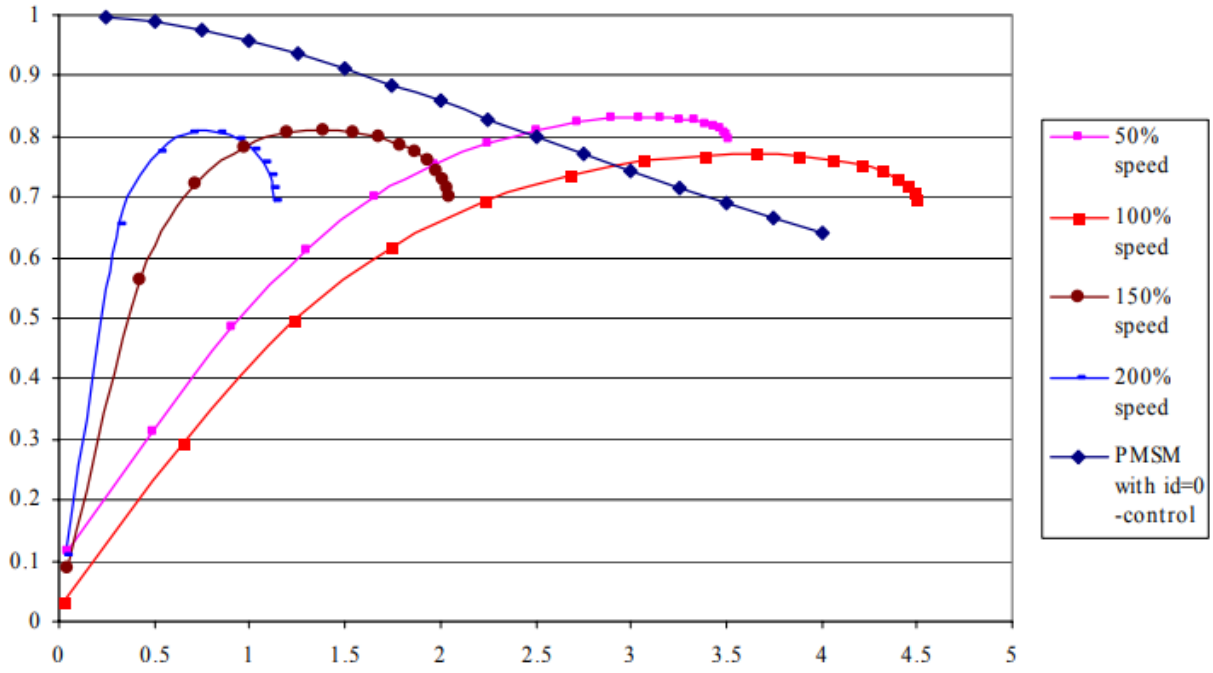
Hình 3.11 cho thấy sơ đồ vector cho động cơ nguyên mẫu cảm ứng với tốc độ đánh với tải trọng 25% và 200% mômen định mức.



Hình 3.11. sơ đồ vector của động cơ nguyên mẫu cảm ứng với tốc độ đánh và thông lượng a) hoạt động ở mức 25% mô-men và b) ở 200% mô-men. Không giống với các PMSM, hệ số công suất của một máy cảm ứng tăng lên khi tăng mô-men

Hình 3.12 minh họa hệ số công suất FEM-tính cho động cơ nguyên mẫu cảm ứng như một chức năng của mô-men xoắn tại bốn tốc độ khác nhau; 50%, 100%, 150% và 200%. Ngoài ra hệ số công suất của việc xây dựng PMSM được hiển thị với các giả định về id = 0. Trong khi hệ số công suất của một động cơ cảm ứng tăng lên đến một điểm nhất định như tăng mô-men, hệ số công suất của PMSM giảm với mô-men. Yếu tố sức mạnh của PMSM có thể dễ dàng tăng bằng cách sử dụng một khử từ hiện tại, nhưng điều này tất nhiên sẽ làm giảm việc sản xuất mô-men.

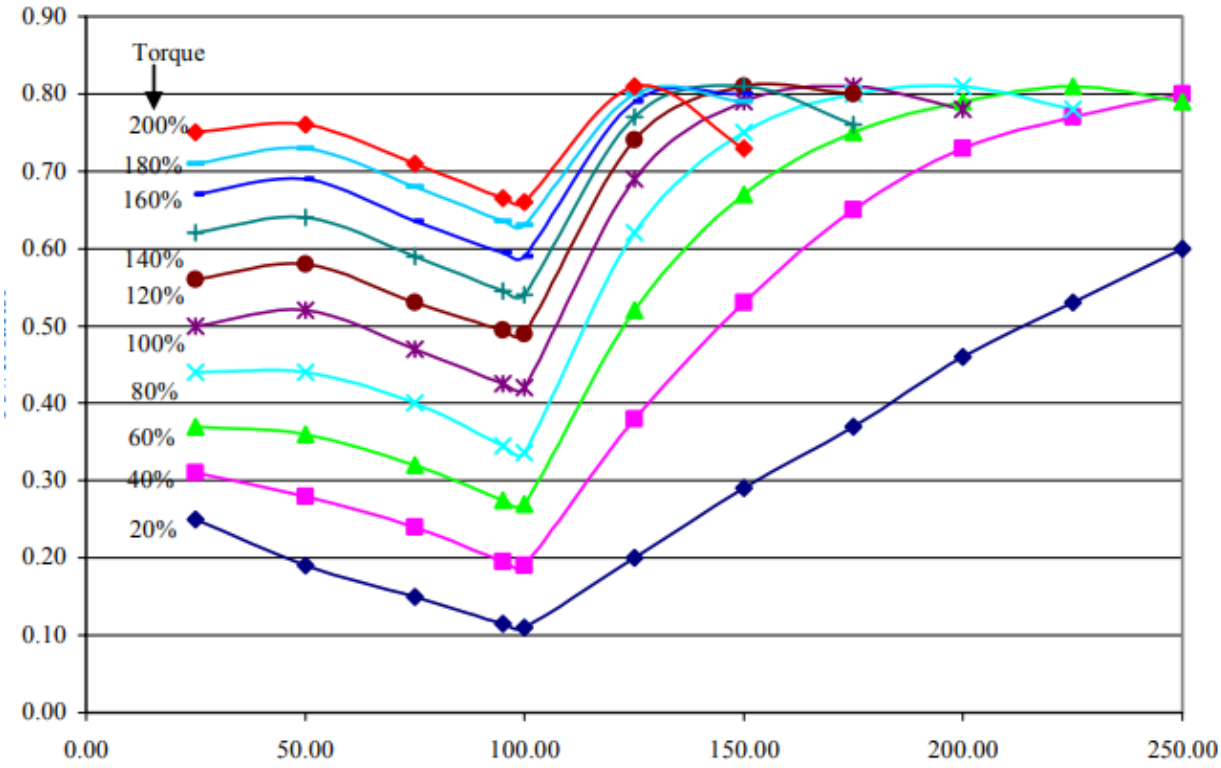
Cần lưu ý, rằng tình hình trong hình 3.12, nơi PMSM hoạt động tại 4 pu mô-men là không thể gần tốc độ định mức, vì cao hơn so với điện áp stator đánh giá sau đó sẽ được yêu cầu do phản ứng phần ứng cao



Mô-men xoắn [pu]

Hình 3.12 mô phỏng các yếu tố (FEM) sức mạnh của động cơ nguyên mẫu cảm ứng như một chức năng của mô-men ở tốc độ khác nhau (đánh giá thông lượng). Khi tăng mô-men, hệ số công suất tăng lên đến một điểm nhất định. Trong sự suy yếu lĩnh vực, hệ số công suất tăng đáng kể do sự thông lượng giảm. Các hệ số công suất thấp nhất xảy ra ở tốc độ định mức. Ngoài ra hệ số công suất của PMSM với tôi d = 0 kiểm soát được hiển thị. Như có thể thấy trong hình 3.12, hệ số công suất của động cơ cảm ứng tăng lên đến một điểm nhất định như tăng mô-men xoắn, nhưng tăng mô-men vượt quá điểm này sẽ bắt đầu giảm hệ số công suất một lần nữa. Tại không tải, stato hiện vector bằng vector hiện từ hóa (nếu thiệt hại được bỏ qua), và góc giữa hiện tại và các mối

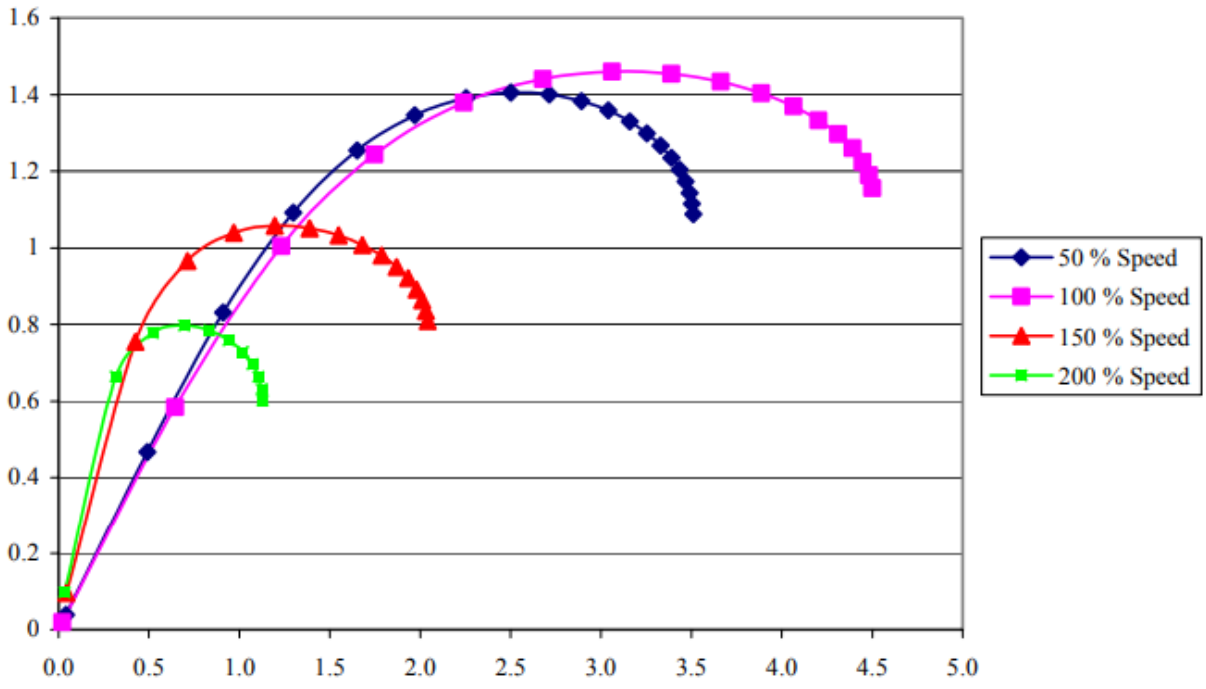
liên hệ thông sẽ là zero. Hình 3.13 cho thấy các yếu tố sức mạnh FEM-tính của động cơ nguyên mẫu cảm ứng là một hàm của tốc độ. Các tính toán được thực hiện ở các cấp độ mô-men xoắn khác nhau, dao động từ 20% lên đến 200% mô-men.



Tốc độ [%]

Hình 3.13 .IM nguyên mẫu là một hàm của tốc độ ở mức mô-men khác nhau (từ 20% lên đến 200%). Các hệ số công suất có giá trị thấp nhất ở tốc độ định mức. Các giá trị được tính toán với FEM tại thông đánh giá (sau khi tốc độ cơ sở các từ thông tự nhiên giảm từ giá trị đánh giá). Hình 3.13 cho thấy hệ số công suất của một máy cảm ứng tăng lên khi động cơ đi vào khu vực từ trường suy yếu. Hiện tượng này được nhấn mạnh với máy đặc biệt này vì sự bão hòa trong phạm vi thông thường. Nó cũng phải được lưu ý rằng tốc độ giảm dưới

mức cơ sở tốc độ và mô-men được giữ ổn định, hệ số công suất bắt đầu tăng lên đến một điểm nào đó chỉ ra rằng có một điểm tối đa tương tự cho các hệ số công suất dưới tốc độ cơ bản. Hình 3. 14 cho thấy mô-men tại tỷ lệ của động cơ nguyên mẫu cảm ứng như một chức năng của mô-men với tốc độ như một tham số. Nhìn chung, tốc độ hoặc mô-men cao hơn, tốt hơn là những đặc điểm của động cơ. Các giá trị cho tốc độ 150% và 200% là thấp trong hình, vì động cơ hoạt động trong lĩnh vực suy yếu, và do đó khả năng sản xuất mô-men xoắn đã hậu quả là giảm. Vì vậy, ví dụ, giá trị lớn nhất của T / I tỷ lệ 200% tốc độ (0,79 Nm / A) có nghĩa là một sản xuất mô-men tốt hơn so với ví dụ giá trị tối đa ở tốc độ đánh (1,47 Nm / A). Tỷ lệ mô-men hiện tại của PMSM là xấp xỉ 1,7 Nm / A theo giá trị ghi trên nhãn. Nó cũng phải nhớ, rằng khả năng sản xuất mô-men xoắn của một nam châm PMSM bề mặt sẽ xấu đi nhanh chóng khi động cơ đi vào sự suy yếu lĩnh vực.



Mô-men [pu]

Hình 3.14. Mô-men tại tỷ lệ của nguyên mẫu là một hàm của mô-men. Bởi vì dòng từ hoá vẫn xấp xỉ liên tục cho tốc độ nhất định, tỷ lệ tăng với lên đến một điểm nhất định. Trong lĩnh vực thông đầy đủ, tỷ lệ cho PMSM là xấp xỉ 1,7 Nm / A theo một giá trị ghi trên nhãn của động cơ. Tốc độ tối đa của PMSM là xấp xỉ 120% mà không tải.

1.4.Kết luận

Trong phần này, đo kích thước của một động cơ cảm ứng và máy đồng bộ nam châm vĩnh cửu trong các ứng dụng tự động đã được nghiên cứu. Khi PMSM có nam châm bề dày trên roto, khả năng quá tải cao sẽ cho kết quả. Ngoài ra tỷ lệ mô-men dòng điện định mức của động cơ như vậy là cao vì mật độ khoảng cách dòng không khí cao.

Bởi vì cảm đồng bộ của một máy như vậy là thấp, máy có thể được kiểm soát trong id = 0 mode, trong khi đồng thời có được một hệ số công suất cao. Và cuối cùng, PMSM có thể được thực hiện như 4-8 cực, mà làm cho đường kính ngoài của máy nhỏ hơn vì ách stator mỏng. Nếu một máy cảm ứng được kích thước tương để bằng mức mật độ thông lượng, độ bão hòa của sắt hủy đáng kể các đặc tính của động cơ (hệ số công suất, hiệu quả và tỷ lệ mô-men). Hơn nữa, nó không phải là thực tế để định kích thước một máy điện cảm ứng nhỏ để một số cực cao hơn bốn, mà chỉ ra rằng một stato ách dày hơn, và do đó một đường kính ngoài lớn hơn là bắt buộc. Theo tính toán thực hiện trong nghiên cứu này, đường kính ngoài lớn hơn ít nhất 20% với một máy cảm ứng được yêu cầu để tạo ra một mo-men bình đẳng cho dòng điện đưa ra là với một PMSM. Các sâu hơn là mức độ bão hòa với các động cơ cảm ứng, cao hơn là tỷ lệ.

2.ĐẶC TÍNH ĐỘNG CƠ

2.1.Khả năng quá tải

Ổ đĩa servo thường dùng cho các ứng dụng, trong đó đối tượng sẽ được chuyển rất nhanh từ điểm này sang điểm khác vì vậy, khả năng tăng tốc cao và tỷ lệ giảm tốc là một yêu cầu cơ bản trong điều khiển chuyển động. Khi tăng kết quả hiệu suất ổ đĩa trong thời gian chu kỳ thấp hơn do đó chi phí sản xuất thấp hơn. Kể từ khi giá tăng tốc nhanh chóng được yêu cầu, động cơ nên có một mô-men cao và một khoảnh khắc thấp của quán tính, vì tỷ lệ được xác định bằng tỷ lệ gia tốc góc theo định luật thứ hai của Newton về chuyển động

$$\alpha = \frac{T}{J}$$

Ở đây α là gia tốc góc, T là mô-men, và J là các men quán tính. Đó là một phương pháp phổ biến trong điều khiển chuyển động để sử dụng tất cả các mô-men có sẵn, mà vẫn thường bị giới hạn bởi bộ chuyển đổi tần số đánh giá hiện tại chứ không phải bằng các mô-men kéo ra của động cơ. Nếu đo kích thước trên của bộ chuyển đổi tần số so với động cơ có thể được biện minh ví dụ bởi chi phí sản xuất thấp hơn, mô-men kéo ra của động cơ sau đó có thể trở thành nút cổ chai của hệ thống. Ví dụ, một bộ chuyển đổi tần số có một đánh giá hiện nay tăng gấp đôi so với các động cơ có thể cung cấp ngay cả thấp hơn 14 lần thời gian động cơ hiện tại cho một khả năng tăng tốc nhanh chóng. Nếu mô-men kéo ra của động cơ ví dụ 2-3 pu (một giá trị đặc trưng cho động cơ cảm ứng công nghiệp) nó không thể tạo ra mô-men tối đa mặc dù nó sẽ được cung cấp từ bộ chuyển đổi tần số.

Theo lý thuyết của Maxwell, σ tan thành phần trong khe hở không khí của một máy điện có thể được diễn tả bằng những hình tròn cường độ từ trường và các thành phần tiếp tuyến H rad và H tan

$$\sigma_{\tan} = \mu_0 H_{\text{rad}} H_{\tan}$$

Ở đây μ 0 là thấm chân không. Các thành phần tiếp tuyến của cường độ từ trường trên stator hoặc bề mặt rotor được sản xuất bởi các diễn mật độ dòng tuyến tính trên bề mặt. Sự căng thẳng tiếp tuyến sau đó có thể được thể hiện dưới dạng

$$\sigma_{\tan} = \frac{B_{\text{rad}} B_{\tan}}{\mu_0}$$

Ở đây Brad và Btan được các thành phần mật độ thông lượng khe hở không khí xuyên tâm và tiếp tuyến tương ứng, có quan hệ

$$B_\delta = \sqrt{B_{\text{rad}}^2 + B_{\tan}^2}$$

Mômen điện từ Tem của máy có thể được tính bằng cách tích hợp ở trên xung quanh bề mặt rotor

$$T_{\text{em}} = \frac{L'}{\mu_0} \int_0^{2\pi} B_{\text{rad}} B_{\tan} r_\delta^2 \, \mathrm{d}\varphi$$

Ở đây L' là chiều dài điện từ của ngăn xếp, r δ là giá trị trung bình khoảng cách không khí bán kính, và φ góc cực. Trong không tải điều kiện, chỉ có các thành phần có mặt xuyên tâm, nhưng khi mô-men xoắn bắt đầu tăng, các đường

thông qua khe hở không khí ở một góc nghiêng, có nghĩa là cũng là một thành phần tiếp tuyến của thông khe hở không khí tồn tại và máy tạo ra mô-men. Đồng thời, các thành phần bố trí hình tròn bắt đầu giảm, và theo phương trình trên, giá trị tối đa của môмen điện từ thu được khi hai thành phần đều bình đẳng. Đây được gọi là điểm kéo ra và mô-men. Nếu mô-men tải được tăng thêm, việc sản xuất mô-men bắt đầu giảm, và cái gọi là pull-out (hoặc sự cố) xảy ra, sau đó các động cơ tốc độ bằng không.

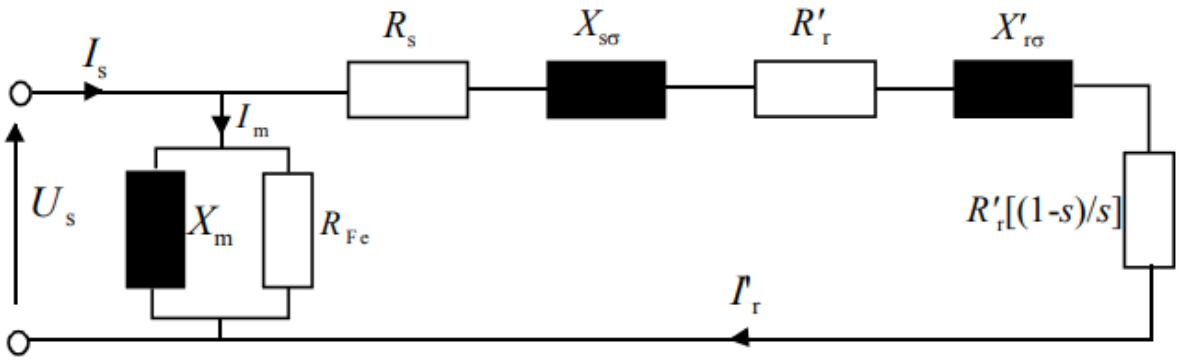
Trong thực tế, mô-men kéo ra khỏi máy AC chủ yếu quyết định bởi cuộn cảm. Với PMSMs cực không nổi bật, mô-men là tỉ lệ nghịch với cảm đồng bộ L d, trong khi với động cơ cảm ứng, mô-men là xấp xỉ tỉ lệ nghịch với cảm ngắn mạch L sc, mà là một tổng của stator và rotor rò rỉ

$$L_{sc} = L_{s\sigma} + L'_{r\sigma}$$

Do đó, một thiết kế động cơ có thể ảnh hưởng đến mô-men. Trong PM rotor, vật liệu nam châm vĩnh cửu có thể được gắn trên bề mặt rotor, hoặc nhúng vào trong cơ thể rotor. Thường thì sản lượng xây dựng nam châm bề mặt để một thấp L d và do đó một cao hơn T kéo ra hơn việc xây dựng nam châm nhúng. Tất nhiên, nó sẽ có thể để giảm điện cảm của một máy với nam châm nhúng bằng cách tăng độ dày của nam châm hoặc bằng cách tăng chiều dài khe hở không khí (mà không thực tế), và do đó để đạt được một mô-men cao, tuy nhiên hiếm khi thấy trong thực tế vì nó làm tăng đáng kể số lượng các vật liệu từ tính trong máy. Với máy cảm ứng, tình hình phức tạp hơn nhiều, là một quá trình thiết kế giảm thiểu các sự cố rò rỉ có nhiều nhược điểm, chẳng hạn như một gợn mô-men tăng và hệ số công suất thấp hơn

2.1.1.Khả năng quá tải của một động cơ cảm ứng

Các mô-men ở động cơ cảm ứng có thể được bắt nguồn từ đơn giản hóa mạch thông thường tương đương với một động cơ cảm ứng, thể hiện trong hình dưới. Nó giả định rằng điện áp khe hở không khí bằng điện áp thiết bị đầu cuối, và không có điện áp rơi trong stator. Đặc biệt, như séc luôn kiểm soát với một bộ chuyển đổi tần số, và động cơ hoạt động ở phần tuyến tính của đường cong mô-men, mất điện áp điện trở vẫn còn nhỏ.



Hình 3.15. Đơn giản hóa mạch tương đương với một động cơ cảm ứng

Sức mạnh khe hở không khí được chuyển thành lỗ ohmic trong R r 'Và quyền lực cơ khí P mech trong cuộc kháng chiến rõ ràng Rr '[(1- s) / s]. Mômen điện từ động cơ Tem do đó có thể được diễn tả như

$$T_{em} = \frac{P_{mech}}{\Omega} = \frac{mR_r^{'}\left(\frac{1-s}{s}\right)I_r^{'2}}{(1-s)\frac{\omega_s}{p}} = \frac{mR_r^{'}I_r^{'2}}{s\frac{\omega_s}{p}}$$

Ở đây ω S là stato tần số góc, m là số giai đoạn, R r 'Kháng rotor gọi stato, S mỗi đơn vị trượt, p số lượng cặp cực và Ω vận tốc góc cơ khí. Rotor hiện tại Ir' có thể được viết

$$I_{\mathrm{r}}^{'}=\frac{U_{\mathrm{s}}}{\sqrt{\left(R_{\mathrm{s}}+\frac{R_{\mathrm{r}}^{'}}{s}\right)^{2}+\left(\omega_{\mathrm{s}}L_{\mathrm{s}\sigma}+\omega_{\mathrm{s}}L_{\mathrm{r}\sigma}^{'}\right)^{2}}}$$

và mômen điện từ Tem

$$T_{\mathrm{em}}=\frac{mp}{\omega_{\mathrm{s}}}\frac{\frac{R_{\mathrm{r}}^{'}}{s}U_{\mathrm{s}}^{2}}{\left(R_{\mathrm{s}}+\frac{R_{\mathrm{r}}^{'}}{s}\right)^{2}+\left(\omega_{\mathrm{s}}L_{\mathrm{s}\sigma}+\omega_{\mathrm{s}}L_{\mathrm{r}\sigma}^{'}\right)^{2}}$$

Giá trị tối đa cho mô-men với một điện áp cho U S mô-men T , khi đạo hàm của phương trình trên đối với với R ' r / S được thiết lập để không.Do đó

$$s_{\mathrm{pull-out}}=\frac{R_{\mathrm{r}}^{'}}{\sqrt{R_{\mathrm{s}}^{2}+\omega_{\mathrm{s}}^{2}\left(L_{\mathrm{s}\sigma}+L_{\mathrm{r}\sigma}^{'}\right)^{2}}}$$

Bằng cách thay phương trình trên vào phương trình của mô-men điện từ, một phương trình cho mô-men mới có thể được viết như

$$T_{\mathrm{pull-out}}=\frac{mp}{2\omega_{\mathrm{s}}}\frac{U_{\mathrm{s}}^{2}}{R_{\mathrm{s}}+\sqrt{R_{\mathrm{s}}^{2}+\omega_{\mathrm{s}}^{2}\left(L_{\mathrm{s}\sigma}+L_{\mathrm{r}\sigma}^{'}\right)^{2}}}$$

Do đó, một motor cảm ứng là tỉ lệ nghịch với điện trở stato và cuộn cảm rò rỉ của stator và rotor, và trực tiếp tỉ lệ với điện áp stator phương. Trên thực tế, các kháng mỗi đơn vị là thấp xa so với sự cố rò rỉ mỗi đơn vị, và do đó không có sai lầm lớn được thực hiện nếu các điện trở stato được bỏ qua. Để tăng mô-men, động cơ nên được thiết kế để có cuộn cảm rò rỉ thấp, như sẽ được thảo luận.

2.1.2. Cảm ứng tản của động cơ

Tất cả các linh kiện mà không góp phần vào việc chuyển đổi năng lượng cơ điện thuộc luồng tản. Theo Richter (1954), chúng có thể được chia thành năm phần:

- Điện cảm tản điều hòa L_δ
- Điện cảm tản cuộn cuối L_w
- Điện cảm tản mũi răng L_z
- Điện cảm tản nghiêng L_χ
- Điện cảm khe tản L_n

Tổng cảm tảncủa máy là tổng của các

$$L_\sigma = L_\delta + L_w + L_z + L_\chi + L_n$$

Bên cạnh đó các sự cố tản làm giảm khả năng sản xuất mô-men của động cơ bằng cách giảm mật độ khoảng cách không khí thông cơ bản, họ cũng đóng góp vào sự mất mát động cơ bằng cách gieo rắc lỗ vào các bộ phận sắt từ của máy, thường được coi là thiệt hại bổ sung. Trên thực tế, các phương pháp tương tự được sử dụng để tối ưu hóa các đặc điểm, chẳng hạn như tính hiệu quả và mô-men gợn thường có một tác dụng phụ không mong muốn để tăng sự cố rò rỉ, và do đó làm giảm các khớp nối điện giữa stator và rotor. Các thành phần rò rỉ thông được một thời gian ngắn giới thiệu dưới đây.

Điện cảm tản điều hòa L δ

Việc rò rỉ điều hòa (còn gọi là rò rỉ khe hở không khí) sẽ đưa vào phân phối rời rạc của stator và rotor cuộn dây trong khe, gây ra sự chênh lệch đường cong mmf không khí được từng bước chứ không phải là hình sin. Điều này sẽ giới thiệu các thành phần hài hòa trong dòng khe hở không khí. Điện cảm rò rỉ điều hòa mô tả số lượng những luồng hài hòa, và nó có thể được diễn tả như một phần nhỏ của cảm từ hóa của máy L m sử dụng một yếu tố rò rỉ khe hở không khí

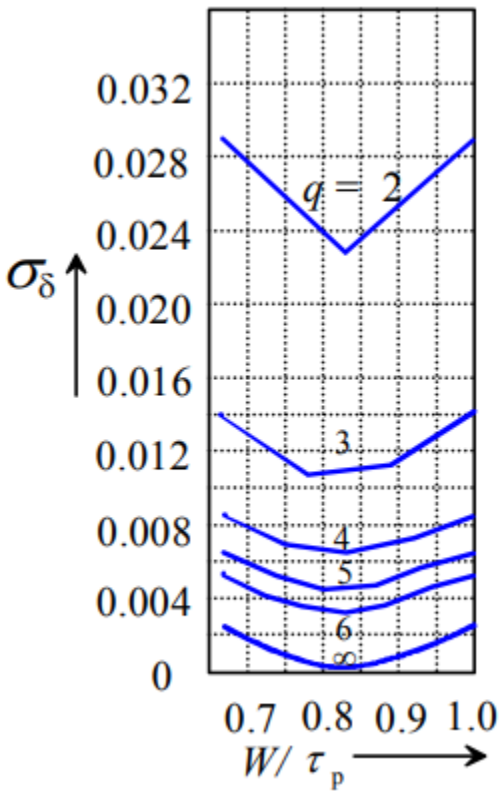
$$L_\delta = \sigma_\delta L_\mathrm{m}$$

Yếu tố rò rỉ σδ có thể được định nghĩa là

$$\sigma_\delta = \sum_{\substack{\nu=-\infty \\ \nu \neq 1}}^{\nu=\infty} \left(\frac{\xi_\nu}{\nu \xi_{\nu 1}} \right)^2$$

Ở đây ν là thứ tự của một tần số hài hòa, và ξ ν yếu tố uốn lượn tương ứng. Khi rò rỉ điều hòa phụ thuộc vào các yếu tố uốn lượn của những giai điệu cao hơn, nó phụ thuộc rất nhiều vào cách bố trí. Nói chung, cao hơn số lượng khe cắm mỗi cực mỗi pha q, các dạng hình sin hơn sự phân bố mmf và càng thấp điện cảm rò rỉ điều hòa. Hầu hết các séc là những cỗ máy vật lý nhỏ, số lượng khe stator trong số đó là thường 36-48 và số lượngcực thường 4-6, có nghĩa là q thường 2-4 là. Ngắn bày của cuộn dây là một cách hiệu quả.

Phương pháp để giảm rò rỉ điều hòa hình dưới cho thấy các yếu tố rò rỉ điều hòa của một giai đoạn ba uốn lượn như một chức năng của bày ngắn W / τ p với q như một tham số.



Hình 3.16. yếu tố rò rỉ điều hòa của một pha ba cuộn như một hàm của khoảng cuộn W, số lượng khe cắm mỗi cực mỗi pha như một tham số. W / τ p = 5/6 có tác động tích cực nhất trên yếu tố rò rỉ điều hòa .

Vì nó có thể được nhìn thấy trong hình. 3.2, nhằm giảm thiểu sự rò rỉ điều hòa, các cuộn dây stato nên có ít nhất 3 khe mỗi cực mỗi giai đoạn (ví dụ như một máy bốn cực với 36 khe trong stator) , và ngoài ra, ngắn bày nên được áp dụng. Khi ngắn bày sẽ giảm khoảng cuộn, cũng là rò rỉ cuối và khả năng chống được giảm nhẹ.

Điện cảm tản cuộn cuối L w

Tại các cuộn dây cuối của stator và rotor tạo ra một phân phối dòng trong phần cuối của máy, mà gây ra xoáy dòng điện vào phần sắt từ nước láng giềng. Do

hình học phức tạp và bố trí quanh co khác nhau, một giải pháp chính xác của các trường khu vực cuối cùng là không thể không có phương pháp số hiệu quả trong ba chiều. Sự kết thúc quanh co rò rỉ, tuy nhiên, có thể xấp xỉ với một phương trình

$$L_{ew} = \frac{4m}{Q_s} qN^2 \mu_0 (2E\lambda_E + W\lambda_w)$$

Ở đây m là số giai đoạn, Qs là số lượng các khe stator, q là số lượng khe cắm mỗi cực mỗi giai đoạn, và N là số lần trong loạt mỗi giai đoạn. E là khoảng cách trục đến cuối uốn lượn từ ngăn xếp, và W span cuộn dây. λ E và λ W là những yếu tố thực nghiệm mà phụ thuộc vào cách bố trí quanh co, ví dụ, đối với một pha 3, kích đúp lớp cuộn dây stato với một rotor lồng sóc, λ E = 0,50 và λ E = 0.20. Đối với lồng-rotor, rò rỉ vòng cuối có thể xấp xỉ với một phương trình

$$L_{er} = \mu_0 \frac{Q_r}{mp^2} \frac{1}{3} \left(\frac{L_{bar}}{L'} - 1 + \upsilon \frac{\pi D'}{2p} \right)$$

Ở đây Lbar là chiều dài của thanh rotor, L' là chiều dài hiệu quả, D ' là đường kính vòng cuối trung bình, và υ = 0,36 khi p = 1 và khác υ = 0.18. rò rỉ cuối cuộn dây thường được giảm thiểu bằng cách tự nhiên, vì nó luôn luôn là có lợi để giữ cho kích thước của các cuộn dây cuối càng nhỏ càng tốt.

Điện cảm tản mũi răng L z

Rò rỉ mui răng là do khi mmf khe tạo ra một sự khác biệt tiềm năng trên bánh răng nằm ở phía đối diện của khe, và các dòng thông lượng đóng bánh rang trong khoảng cách không khí bên ngoài khe. Xác định rò rỉ mui răng

$$L_z = \frac{4m}{Q} N^2 \mu_0 L' \left(\frac{5\frac{\delta}{w_{so}}}{5 + 4\frac{\delta}{w_{so}}} \right)$$

Ở đây wso là chiều rộng của việc mở khe và δ là chiều dài của khe hở không khí. Thuật ngữ trong ngoặc đơn đại diện cho hệ số rò rỉ bánh răng cho thấy rằng càng nhỏ thì khoảng cách không khí, và các lỗ khe rộng hơn. Do đó, khe với khe hở rộng nên được áp dụng. Một tăng chiều rộng khe cắm mở cửa, tuy nhiên, sẽ tăng lên, đặc biệt là trong các máy khe hở không khí ngắn, khoảng cách không khí nội dung hài hòa như sẽ được hiển thị sau đó

Điện cảm tản nghiêng L χ

Làm lệch của rotor hoặc các khe stator là một phương pháp rất hiệu quả để giảm tác động của các dòng thấm khe hở không khí, gây gợn mô-men và tiếng ồn âm thanh trong máy.Tuy nhiên nó làm suy yếu các khớp nối điện giữa rotor và stator, như một phần của thông lượng được tạo ra bởi stator không thâm nhập vào rotor quanh co. Phần này là rò rỉ nghiêng, và cảm rò rỉ tương ứng có thể được định nghĩa như là một phần nhỏ của cuộn cảm

$$L_\chi = \left(1 - \chi^2\right) L_m = \left[1 - \left(\frac{\sin\left(\nu \frac{\pi a}{2\tau_p \pi} \right)}{\left(\nu \frac{\pi a}{2\tau_p \pi} \right)} \right)^2 \right] L_m$$

Ở đây τ p là cực sau, α là độ dài tiếp tuyến dọc theo stato hoặc bề mặt rotor, Lm điện cảm từ hóa, và ν các thứ tự của điều hòa. Mặc dù rò rỉ nghiêng là một

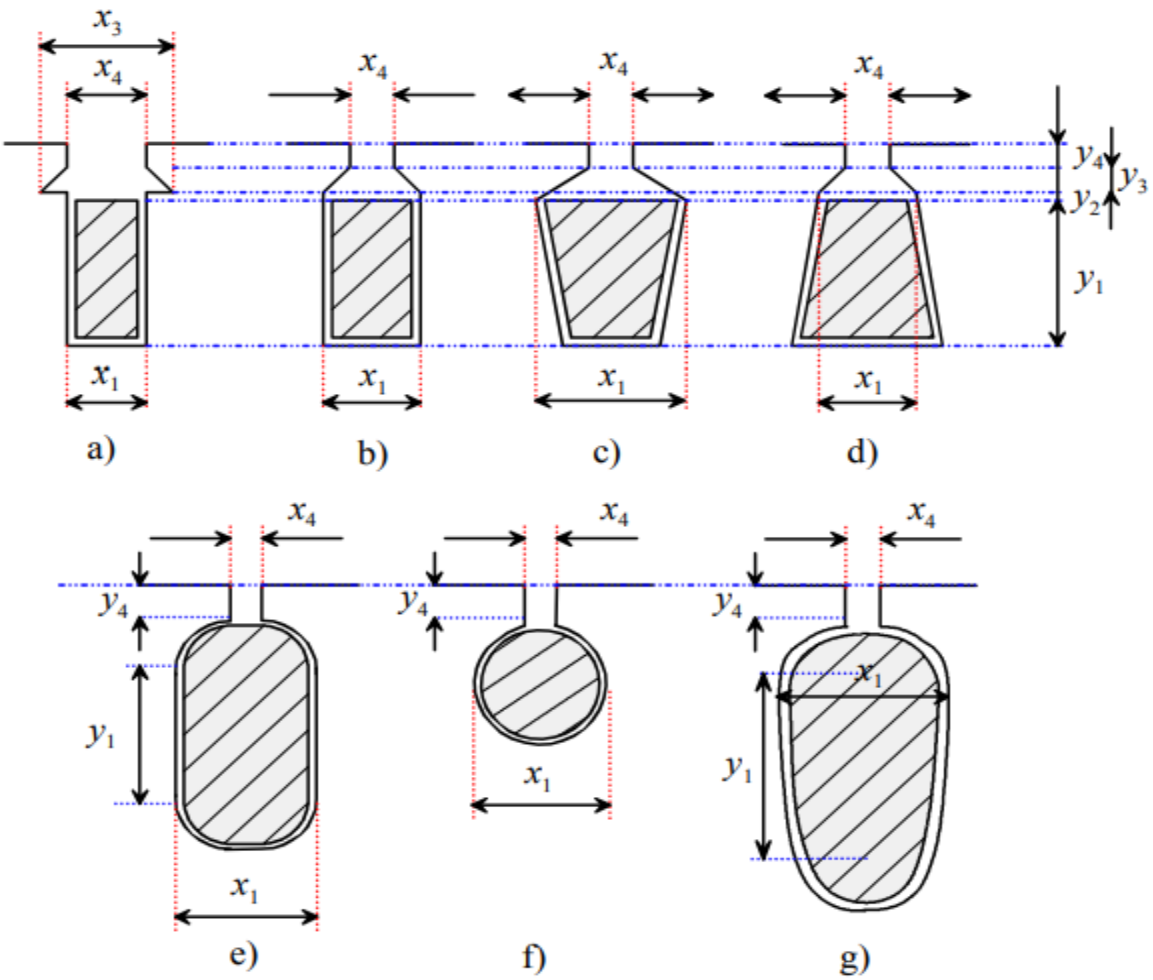
thuật ngữ rò rỉ lớn thứ ba trong các máy điện, hiệu ứng giảm của nó trên gợn mô-men là rất ý nghĩa bởi nó gần như là không có ngoại lệ sử dụng.

Điện cảm khe tản L n

Các dòng khe rò rỉ được tạo ra bởi khe hiện nay, khi một số dòng phun ra đóng qua khe mà không đi qua các khe hở không khí và nối stator và rotor điện từ trường. Theo Richter (1954), điện cảm khe rò rỉ có thể được định nghĩa là

$$L_{\mathrm{n}} = \frac{4m}{Q}\mu_0 L' N^2 \lambda_{\mathrm{N}}$$

Ở đây m là số giai đoạn, Q là số lượng các khe, L' là chiều dài hiệu quả, và N là số lượt trong các giai đoạn. Hệ số λ N là yếu tố khe rò rỉ (còn gọi là hệ số thấm), được định nghĩa hoàn toàn bằng hình học khe. Hình dưới minh họa kích thước được sử dụng trong việc xác định hệ số thấm khe của một lớp duy nhất quanh co cho hình dạng khe cắm khác nhau



Hình 3.17. Kích thước của hình học khe khác nhau được sử dụng trong việc xác định hệ số khe tản.

Có rất nhiều phương trình cho hình dạng khe cắm khác nhau trong các tài liệu, ví dụ phương trình cho các loại khe cắm phổ biến nhất, yếu tố khe rò rỉ cho khe trong hình. 3.17 a), b), c) và d) có thể được định nghĩa là

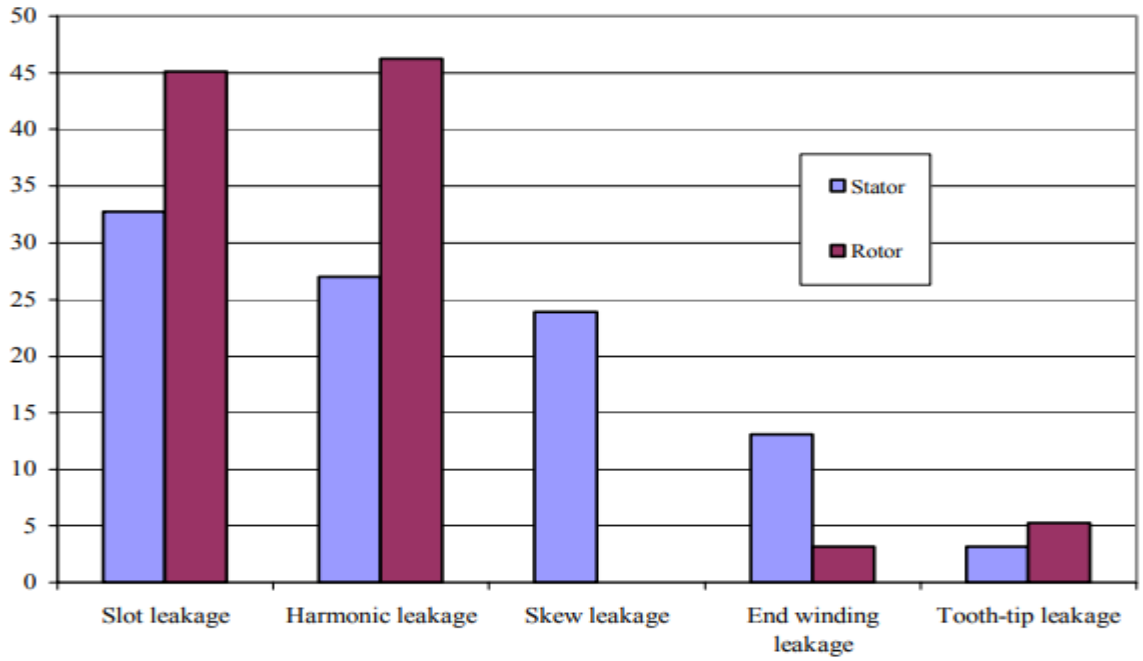
$$\lambda_N = \frac{y_1}{3x_1} + \frac{y_2}{x_1} + \frac{y_4}{x_4} + \frac{y_3}{x_1 - x_4} \ln\left(\frac{x_1}{x_4}\right)$$

Và các yếu tố khe rò rỉ cho các hình dạng khe trong hình đ), f) và g) là

$$\lambda_N = \frac{y_1}{3x_1} + \frac{y_4}{x_4} + 0.66$$

Máy cảm ứng công nghiệp thường đã đóng khe rotor do quá trình sản xuất rotor mà làm cho yếu tố rò rỉ phụ thuộc rất nhiều vào mức độ bão hòa của các cầu sắt phía trên khe. Phân tích chính xác về rò rỉ khe trong trường hợp này là thực tế không thể, và các phương pháp số nên được áp dụng. Đối với cuộn dây hai lớp, phương trình cho các yếu tố khe rò rỉ đã được trình bày ở trên.

Hình 3.4 cho thấy cuộn cảm tản là 30 kW, bốn cực chuẩn motor cảm ứng công nghiệp (ABB M2BA-Series), tính toán với các phương trình trình bày ở trên từ dữ liệu động cơ chiều.



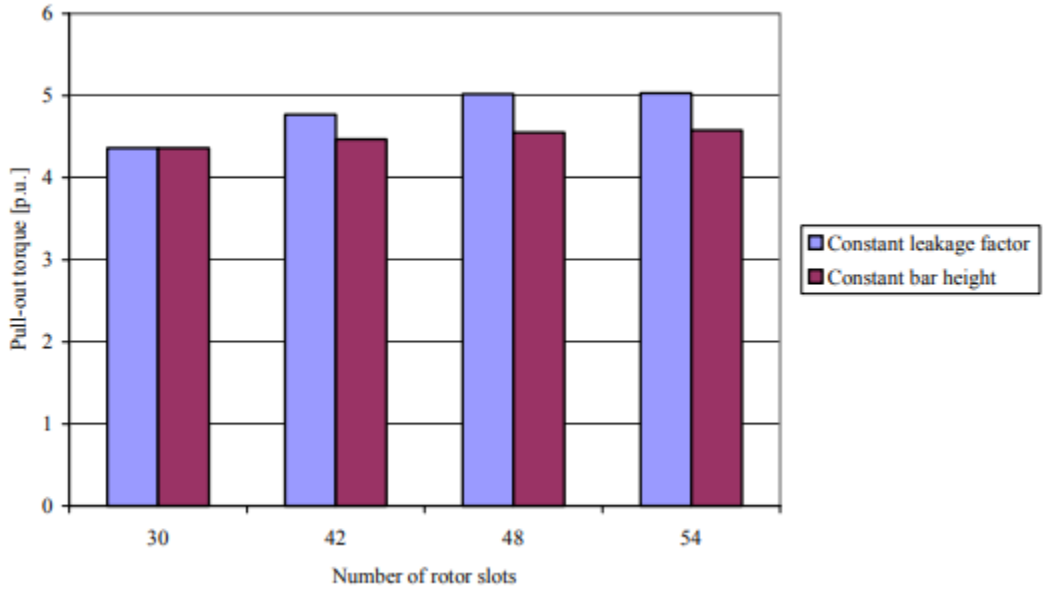
Hình 3.18. Phân tích tính toán phân phối điện cảm tản cho động cơ cảm ứng lồng-rotor công nghiệp tiêu chuẩn tính toán với phương trình đưa ra ở trên. Giá tản rotor được gọi vào stato. Động cơ là một ABB 30 kW, 50 Hz máy bốn cực.

Thuật ngữ khe tản có thể được giải thích bởi hình dạng của các lỗ khe. Thông thường, khe nửa kín được sử dụng trong stator và đóng cửa hoàn toàn trong rotor để giữ cho hài hòa của các khe hở không khí phân bố mật độ thông lượng nhỏ. Một nội dung hài thấp của dòng khe hở không khí sẽ làm giảm gợn mô-men và nâng cao hiệu quả của máy, mà là các thông số thiết kế quan trọng trong hầu hết (làm nhiệm vụ liên tục) ổ S1, trong khi khả năng quá tải hiếm khi có bất kỳ ý nghĩa. Một giá trị tối thiểu cho mô-men xoắn kéo ra khỏi một máy cảm ứng, xác định bởi các tiêu chuẩn IEC60034-1 là 1.6 pu, thường là đủ cho các ổ đĩa S1 công nghiệp.

2.1.3. Khả năng giảm thiểu khe tản

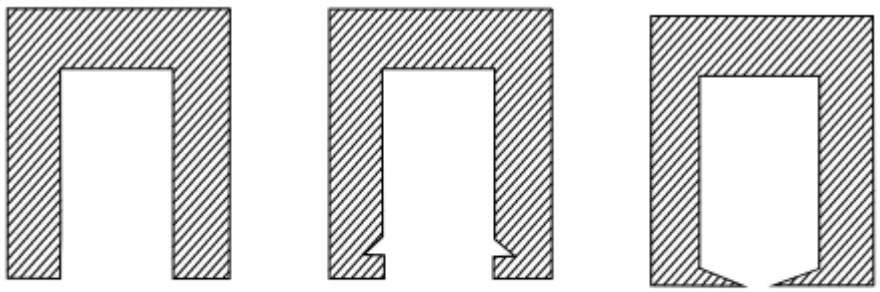
Sự rò rỉ khe là một chức năng của hình học khe và tỉ lệ nghịch với số lượng các khe Q, nếu số giai đoạn, chiều dài ngăn xếp, và số lượng dây dẫn loạt kết nối N là cố định. Tỷ lệ các yếu tố khe rò rỉ với số lượng các khe λ N / Q do đó xác định rò rỉ khe. Khi dòng khe rò rỉ là tỷ lệ thuận với khe hiện nay, và khe hiện nay là tỷ lệ nghịch với số lượng các khe, sự rò rỉ khe có thể được giảm bằng cách tăng số lượng các khe Q. Tăng rotor hoặc số khe stator, tuy nhiên có nghĩa là độ rộng của khe nên được giảm đồng thời để giữ cho mật độ bánh rang thông lượng không đổi (ví dụ, dưới mức bão hòa). Qua đó, độ sâu của khe nên được tăng lên trong khi tăng số khe cho mật độ dòng khe vẫn không đổi. một thiết kế như vậy chắc chắn sẽ làm tăng yếu tố khe rò rỉ, có nghĩa là tỷ lệ λ N / Q vẫn xấp xỉ liên tục, và số lượng các khe cắm không có ảnh hưởng đến rò rỉ khe. Điều này có thể được nhìn thấy trong hình. 3.5. Nó cũng phải được lưu ý rằng việc tăng số lượng khe sẽ giảm khe diện tích mặt cắt ngang, có nghĩa là các yếu tố khe điền giảm do tăng lượng vật liệu cách nhiệt cần thiết trong khe.

Trong giai đoạn thiết kế của động cơ nguyên mẫu, công trình xây dựng rotor khác nhau đã được nghiên cứu. Vì lý do sản xuất, đơn giản thanh rotor hình chữ nhật được sử dụng (và các mục tiêu của 4 pu mô-men được thu thập với một hình học của loại hình này). Ảnh hưởng của số lượng khe cắm trên mô-men đã được tính toán với bốn số khe rotor khác nhau trong những cách khác nhau. Tập đầu tiên của các tính toán được thực hiện bằng cách duy trì một yếu tố rò rỉ khe liên tục λ N, đồng thời tăng Q. Trong thực tế, điều này có nghĩa là kích thước vùng rotor xuyên tâm và tiếp tuyến được giảm các yếu tố tương tự (Q tăng, diện tích mỗi khe có thể được giảm để có được một mật độ dòng không đổi). Mặc dù có thiết kế như vậy sẽ làm tăng mô-men, nó sớm dẫn đến một tình huống, nơi bão hòa răng quá mức gây ra dòng điện từ hóa tăng mạnh. Bằng cách tăng số khe rotor từ 30 đến 54, và bằng cách giữ các yếu tố khe rò rỉ liên tục, mô-men khỏi nguyên mẫu cảm ứng động cơ tăng xấp xỉ 15%. Nếu cũng kích thước vùng stator đã được sửa đổi theo cách tương tự, hiệu ứng trên kéo ra sẽ ít hơn so với hai lần nêu trên 15%, như tỷ lệ rò rỉ khe stator trên tổng rò rỉ thường là lớn hơn trong rotor so với stator. Tập thứ hai của tính toán được thực hiện bằng cách tăng tương tự số khe rotor, nhưng vẫn giữ khe rotor chiều cao liên tục trong khi giảm chiều rộng để có được mật độ dòng điện không đổi. Do đó răng liên tục mật độ thông lượng kết quả, nhưng hậu quả là, các yếu tố rò rỉ tăng và ảnh hưởng đối với mô-men là không đáng kể theo tính toán FEM. Hai bộ tính toán được trình bày trong hình dưới (Lưu ý rằng hai trường hợp, tại Qr = 30 là giống hệt nhau).



Với số khe rotor khác nhau, tính toán với FEM, như số lượng đồng trong mỗi trường hợp là như nhau. Giữ kích thước tương đối của hằng số khe trong khi tăng đồng thời Q r ("Yếu tố rò rỉ liên tục" trong hình vẽ) sẽ làm tăng mô-men, nhưng nó sẽ sớm dẫn đến bão hòa bánh răng quá mức. Độ bão hòa bánh răng có thể tránh được bằng cách đồng thời giảm độ rộng khe như Q r tăng, nhưng trong trường hợp này, các yếu tố khe rò rỉ tăng gây ảnh hưởng đối với tổng mô-men là không đáng kể.

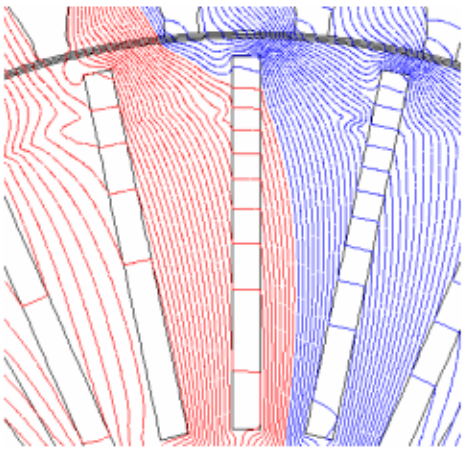
Trong quá tải, một khe cắm cao hiện tại sẽ làm hỏng bánh răng , và việc mở khe dường như làm từ tính thoáng hơn do đó tăng mô-men. Ngoài ra những tổn thất dòng xoáy trong dây dẫn sẽ nhỏ hơn. Hạn chế là một điều tự nhiên với các nội dung điều hòa cao hơn của dòng khe hở không khí trong quá tải và do đó sự cố rò rỉ khe cao hơn, nhưng hậu quả là khoảng cách không khí tuôn ra nội dung điều hòa thấp hơn



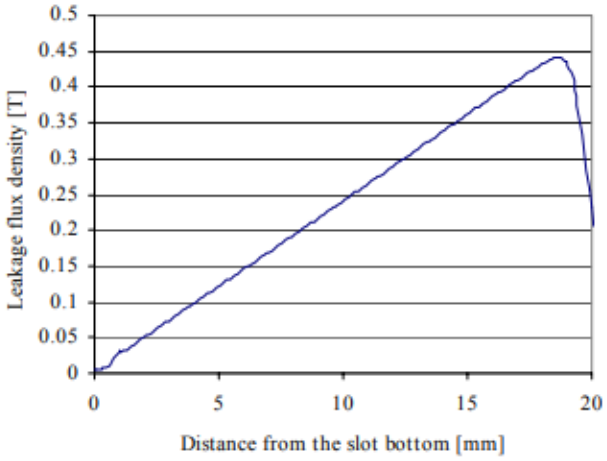
Hình 3.20. hình dạng khe cắm khác nhau với hệ số rò rỉ thấp

Ở hình trên a) Việc rò rỉ thấp nhất đạt được với khe hình chữ nhật và hoàn toàn mở rộng, mặc dù nó dẫn đến một gợn mô-men cao hơn. b) Giống như trước, nhưng sẵn sàng để được trang bị khe cắm nêm, và do đó nó có thể được áp dụng cho các stato. c) Semi-đóng khe. Trong điều kiện hoạt động bình thường, rò rỉ khe là cao hơn nhưng sự chênh lệch không khí giai điệu thấp hơn, và như bão hòa mũi hầu như mở khe hơn trong quá tải, mô-men được tăng lên.

Hình 3.21-3.25 hiển thị phân bố thông lượng của nguyên mẫu trong quá tải (T tải = 2.0pu) và khe rò rỉ mật độ thông lượng hậu quả cho năm hình học khe cắm khác nhau. Mật độ thông lượng được tính toán với FEM qua đường tâm của khe. Đầu tiên là tính toán được thực hiện cho 1.5mm × 20mm khe rotor hình chữ nhật với khe hoàn toàn khép kín và hoàn toàn mở. Sau đó, hệ số rò rỉ đã được cắt thành một nửa với 3mm × 10mm khe (tương đương diện tích mặt cắt ngang), và các tính toán được thực hiện với ba hình dạng khe cắm mở khác nhau; khép kín, nửa kín và hoàn toàn mở. Stato là như nhau trong tất cả các tính toán, và chỉ hình dạng của các khe rotor là khác nhau. Để có được giá trị có thể so sánh, tất cả các tính toán được thực hiện tại 2.0 pu quá tải mô-men, có nghĩa là khe rotor hiện nay là xấp xỉ như nhau.

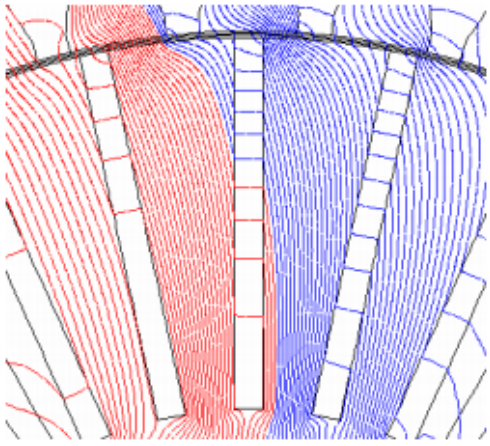


a)

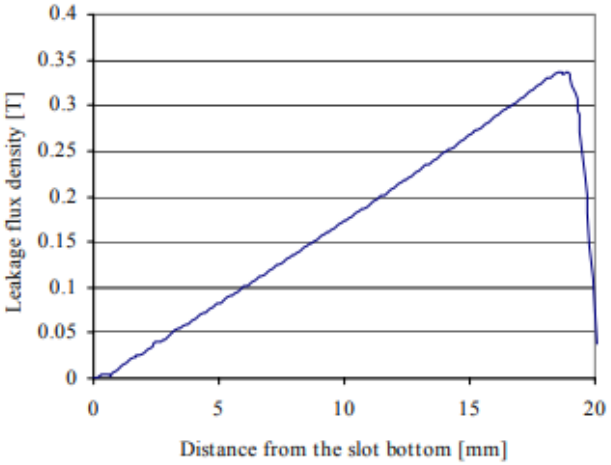


b)

Hình 3.21. phân phối Flux của động cơ nguyên mẫu với 1.5mm × 20mm khe rotor hoàn toàn khép kín. a) Sự phân bố thông lượng tại đường dẫn dòng chính, và b) mật độ thông lượng rò rỉ thông qua các răng nơi mật độ thông lượng là cao nhất (khe giữa trong hình vẽ). Bởi vì rò rỉ khe của một công trình như vậy là cao, động cơ hoạt động gần bằng điểm kéo ra. Stato hiện tại là 2.0 pu mô-men là 31,2A và độ trượt 8.2%. Các mô-men là 2,05 pu.

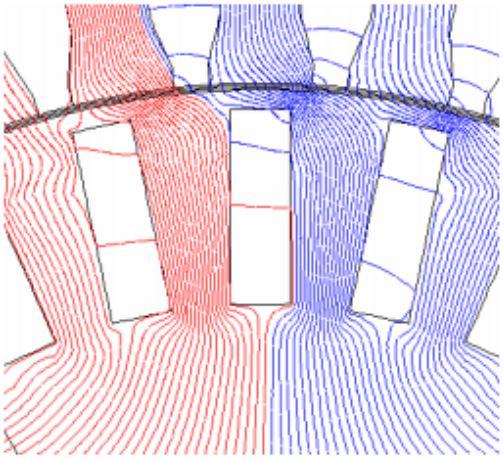


a)

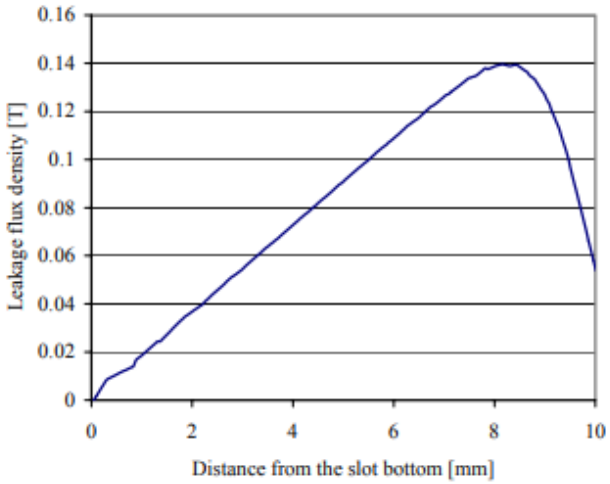


b)

Hình 3.22. Động cơ tương tự như trong hình. 3.7, nhưng với khe cắm mở hoàn toàn. Việc rò rỉ khe là đáng chú ý là thấp hơn, và do đó mô-men cao hơn (2,8 pu). Stato hiện nay là 25,5 A và trượt 4,9% (tại 2.0 pu mô-men)

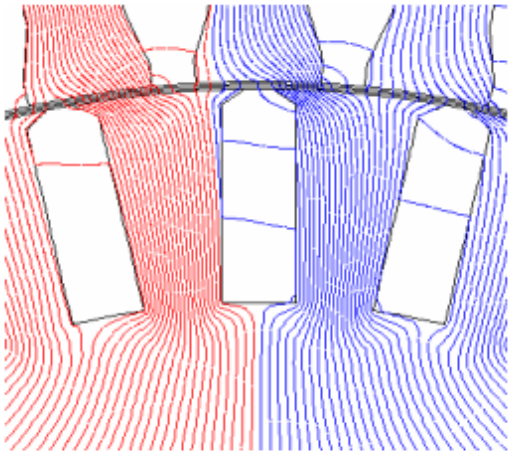


a)

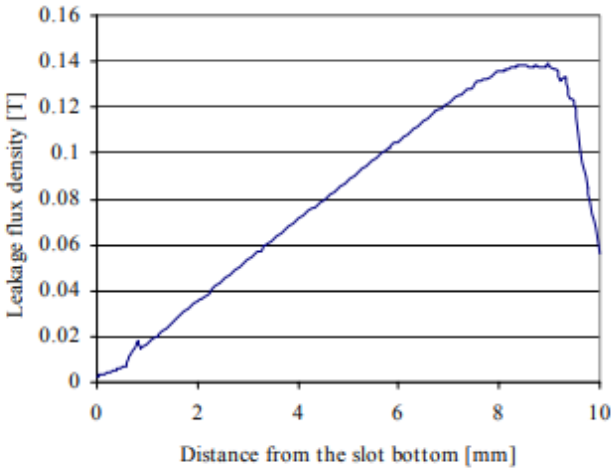


b)

Hình 3.23. Một động cơ với hệ số khe rò rỉ thấp và với khe rotor khép kín. Có bão hòa quá mức trong cây cầu sắt phía trên khe. Các mô-men là 3.3 pu Stato hiện nay là 23,6 A và trượt 4,6% (tại 2.0 pu mô-men)

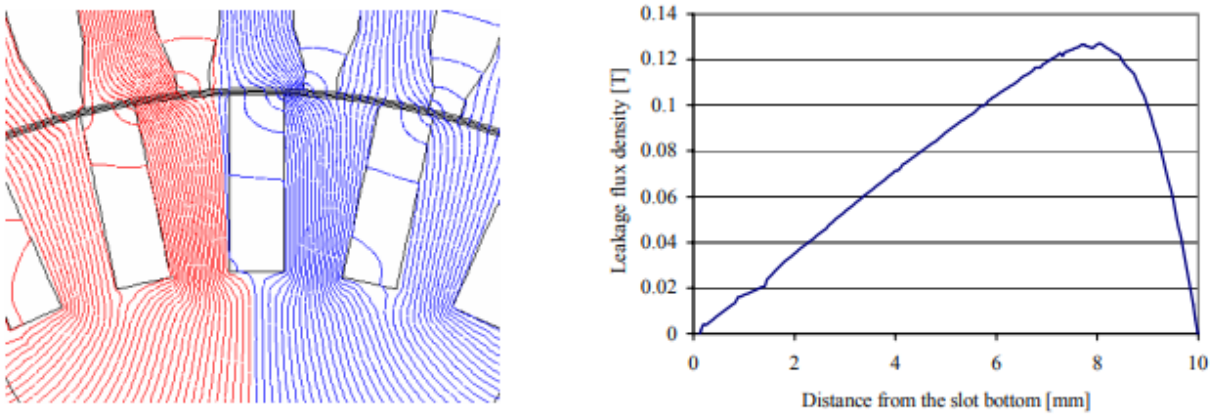


a)



b)

Hình 3.24. Một động cơ với hệ số khe rò rỉ thấp và khe cắm nửa kín. Rotor răng-tips làm ướt nặng nề trong suốt quá tải gây ra độ rộng của việc mở khe để tăng hầu, và do đó tăng mô-men, đó là 4.1 pu cho loại động cơ này. Stato hiện nay là 22,6 A, và trượt 3,9% (tại 2.0 pu mô-men)



a) b)

Hình 3.25. Một động cơ với hệ số khe rò rỉ thấp và khe cắm mở hoàn toàn. Các sự cố rò rỉ là hơi thấp hơn so với động cơ cùng với khe nửa kín, và do đó kéo ra là chỉ hơi cao hơn, 4,3 pu. Đây cũng là việc xây dựng nguyên mẫu stato hiện nay là 23,2 A và trượt 3,7% (tại 2.0 pu mô-men)

Hình 3.21-3. chỉ ra rằng để đạt được một mô-men cao, phương pháp đơn giản nhất là sử dụng khe cắm fully hoặc bán mở rộng và nông. Trong trường hợp này, sự khác biệt trong Miếng pull- ra khỏi động cơ trong hình. 3.10 và 3.11 (3 × 10mm bán hoặc khe hoàn toàn mở) là khá nhỏ. Điều này cho thấy việc sử dụng các khe nửa kín, như khoảng cách không khí tuôn ra thấp. Hơn nữa, khi khe nửa kín được sử dụng, rotor là mạnh mẽ hơn, như các thanh được gắn chặt hơn. Nó có thể là khả năng để tối ưu hóa hơn nữa để tạo ra một mô-men cao hơn với khoảng cách không khí nội dung hài hòa thậm chí thấp hơn. Bảng 3.1

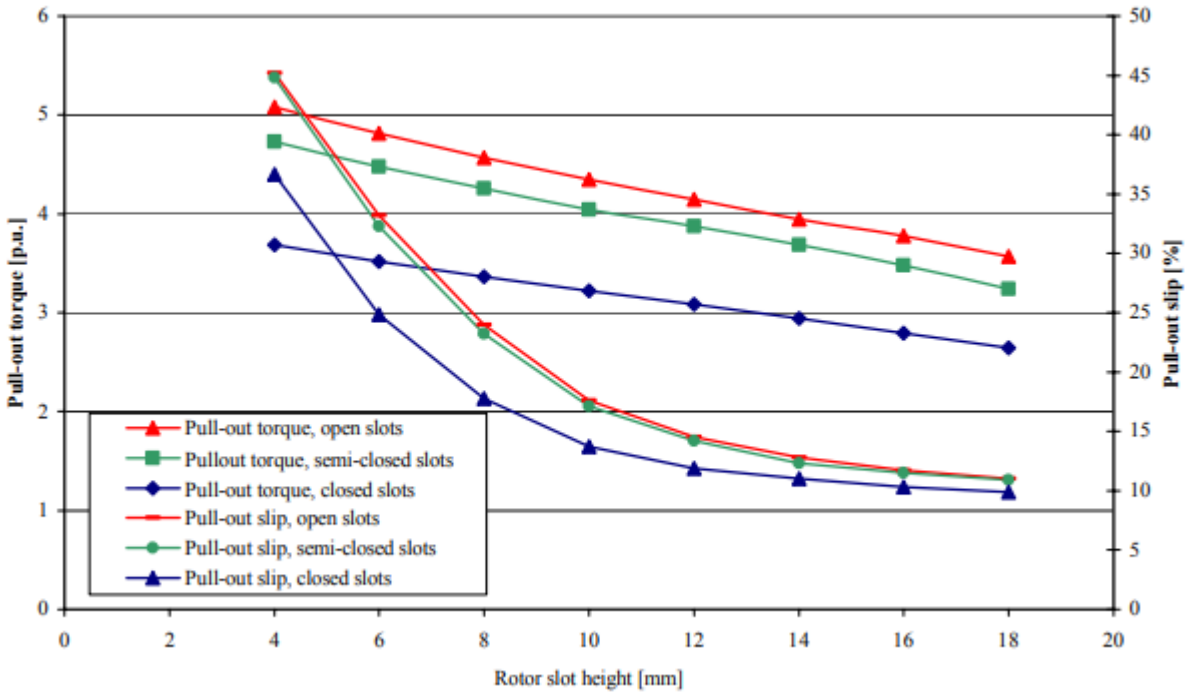
cho thấy các đặc điểm của năm công trình xây dựng động cơ tại các điểm đánh giá và kéo ra.

Bảng 3.2. Đặc điểm trong năm cấu hình động cơ ở các đánh giá và các điểm kéo ra tính toán với FEM.

Cấu hình rotor	**Dòng định mức [A]**	**Trượt xếp hạng [%]**	**Hiệu quả vào thời điểm đánh giá [%]**	**Mô-men [pu]**	**Pull-out slip %**	**[%] Torque / hiện tại điểm kéo ra [Nm / A]**
20mm × 1.5mm đóng khe	17,8	2,77	83,1	2.1	7.98	0,97
20mm × 1.5mm khe mở	18.5	2.05	83,7	2.8	10,3	1,05
10mm × 3mm đóng khe	15,9	2.10	85.5	3.3	14.0	1.04
10mm × khe kín 3mm bán	17,2	1,78	84.6	4.1	15,9	1.12
10mm × khe cắm mở 3mm	18.3	1,67	84,3	4.4	17,2	1.12

Các khe rotor trong hình. 3.12 là hình chữ nhật, khe cắm mở hoàn toàn với liên tục chiều rộng 3 mm trong từng trường hợp. Các miếng kéo ra được tính như một hàm của chiều cao khe rotor (đối với chiều rộng khe không đổi, các yếu tố khe rò rỉ tăng lên khi chiều cao khe tăng), và cũng với ba khe cắm mở hình học

khác nhau. khe bán mở là những trình bày trong Hình. 3.10, và đóng cửa khe những trong hình. 3.9. Các kéo ra của động cơ với khe nửa kín có thể bị ảnh hưởng bởi thay đổi khe cắm mở vùng (độ rộng của khe mở và chiều cao của răng-tip). Đó là một sự đồng nhất giưa khe hở không khí và mô-men. Nguyên mẫu được thực hiện với độ rộng của khe rotor của 3 mm và chiều cao là 10 mm, bởi vì mục tiêu là để đạt được 4,0 pu kéo ra mô-men.



Hình 3.26. pull-out slip và hình học khe rotor khác nhau; chiều rộng của khe là hằng số 3 mm trong từng trường hợp, và chiều cao là đa dạng. Ba hình học khe cắm mở khác nhau được tính toán; đóng hoàn toàn, nửa kín và hoàn toàn mở. Đầy đủ khe cắm mở cung cấp cho các mô-men cao nhất.

Các điều kiện cho các kích thước của khe theo hướng xuyên tâm đến từ tối đa cho phép mật độ dòng liên tục. Theo hướng tiếp tuyến, độ rộng của khe bị hạn chế bởi mật độ thông lượng răng, có thể được thiết lập để xấp xỉ 2-2,2 T tối đa với thép điện điển hình. Quá sâu một bão hòa nhanh chóng làm giảm hệ số

công suất và tăng tổn thất sắt. Các điều kiện biên cho chiều rộng khe cắm mở xuất phát từ gợn mô-men xoắn cho phép; rộng hơn các lỗ khe, cao hơn các mô-men.

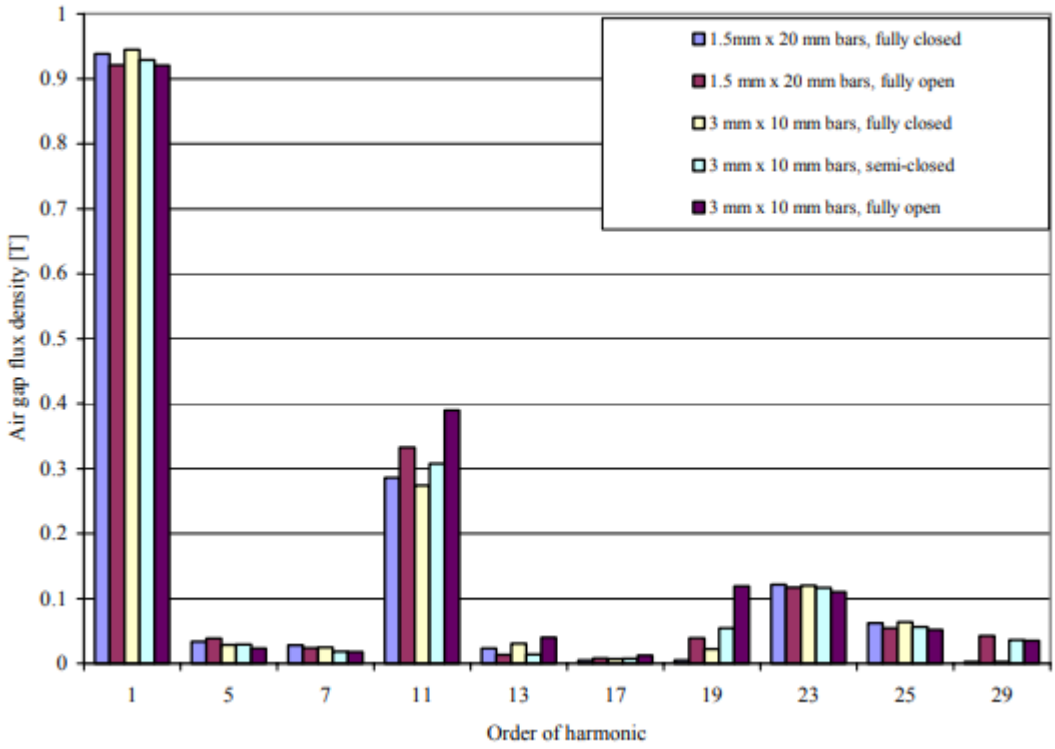
Qua đó, các thủ tục sau đây có thể được sử dụng để tối đa hóa các mô-men

1. Thiết lập độ rộng của khe sao cho mật độ răng-flux cho phép thu được tối đa.
2. Thiết lập chiều cao của khe sao cho khe mật độ hiện tại đạt được tối đa (Ví dụ: J max ≈ 8 A / mm 2 để làm mát không khí).

Tăng độ rộng của khe mở cho đến khi vượt quá hoặc cho đến khi tổn thất do giai điệu thấm đang ở giá trị lớn nhất (ưu tiên phụ thuộc vào ứng dụng.

2.1.4.Phân tích Harmonic cho hình dạng các khe hở không khí khác nhau

Hình học của một cảm ứng động cơ có ảnh hưởng đáng kể đối với mô-men của máy, khe hở không khí càng rộng thì càng cao hơn các mô-men. Hạn chế trong việc sử dụng một chiều rộng khe hở là tăng biến động thấm vào khe hở không khí. Dưới mỗi khe hở, tồn tại tối thiểu thấm cục bộ, mà phụ thuộc vào độ rộng của việc mở khe. Khe hở càng rộng, sâu hơn là ở mật độ dòng dưới nó, và những không gian lớn được tạo ra trong thông khe hở không khí. Điều này dẫn đến mô-men, và do đó là một sự đánh đổi rõ ràng giữa mô-men và chất lượng mô-men. Hình 3.27 cho thấy các khe hở không khí tính nội dung hài hòa của động cơ nguyên mẫu cảm ứng với FEM

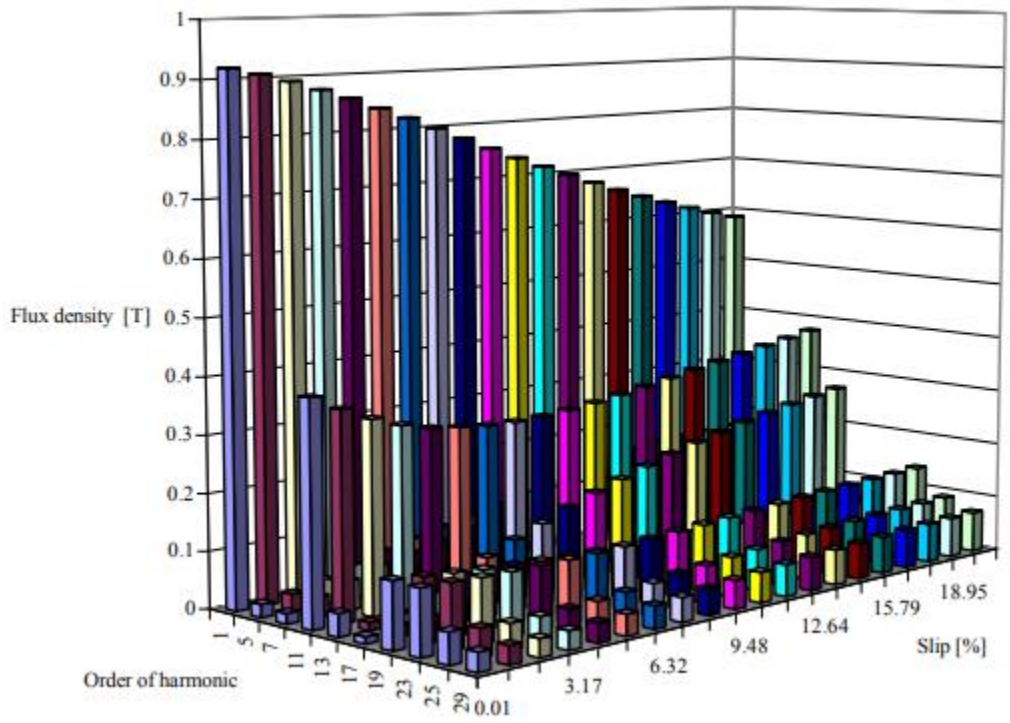


Hình 3.27. Những mật độ không khí khoảng cách thông với khối rotor khác nhau (Q s = 36 tuổi, Q r = 30). Rotor, trong đó có các 3mm kín × 10mm rotor quán bar, cho mật độ thông lượng cao nhất cơ bản, và cũng là sóng hài thứ tự nhỏ nhất thấp (5 thứ, 7 thứ và 11 th,) đó là có hại nhất.Tuy nhiên, thấp hơn (3,25 pu) so với rotor cùng với khe rotor bán hoặc mở hoàn toàn. Không có sự khác biệt đáng kể trong hành vi hòa giữa rotor khác nhau, với ngoại lệ của lần thứ 11 và lần thứ 19 hài hòa trên roto với 3mm hoàn toàn mở × 10mm.

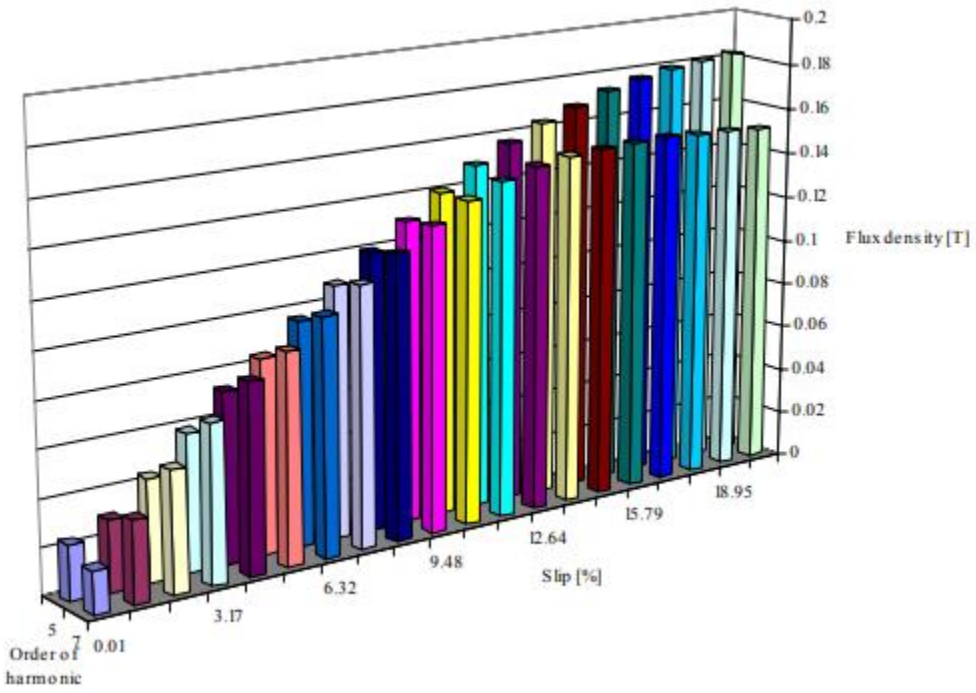
Hình 3.27 cho thấy thiết kế mang đến cho các mô-men cao nhất cũng dẫn đến một nội dung điều hòa cao hơn (3 mm × 10 mm quán bar, mở hoàn toàn). Bằng cách sử dụng khe cắm nửa kín với chiều cao răng biến trong rotor, những giai điệu có thể giảm một cách hiệu quả, mặc dù mô-men được giảm chỉ bằng xấp xỉ. 5%. Bằng cách cẩn thận thiết kế răng, nó có thể làm giảm hàm lượng hài hòa hơn nữa trong khi tăng mô-men. Như đã trình bày ở trên, kích thước

của những tooth-tips nên được lựa chọn theo cách như vậy mà quá tải hiện tại sẽ làm ướt chúng và do đó đến từ tính mở hơn. Trong hoạt động bình thường, các dòng chảy trong răng sẽ gây ra một phân phối thông khe hở không khí sin hơn, mặc dù các sự cố rò rỉ lớn hơn.

Hình 3.28 trình bày những giai điệu của động cơ nguyên mẫu, trong đó có 3mm × 10mm thanh rotor với khe cắm mở hoàn toàn. Khi tăng trơn trượt, các dòng thông qua khe hở không khí ở một góc nghiêng, và phân phối từ thông bị bóp méo như tăng trượt. Các biến dạng khe hở không khí có thể được nhìn thấy trong một gia tăng nội dung hài hòa của dòng khe hở không khí, gây ra nhiều gợn mô-men và tiếng ồn, nhưng quan trọng hơn nó làm giảm sóng cơ bản từ thông. Sóng cơ bản được giảm hơn nữa trong quá trình quá tải, như stator quá dòng sẽ gây ra sự sụt giảm điện áp lớn hơn trong stator, do đó là khe hở không khí cơ bản giảm xấp xỉ tuyến tính như tăng trơn trượt, các "mô-men dự trữ" của động cơ cũng bắt đầu giảm xấp xỉ tỉ lệ với bình phương trượt. Điều này có thể được nhìn thấy trong độ cong của đường cong tốc độ mô-men về phía điểm kéo ra. Khi điểm pull- out được đạt tới, sóng cơ bản đã giảm đến một giá trị nơi bố trí hình tròn của nó và các thành phần tiếp tuyến đều bình đẳng, và thông qua các khe hở không khí xấp xỉ. ở một góc 45 °.



Hình 3.28. khe hở không khí mô phỏng tuôn ra của nguyên mẫu là một hàm của trượt (Q s = 36 , Q r = 30). Khi tăng trơn trượt, sự biến dạng thông khe hở không khí làm tăng biên độ của những khe hở không khí, và do đó làm giảm sóng cơ bản. Sóng cơ bản được giảm hơn nữa, như stator tổn thất điện áp tăng như một chức năng của stato hiện hành. Pull-out xảy ra ở s = 17,2%.



Hình 3.29. Sự hài hòa của mật độ từ thông khe hở không khí như một chức năng của trượt (Q s = 36 tuổi, Q r = 30).

2.2.Tỷ lệ mô-men

Với PMSM, bằng cách kiểm soát d trục hiện nay, một trong hai yếu tố sức mạnh hoặc một hoạt động hiện tại tối thiểu có thể đạt được.. Khi cuộn cảm theo cả hai hướng là nhỏ, phản ứng phần ứng theo hướng q trục cũng là nhỏ, và cả mức tối đa T / I tỷ lệ và hệ số công suất cao sẽ dẫn đến. với sự tôi d = 0 kiểm soát, các mối liên kết stator thông lượng có thể được thể hiện dưới dạng một tổng của các dòng được thiết lập bởi các nam châm ψ PM và phản ứng phần ứng q trục L vuông.

$$\psi_s = \sqrt{\psi_{PM}^2 + \left(\frac{T_{em} L_{sq}}{\frac{3}{2} p \psi_{PM}}\right)^2}$$

Vì nó có thể được nhìn thấy trong phương trình trên nếu q trục cao, góc giữa Thủ tướng và các mối liên kết stator thông trở nên cao với tôi d = 0 kiểm soát, và theo đó, hệ số công suất là nghèo. Ngoài một số công suất kém, phản ứng phần ứng q trục cao làm cho stato thông liên kết biên độ tăng lên, cũng là điện áp stator phải được tăng lên. Điều này sẽ làm giảm phạm vi tốc độ của động cơ, hoặc do đó, để lại một biên độ điện áp nhỏ hơn, cả hai đều có thể là có vấn đề, nên một hoạt động tốc độ cao được yêu cầu. Với servo PMSM có mức thấp L d (+ thấp L q) giá trị, nó là thực tế sử dụng i d = 0 . Khi mà id = 0 kiểm soát được áp dụng, biến tần hiện nay là hơi cao hơn so với động cơ hiện tại do hệ số công suất tụt , và cũng là điện áp stator là hơi cao hơn do stator thông lượng liên kết cao hơn. Nếu một stator hiện nay được áp dụng với điều khiển hệ số công suất thống nhất, bộ biến tần hiện nay sẽ thấp hơn, nhưng động cơ tạo ra một mô-men xoắn thấp hơn, như là một phần của dòng điện đi cho khử từ AM-flux. Hơn nữa, như điện áp cũng thấp hơn với sự kiểm soát hệ số công suất, những tổn thất biến tần là thấp hơn một chút. Tuy nhiên, như các động cơ sản xuất ít mô-men, ảnh hưởng đến hiệu quả biến tần có thể không đáng kể.

Cảm ứng tối ưu hóa động cơ

Như khả năng sản xuất mô-men của động cơ điện là tỷ lệ thuận với mật độ từ thông khe hở không khí, nó có lợi cho sử dụng mật độ thông lượng cao, đặc biệt là trong các máy mô-men cao. Điều này đặc biệt quan trọng trong séc, nơi

một mô-men cao là cần thiết. Hơn nữa, mật độ thông lượng khe hở không khí cao cũng khiến động cơ cảm ứng để chạy ở một phần thấp hơn, làm tăng phản ứng năng động trong suốt quá độ và làm giảm thiệt hại rotor. Mật độ thông lượng khe hở không khí tối đa có thể được lựa chọn để được gần 1,0 T trong khi với động cơ tiêu chuẩn, nó thường thấp hơn 0,5-0,9 T. Mức thông lượng cao, tuy nhiên làm giảm cảm từ hóa do sự bão hòa của sắt, và một tỷ lệ cao hơn của dòng điện là cần thiết cho sự điều chỉnh thay vì sản xuất mô-men. Điều này có thể được nhìn thấy trong các giá trị hệ số công suất thấp hơn và ở tỷ lệ hiện mô-men. Ngoài ra mật độ thông lượng cao gây thiệt hại sắt quá mức, thêm vào lỗ stator đồng cao hơn do sự từ hóa cao hơn hiện tại.Tuy nhiên những hạn chế này có thể tránh được bằng cách điều chỉnh đúng mức thông lượng máy cảm ứng, tùy thuộc vào điểm hoạt động. Ý tưởng chính là để giảm mức độ mật độ thông lượng, khi động cơ hoạt động dưới tải trọng tối đa của nó. Chỉ khi nào một quá tải cao là cần thiết, ví dụ khi tăng tốc hoặc giảm tốc độ, mức độ thông lượng được tăng lên giá trị tối đa của nó để cung cấp một mô-men đầy đủ. Cần lưu ý, tuy nhiên, điều này áp dụng đặc biệt cho các máy cảm ứng có tải từ độ cao (mức thông lượng cao), chẳng hạn như động cơ nguyên mẫu.

Khái niệm cho mômen điện từ của một động cơ cảm ứng có thể được bắt nguồn từ một pha mạch tương đương, nơi liên kết stator thông lượng có thể được diễn tả như

$$\boldsymbol{\psi}_{\mathrm{s}} = L_{\mathrm{s}}\boldsymbol{i}_{\mathrm{s}} + L_{\mathrm{m}}\boldsymbol{i}_{\mathrm{r}} = L_{\mathrm{s}\sigma}\boldsymbol{i}_{\mathrm{s}} + \boldsymbol{\psi}_{\mathrm{m}}$$

Ở đây $\boldsymbol{\psi}$ S là stato vector thông lượng liên kết, L S điện cảm stator, L m điện cảm từ hóa,L sơ điện cảm stator rò rỉ, i_s stato vector hiện tại, và $\boldsymbol{\psi}$ m các từ hóa

thông lượng vector liên kết. Rotor hiện tại có thể được giải quyết từ một phương trình tương tự của liên kết rotor

$$\boldsymbol{i}_{\mathrm{r}} = \frac{\boldsymbol{\psi}_{\mathrm{r}} - L_{\mathrm{m}}\boldsymbol{i}_{\mathrm{s}}}{L_{\mathrm{r}}}$$

Ở đây i r là vector rotor, ψ r là vector liên kết rotor luôn thay đổi, và L r các rotor. Mômen điện từ do đó có thể được thể hiện với nguyên tắc

$$\boldsymbol{T}_{\mathrm{em}} = \frac{3}{2}p\boldsymbol{\psi}_{\mathrm{s}} \times \boldsymbol{i}_{\mathrm{s}} = \frac{3}{2}p\left[L_{\mathrm{s}}\boldsymbol{i}_{\mathrm{s}} + \frac{L_{\mathrm{m}}}{L_{\mathrm{r}}}\left(\boldsymbol{\psi}_{\mathrm{r}} - L_{\mathrm{m}}\boldsymbol{i}_{\mathrm{s}}\right)\right] \times \boldsymbol{i}_{\mathrm{s}} = \frac{3}{2}p\frac{L_{\mathrm{m}}}{L_{\mathrm{r}}}\boldsymbol{\psi}_{\mathrm{r}} \times \boldsymbol{i}_{\mathrm{s}}$$

Ở đây p là số cặp cực,phương trình trên đơn giản hoá thành dạng thứ hai, là sản phẩm chéo của vector hiện tại is. Trong một hệ quy chiếu rotor quay đồng bộ, vector liên kết từ thông ψ r và stator vector hiện tại is có thể được chia thành các thành phần, và mô-men có thể được thể hiện dưới dạng

$$T_{\mathrm{em}} = \frac{3}{2}p\frac{L_{\mathrm{m}}}{L_{\mathrm{r}}}\left(\psi_{\mathrm{rd}}i_{\mathrm{sq}} - \psi_{\mathrm{rq}}i_{\mathrm{sd}}\right)$$

Nếu hệ thống phối hợp được gắn vào vector liên kết rotor luôn thay đổi, không có thành phần q trục sẽ có mặt, ψ RQ = 0. Trạng thái ổn định phương trình điện áp rotor có thể biểu diễn

$$u_{\mathrm{rd}} = R_{\mathrm{r}}i_{\mathrm{rd}} + \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\left(\psi_{\mathrm{rd}}\right) - \left(\omega_{\mathrm{r}} - p\Omega\right)\psi_{\mathrm{rq}} = 0$$

$$u_{\mathrm{rq}} = R_{\mathrm{r}}i_{\mathrm{rq}} + \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\left(\psi_{\mathrm{rq}}\right) + \left(\omega_{\mathrm{r}} - p\Omega\right)\psi_{\mathrm{rd}} = 0$$

và bởi vì ψ RQ = 0, điều này giúp đơn giản hoá thành dạng

$$R_r i_{rd} + \frac{d}{dt}(\psi_{rd}) = 0$$

$$R_r i_{rq} - (\omega_r - p\Omega)\psi_{rd} = 0$$

Ở đây R r là điện trở rotor, ω r tốc độ góc điện, và Ω các cơ tốc độ góc. Dòng không tải hằng số thời gian của rotor là dài so với thời gian liên tục stator, điển hình 0,15-1,5 s tùy thuộc vào kích thước động cơ cảm ứng. Trong một mô-men thoáng qua nhanh, phản ứng năng động nhanh chóng với điều khiển vector thu được bằng cách thay đổi nhanh chóng các dòng liên kết stato, trong khi vẫn giữ hằng rotor thông liên kết. Tốc độ thay đổi, mà tại đó các liên kết stator thông lượng của một động cơ cảm ứng có thể được thay đổi, phụ thuộc vào dự trữ điện áp có sẵn, và trên cảm stator thoáng qua L ' S, xác định

$$L_s' = L_{s\sigma} + \frac{L_m L_{r\sigma}}{L_{r\sigma} + L_m} = L_s - \frac{L_m^2}{L_r}$$

Ở đây L sσ và L rσ là stator và rotor rò rỉ và L m là điện cảm từ hóa. L S và L r là stator và rotor cuộn cảm.Theo phương trình trên liên kết rotor thông có nghĩa là i rd = 0, và góc giữa rotor hiện tại và vector liên kết là 90º. Các trục rotor thông liên kết trong trạng thái ổn định do đó trở thành

$$\psi_{rd} = L_r i_{rd} + L_m i_{sd} = L_m i_{sd}$$

Bằng cách thay thế phương trình này vào phương trình của mô-men, ta có thể viết

$$T_{em} = \frac{3}{2} p \frac{L_m^2}{L_r} i_{sq} i_{sd}$$

Theo phương trình trên, giá trị tối đa cho các mô-men đạt được khi stato q và trục d đều giống nhau, isq = isd.Tuy nhiên, chỉ áp dụng cho điều kiện không bão hòa, và khi động cơ hoạt động trong bão hòa, q trục hiện thành phần nên được lựa chọn lớn hơn so với d-trục. Điều này có thể được giải thích bởi thực tế là khi động cơ đang bão hòa, làm tăng thông lượng sản xuất,isd làm tăng thông lượng động cơ chỉ hơi (tương ứng với khả năng thấm hút trong bão hòa đầy đủ), và mô-men có thể được sản xuất bằng cách tăng mô-men isq thay vào đó. Để tối đa hóa hiệu suất động cơ trong mọi điều kiện hoạt động, Ψi của động cơ phải được biết để xác định mức độ bão hòa của động cơ. Xác định Ψi có thể được thực hiện bằng cách sử dụng FEM, hoặc với các phép đo. Các phương pháp để xác định đường cong từ hóa của một động cơ cảm ứng đã được mô tả bởi Levi (2000). Đối với động cơ bão hòa, mô-men tối ưu sản xuất dòng từ động cơ của Ψi được ví dụ như một chức năng của stato hiện tại, và sau đó chúng được thực hiện cho bộ điều khiển động cơ. Sau đó, các cách kiểm soát nhằm tối đa hóa các mô-men rất đơn giản:

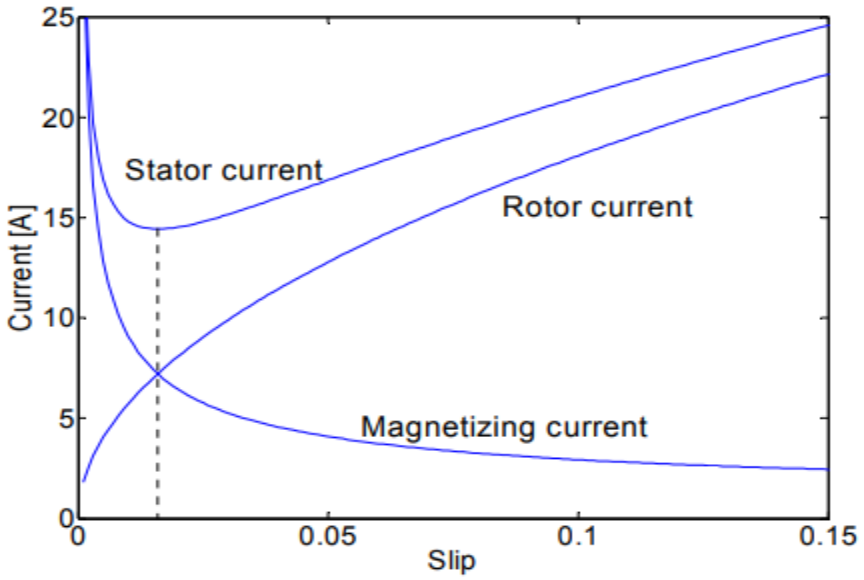
Đối với điều kiện không bão hòa:

$$i_{sq} = i_{sd} = \frac{\sqrt{2}}{2} i_{s,max}$$

Đối với điều kiện bão hòa, chọn tối ưu isq

$$i_{sd} = \sqrt{{i_{s,max}}^2 - {i_{sq,opt}}^2}$$

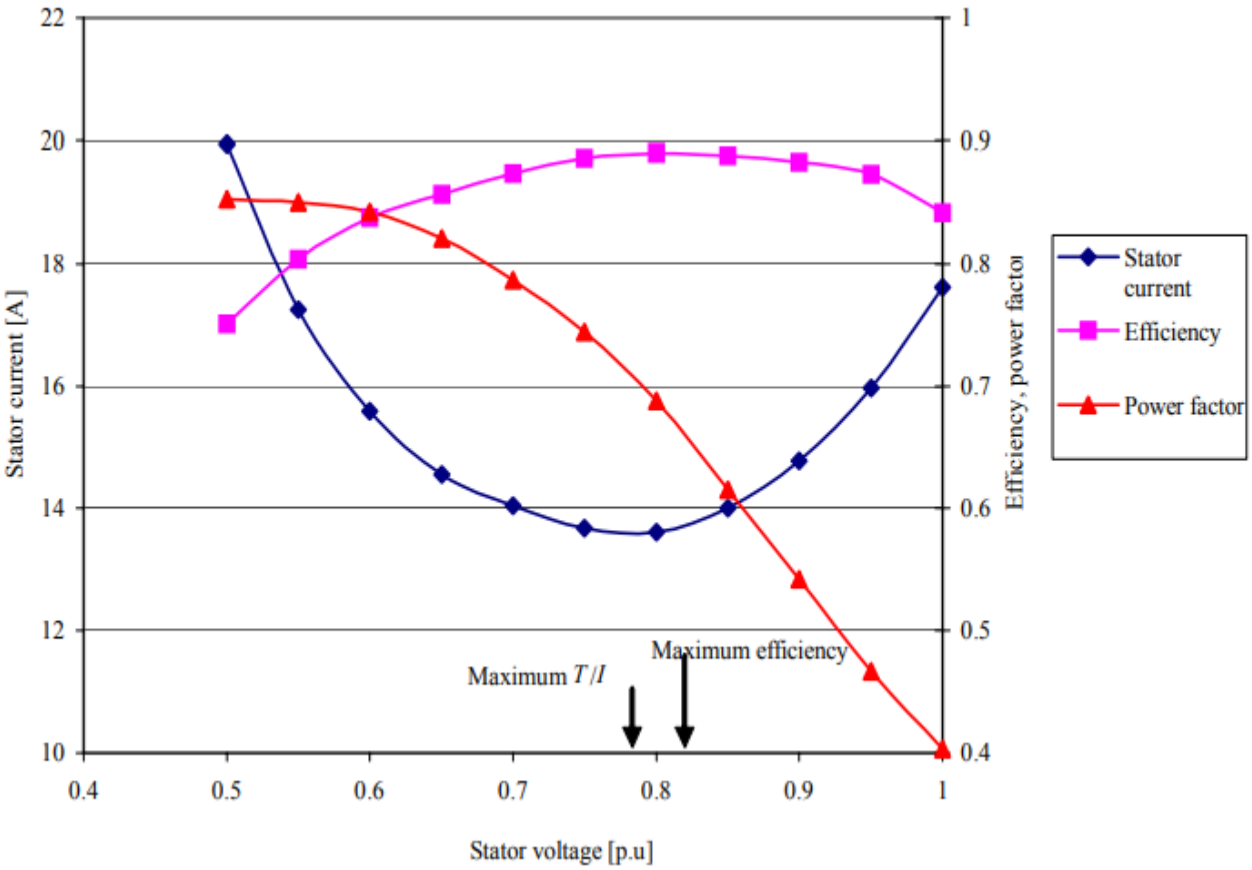
Trong thực tế, isd là thành phần tương ứng với dòng từ hoá, và isq là tổng của các rotor và stator. Trong thực tế, cân bằng của rotor và dòng từ hoá có thể được thực hiện bằng cách thay đổi mức độ thông lượng của máy. Khi mức thông lượng bị giảm,khả năng trượt sẽ tăng do đó làm tăng rotor hiện tại, nhưng hậu quả là giảm dòng từ hoá và ngược lại. Hình 3.26 cho thấy các thành phần khác nhau hiện tại của động cơ nguyên mẫu là một hàm của khả năng trượt tại mômen định mức tính toán bằng cách sử dụng mạch tương đương.Bằng cách thay đổi mức độ thông stator, giá trị tối thiểu cho stator hiện tại có thể được tìm thấy



Hình 3.30. thành phần hiện tại của động cơ nguyên mẫu tính toán phân tích

Bằng cách giảm thiểu thông lượng tối ưu, cả hai đồng stator và những biến tần bị mất được giảm thiểu. Hiệu quả của việc tối ưu hóa thông lượng trên những tổn thất sắt phụ thuộc vào việc máy được kích thước tương lên một tầm cao thông lượng thấp hơn hoặc cao hơn so với thông lượng tối ưu. Trong trường hợp sau, cũng là tổn thất sắt đang giảm khi mức độ thông lượng được tối ưu hóa. Điều này có thể dễ dàng được kiểm tra bằng cách giảm nhẹ mức độ thông lượng của động cơ trong quá trình hoạt động; nếu

giảm hiện nay, động cơ được kích thước nâng lên một thông lượng cao hơn so với thông lượng tối ưu, và ngược lại. Đối với cảm ứng, nó có thể được thực hiện để sử dụng một dòng hơi cao hơn mức cần thiết, như mô-men tăng tương ứng với mật độ từ thông khe hở không khí bình phương. Một mức độ thông lượng cao hơn sẽ dẫn đến một hiệu suất động tốt hơn. Sau khi tất cả kết quả thường là một tham số ít quan trọng hơn so với hiệu suất năng động . Khi mức thông lượng thấp hơn được áp dụng để tối ưu hóa, phản ứng năng động hủy, và không có thay đổi mô-men mà có thể gây nguy hiểm cho sự ổn định của ổ đĩa. Trong tốc độ chạy liên tục, nó rất thuận tiện để điều khiển động cơ với một tham chiếu thông lượng như vậy là để giảm thiểu các hiện tại một mô-men nhất định. Với thiết kế cho mật độ thông lượng cao, điều này có nghĩa là thông lượng của động cơ nên được giảm khi động cơ hoạt động ở tải không đáng kể, và khi mô-men là để được sử dụng ở mức độ thông lượng được tăng lên một giá trị tối đa. Hình. 3.31 cho thấy cách stator hiện nay, và hệ số công suất của động cơ nguyên mẫu phụ thuộc vào điện áp đầu vào tại mô-men và tốc độ đánh



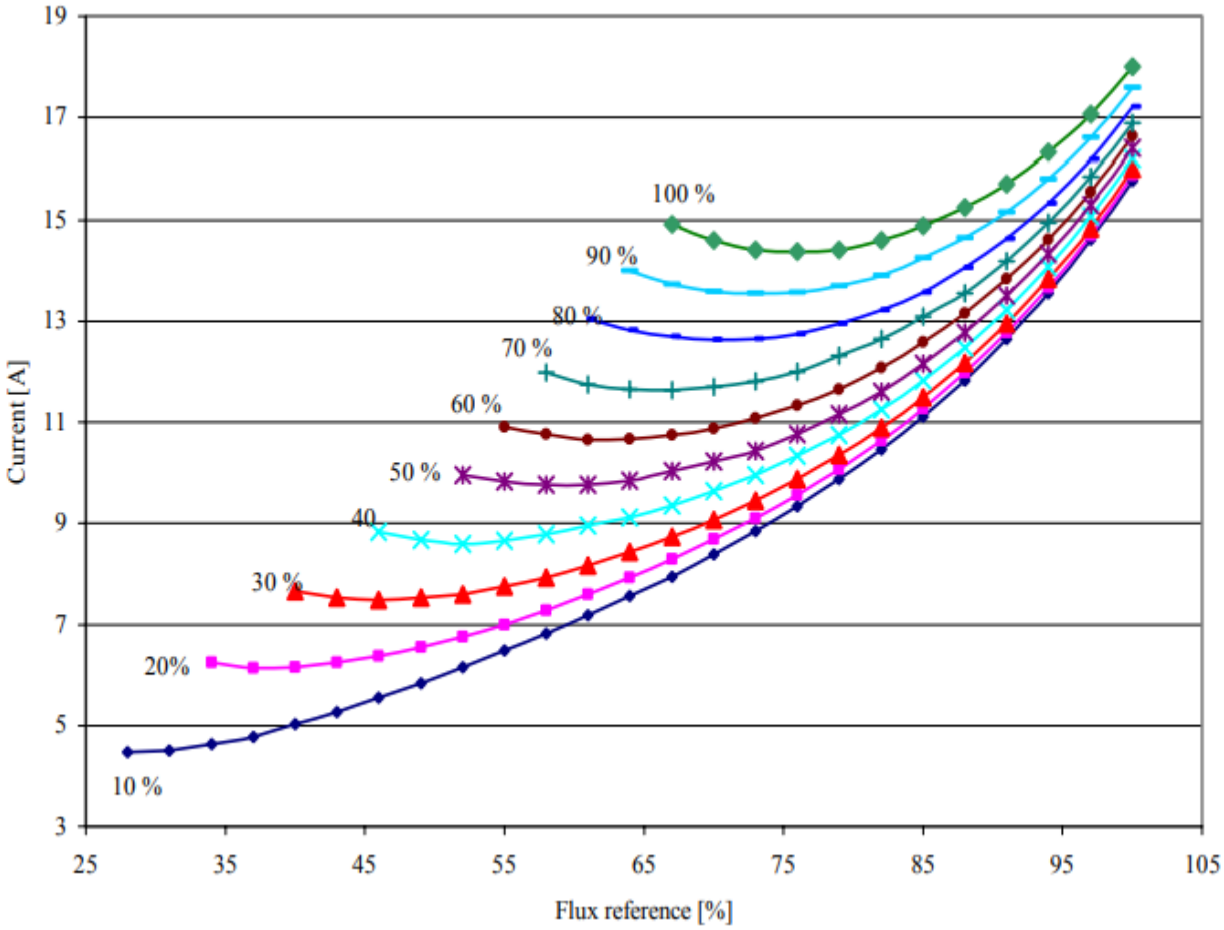
Hình 3.31. Hiệu quả stator và hệ số công suất như một chức năng của stator điện áp với tải không đổi Tn tính toán với FEM. Điện áp đầu vào có một vai trò quan trọng vào đặc điểm hoạt động của động cơ. Sự khác biệt tối đa giưa T / I và hiệu quả tối đa là tương đối nhỏ với động cơ này do tải từ cao của nó. Dòng điện định mức của PMSM là 8,7 A.

Hình 3.31 cho thấy rằng bằng cách giảm thông lượng khe hở không khí trong động cơ này xấp xỉ 20%, hiện tại có thể được giảm đáng kể (đến một giá trị tối thiểu) và do đó, cả hiệu quả và hệ số công suất được tăng lên. Hơn nữa, thông lượng tối thiểu hóa hiện nay là gần như giống nhau nhằm tối đa hóa hiệu quả. Khi thông lượng được giảm từ giá trị đánh giá, những tổn thất sắt đang giảm

gần như tương ứng với mật độ thông lượng bình phương, và những tổn thất đồng stator được giảm tương ứng với số bình phương hiện tại.. Tuy nhiên, đồng stator và tổn thất sắt có ảnh hưởng lớn hơn so với những tổn thất rotor, và do đó hiệu quả sẽ tăng lên

Ảnh hưởng của mức độ thông lượng trên động cơ hiện nay đã được xác minh trong phòng thí nghiệm với động cơ nguyên mẫu bằng cách thực hiện các phép đo dòng điện động cơ mười mức tải khác nhau từ 10% mô-men lên đến mômen định mức. Tại mỗi tải, thông lượng được giảm đến một giá trị mà hiện tại đã được giảm thiểu.

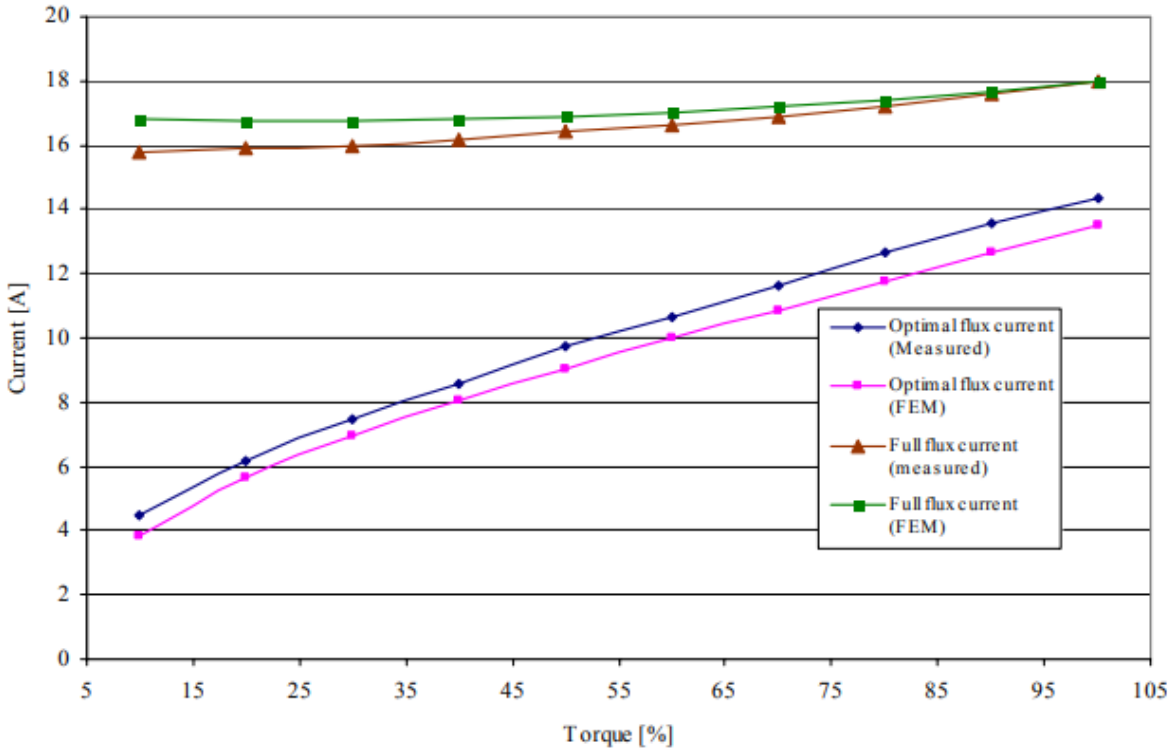
Các kết quả được trình bày trong hình dưới. Động cơ được cung cấp với một bộ chuyển đổi tần ACS600, với một lực kế Magtrol Vibrometer như là một tải.



Hình 3.32. Các dòng của mô-men động cơ nguyên mẫu như một tham số với một biến tần ABB ACS600 đo bằng máy phân tích điện Yokogawa PZ4000. Mức liên kết có ảnh hưởng đáng kể đối với các động cơ hiện nay đặc biệt là ở phần tải

Hình 3.32 cho thấy rõ tầm quan trọng của mức độ thông lượng trên động cơ cảm ứng hiện nay, đặc biệt là ở phần tải. Stato hiện tại có thể được ít thậm chí 50% nếu mức thông lượng được lựa chọn đúng đắn. Điều này chắc chắn có ảnh hưởng đến hiệu quả của máy, như những tổn thất stator đồng thường là thành phần bị mất ưu thế trong các máy cảm ứng nhỏ. Theo mô phỏng FEM, mức thông lượng nên được tăng lên khi tăng mô-men tải để giảm thiểu stator

hiện hành. Các dòng tối thiểu như một chức năng của mô-men được hiển thị trong hình dưới, cả hai tính bằng FEM và đo với nguyên mẫu. Hình 3.33 cũng cho thấy các giá trị hiện tại dòng đánh giá(đánh giá thông và thông lượng tối ưu) là đáng kể

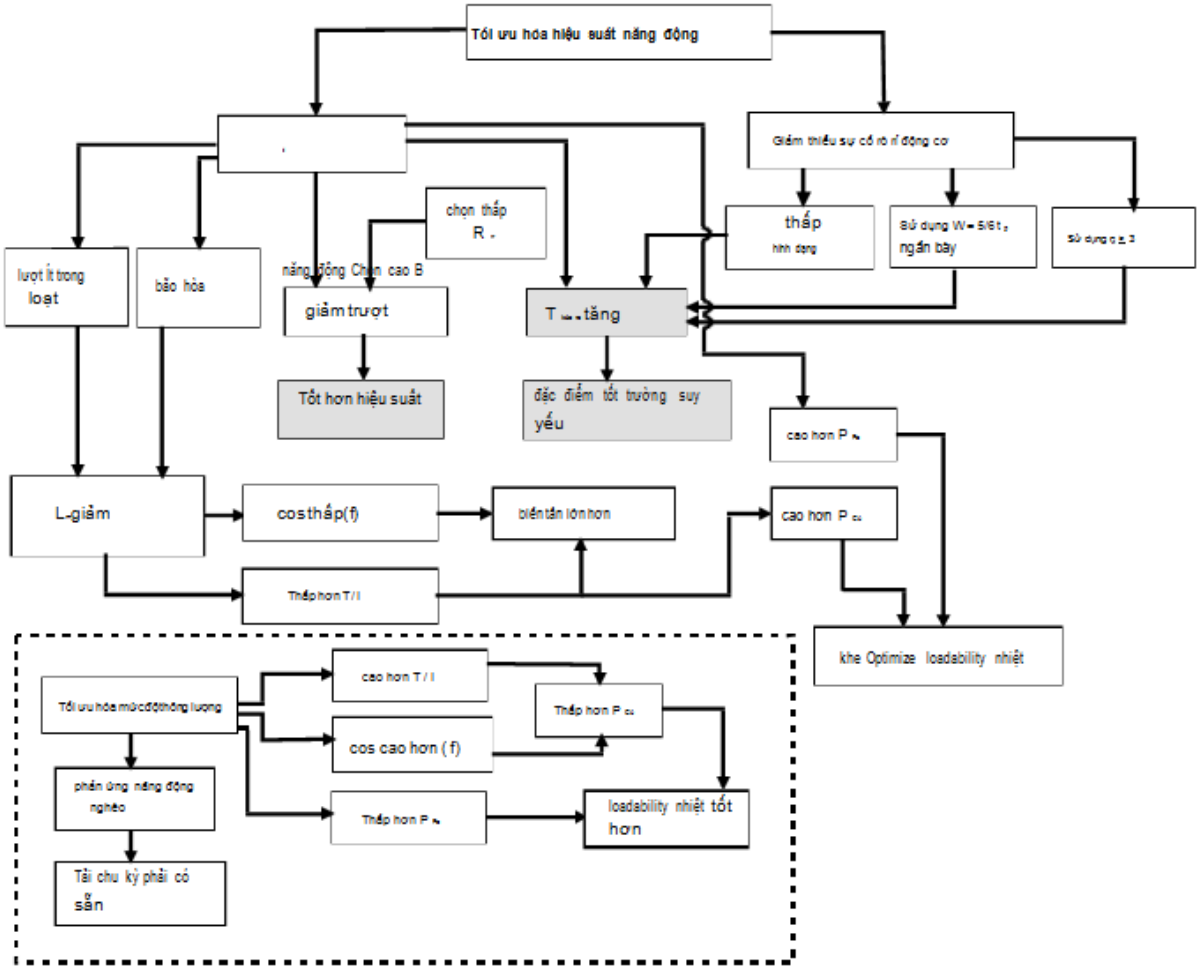


Hình 3.33. Thông lượng đánh giá giảm thiểu đo với nguyên mẫu và tính toán với FEM. Sự khác biệt giữa hai điều kiện thông lượng là đáng kể.

2.3.Kết luận

Trong phần này, các đặc điểm của một động cơ cảm ứng và một động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu trong các ứng dụng điều khiển chuyển động được phân tích. Phương pháp thiết kế cho động cơ cảm ứng tối ưu hóa khả năng quá tải. Có thể có được khả năng quá tải đầy đủ với một động cơ cảm ứng bằng cách giảm thiểu các cuộn cảm rò rỉ lớn, và động cơ cho một khoảng cách không khí

mức mật độ thông lượng cao. Đặc tính dòng suy yếu của một động cơ như vậy là tốt hơn so với một PMSM bề mặt nam châm, mà làm cho nó một sự lựa chọn hấp dẫn trong các ứng dụng đòi hỏi tốc độ hoạt động cao đáng kể. Do yêu cầu cao từ hóa hiện tại của một máy-flux cao, những hạn chế của một động cơ như là một hệ số công suất thấp, hiệu quả thấp, và thấp hơn mô-men tỷ lệ hiện hành, mà kết quả ví dụ trong một bộ chuyển đổi tần số lớn hơn. Do đó, nếu có thể, mức độ thông lượng nên được kiểm soát như một chức năng của mô-men, đầy đủ các thông lượng nên được áp dụng chỉ khi mô-men quá tải rất cao. Người ta thấy rằng nó có thể cải thiện đáng kể các đặc điểm hoạt động của một động cơ cao bão hòa theo cách này. Hình 3.30 tóm tắt các tác động khác nhau do phương pháp thiết kế khác nhau, trong đó phải được áp dụng để tối ưu hóa hiệu suất năng động của một động cơ cảm ứng. Người ta thấy rằng nó có thể cải thiện đáng kể các đặc điểm hoạt động của một động cơ cao bão hòa theo cách này.

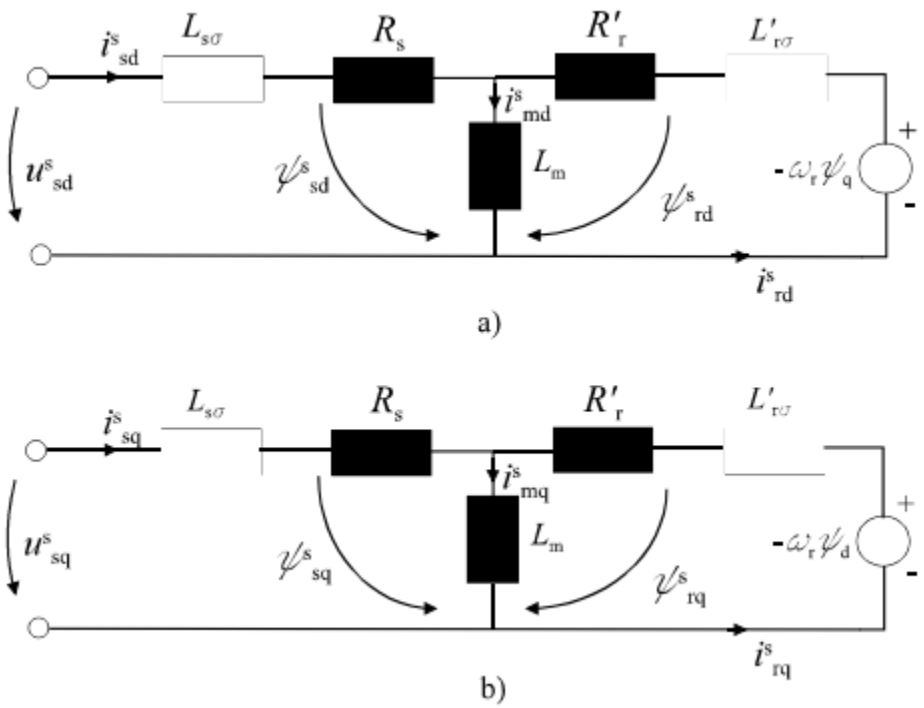


Hình 3.34. Tương tác trong quá trình tối ưu hóa hiệu suất năng động của một động cơ cảm ứng, được thảo luận trong chương này.

3.PHÂN TÍCH ĐỘNG NĂNG NHIỆT VỚI MÔ HÌNH KẾT HỢP NHIỆT-ĐIỆN TỪ CỦA MỘT ĐỘNG CƠ CẢM ỨNG

3.1.Model điện từ của một động cơ cảm ứng

Phần điện của mô hình dựa trên các mạch tương đương một pha ở stator đồng hệ thống phối trong hướng d và hướng q, thể hiện trong hình 3.35.



Hình 3.35. Giai đoạn đơn mạch tương đương với một cảm ứng động cơ a) trong stator d-trục, và b) trong stator q trục.

Từ hình. 3.35, phương trình cho stator mối liên kết dòng và điện áp có thể được viết dưới dạng

$$\psi^s_{sd} = L_s i^s_{sd} + L_m i^s_{rd} \quad ,$$
$$\psi^s_{sq} = L_s i^s_{sq} + L_m i^s_{rq} \quad ,$$

$$u^s_{sd} = R_s i^s_{sd} + \frac{d}{dt}\left(\psi^s_{sd}\right)$$
$$u^s_{sq} = R_s i^s_{sq} + \frac{d}{dt}\left(\psi^s_{sq}\right)$$

và tương tự cho các điện áp rotor và các mối liên kết thông lượng

$$\psi_{rd}^{s} = L_r i_{rd}^{s} + L_m i_{sd}^{s} \quad ,$$
$$\psi_{rq}^{s} = L_s i_{rq}^{s} + L_m i_{sq}^{s} \quad ,$$

$$0 = R_r^{'} i_{sd}^{s} + \frac{d}{dt}\left(\psi_{rd}^{s}\right) + \omega_r \psi_{rq}^{s}$$
$$0 = R_r^{'} i_{sq}^{s} + \frac{d}{dt}\left(\psi_{rq}^{s}\right) - \omega_r \psi_{rd}^{s}$$

Mômen điện từ ***T*** em của máy có thể được thể hiện theo hình thức

$$L_s = L_{s\sigma} + L_m$$
$$L_r = L_{r\sigma} + L_m$$

và bằng cách chia thành các thành phần

$$T_{em} = \frac{3}{2} p\left(\psi_{sd}^{s} i_{sq}^{s} - \psi_{sq}^{s} i_{sd}^{s}\right)$$

Các cơ chế của hệ thống được mô hình hóa bằng phương trình sau đây

$$T_{em} - T_{load} = J \frac{d}{dt}(\Omega)$$

Ở đây T tải là mô-men tải, J là quán tính của động cơ và tải, và Ω tốc độ cơ khí, có thể được viết như sau

$$\Omega = \frac{1}{J} \int \left(T_{em} - T_{load}\right) dt$$

Các đầu vào cho các mô hình động cơ điện là tần số, điện áp, và mô-men, và các kết quả mô hình là RMS dòng và điện áp, mômen điện từ, và trượt. Từ các dòng và điện áp,

các thành phần mất mát khác nhau của máy được tính theo block tính mất kết nối giữa các bộ phận điện và nhiệt của mô hình

3.2. Các phương pháp truyền nhiệt

3.2.1.Nung đối lưu

Bởi sự đối lưu, nhiệt được truyền từ rắn hoặc là khí hoặc chất lỏng thông qua các lớp bề mặt, luôn luôn từ nhiệt độ cao đến thấp. Đối lưu có thể là sự đối lưu tự nhiên hoặc cưỡng bức, tùy thuộc vào việc có một thiết bị bên ngoài. Trong sự đối lưu tự nhiên, truyền nhiệt được gây ra bởi lực hấp dẫn tác động lên các biến mật độ gần phần ranh giới ở giưa

$$P_{\text{conv}} = h_c A \Delta T$$

Ở đây A là khu vực, T là nhiệt độ và hệ số h c là hệ số nhiệt đối lưu chuyển (hay còn gọi là hệ số phi ranh giới), mà phụ thuộc vào nhiều yếu tố, chẳng hạn như hình dạng và kích thước của bề mặt, đặc tính lưu lượng, nhiệt độ, và vật liệu đặc điểm của chất lỏng. Trong máy điện, truyền nhiệt bởi sự đối lưu xảy ra chủ yếu ở ba miền

- truyền nhiệt đối lưu giữa khung và không khí xung quanh
- truyền nhiệt đối lưu giữa các cuộn dây cuối và không khí cuối cùng khu vực
- truyền nhiệt đối lưu giữa stator hoặc các cánh quạt và khe hở không khí

Thông thường, khung máy điện được trang bị vây làm mát, mà làm cho việc tính toán truyền nhiệt đối lưu từ khung với môi trường xung quanh rất khó khăn, và hệ số này thường được xác định bằng cách kiểm tra thực nghiệm. Hệ số truyền nhiệt đối lưu từ khung với môi trường xung quanh có thể được tìm thấy bằng cách chạy động cơ liên tục, và bằng cách đo nhiệt độ bề mặt khung bên ngoài và tổng thiệt hại máy. Tương tự như vậy, việc tính toán chính xác về

truyền nhiệt đối lưu từ các cuộn dây cuối cùng là thực tế không thể, như hình học Tính đến cuối quanh co là quá phức tạp. Việc chuyển nhiệt đối lưu từ cuối cùng quanh co cũng có thể được xác định bằng thực nghiệm. Cũng là truyền nhiệt từ rotor vào stato qua khe hở không khí là vô cùng khó khăn để mô hình, do khía của stato (và đôi khi cũng rotor) gây rối loạn chất lỏng trong khe hở không khí, các mô hình chính xác trong số đó là không thể.

Hệ số truyền nhiệt đối lưu trong khe hở không khí được lấy từ số Nusselt bằng cách đầu tiên xác định con số của Taylor và Prandtl cho khe hở không khí. Một số Taylor không thứ nguyên được lấy từ số Couette Reynold (đối với xi lanh kèm theo), được định nghĩa là

$$Re_{\delta} = \frac{\rho v_{\text{circ}} \delta}{\mu}$$

Ở đây ρ là mật độ của chất lỏng, v circ là tốc độ chu vi của rotor, δ các bố trí hình tròn chiều dài khe hở không khí, và μ độ nhớt động của chất lỏng. Bây giờ số của Taylor có thể được lấy từ

$$Ta = Re_{\delta}^2 \frac{\delta}{r}$$

Ở đây r là bán kính của rotor. Phương trình cho số Prandtl có thể được thể hiện dưới dạng

$$Pr = \frac{\mu c_{\text{th}}}{\lambda_{\text{air}}}$$

Ở đây ct là công suất nhiệt cụ thể và λ tính dẫn nhiệt của chất lỏng. Như tốc độ ngoại vi của rotor là thấp tốc độ (dưới 10,5 m / s) được xếp hạng dưới đây, và khe hở không khí là rất ngắn (0,3 mm), số của Taylor trở nên thấp. Và theo Boglietti (2002), số Nusselt là sau đó Nu = 2.0. Nếu dòng chảy khe hở không khí sẽ hỗn loạn, các phương trình sau đây của Boglietti thể được sử dụng

$$Nu = 0.386 \frac{1}{\sqrt{r_\delta \delta}} Pr^{0.27}$$

Cuối cùng, hệ số truyền nhiệt đối lưu trong khoảng cách không khí,hδ có thể được tính

$$h_\delta = \frac{Nu \lambda_{\text{air}}}{\delta}$$

Giá trị kháng nhiệt được sử dụng trong các tính toán mô tả các truyền nhiệt đối lưu trên bề mặt, có thể được tính như sau

$$R_{\text{th,conv}} = \frac{1}{Ah}$$

3.2.2.Phương pháp dẫn

Dẫn là cơ chế mà chuyển sức nóng bên trong môi trường rắn. Trong trường hợp tổng quát, dẫn có thể được mô tả với phương trình khuếch tán dựa trên luật r của Fourie

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{1}{\rho c}\left[\frac{\partial}{\partial x}\left(\lambda_x \frac{\partial T}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\lambda_y \frac{\partial T}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(\lambda_z \frac{\partial T}{\partial z}\right) + p\right]$$

Ở đây T là nhiệt độ, t thời gian, ρ tỉ trọng, c công suất nhiệt cụ thể, λ dẫn nhiệt, và p mật độ công suất tạo ra.. Trong mô hình mạch nhiệt, truyền nhiệt được giải quyết trong một chiều tại một thời điểm, và do đó phương trình trên có thể được viết lại để mang lại dòng nhiệt Φ th

$$\Phi_{\text{th}} = -\lambda A \frac{\mathrm{d}T}{\mathrm{d}x} \approx -\lambda A \frac{\Delta T}{x_2 - x_1}$$

và bằng cách thay thế các điện trở nhiệt Rth

$$R_{\text{th}} = \frac{\Delta T}{\Phi_{\text{th}}} = \frac{x_2 - x_1}{\lambda A}$$

Ttruyền nhiệt do đó có thể được mô phỏng theo cách tương tự như định luật Ohm. Đây là cách rất thuận tiện khi mô phỏng mạch sau đó có thể được áp dụng cho mô hình truyền nhiệt.

3.2.3.Phương pháp bức xạ

Thông lượng nhiệt tiêu tan bởi bức xạ có thể được biểu diễn bằng phương trình Stefan-Boltzmann

$$\Phi_{\text{th}} = \varepsilon \sigma_{\text{SB}} \left(T_1^4 - T_2^4 \right)$$

Ở đây ε là độ phát xạ, σ SB hằng số (5,67 × 10-8 J / s / m 2 / K 4), và T nhiệt độ. phát xạ ε thay đổi từ 0 của một loại vật liệu "trong suốt" tới 1 của một vật đen. Tuy nhiên, trong thực tế, phát xạ cho một bề mặt sơn đen thường khoảng 0,9. Trong phân tích này, bức xạ chỉ từ khung để môi trường xung quanh được

đưa vào,và bức xạ ví dụ bên trong máy được bỏ qua.Kháng nhiệt của bức xạ từ khung xe đến môi trường xung quanh có thể được tính

$$R_{\text{th}} = \frac{T_{\text{frame}} - T_{\text{amb}}}{\varepsilon \sigma_{\text{SB}} A_{\text{frame}} \left(T_{\text{frame}}^4 - T_{\text{amb}}^4 \right)}$$

3.3.Mạng nhiệt của một động cơ cảm ứng

Bởi vì có rất nhiều sự giống nhau giữa các mạch điện và nhiệt, truyền nhiệt có thể được giải quyết bằng cách sử dụng các mạch tương tự, nơi kháng nhiệt tương ứng với kháng điện, thông lượng nhiệt tương ứng với hiện hành, và chênh lệch nhiệt độ tương ứng với điện áp. Ngoài ra, điện dung nhiệt được yêu cầu trong mô hình là trọng tâm chính là trên mô hình động. Mạng nhiệt được xây dựng bằng cách đầu tiên chia động cơ thành các phần hình học riêng biệt, được kết nối với bộ phận lân cận thông qua điện trở nhiệt. Như sự quan tâm chính của nghiên cứu là trong truyền nhiệt thoáng, điện dung nhiệt được thêm vào tất cả các phần bao gồm từ các vật liệu rắn. Phần riêng lẻ mà bao gồm các mô hình là

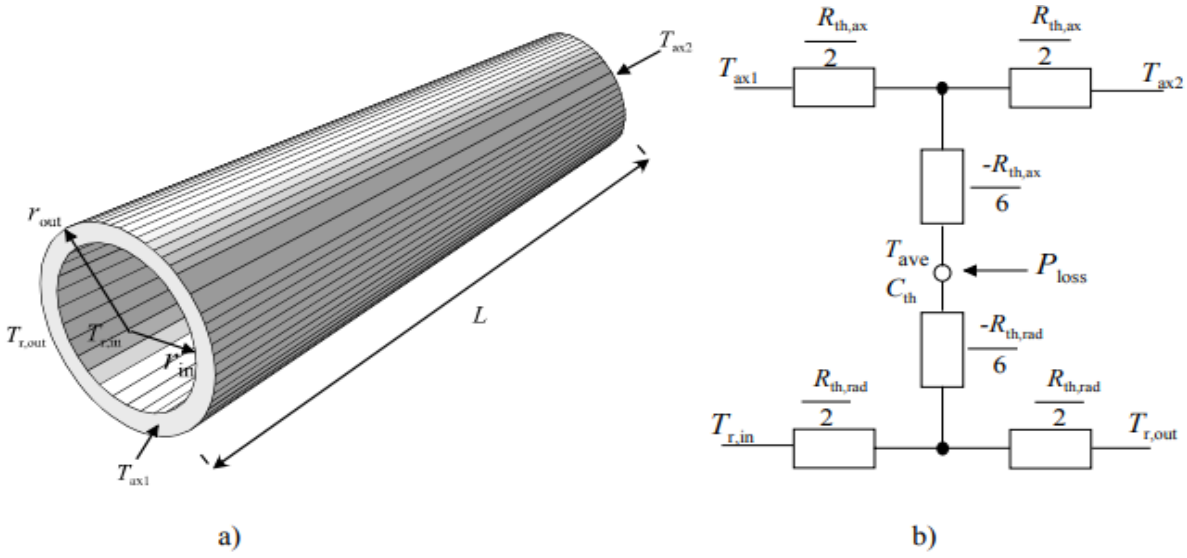
1. Frame (Cth)
2. Stato ách (C th, Ploss)
3. Stato răng (C th, Ploss)
4. Stato vòng (Cth, Ploss)
5. Khoảng cách không khí
6. vòng End (Cth, Ploss)
7. Nắp không khí
8. Rotor vòng (Cth, Ploss)
9. Rotor sắt (Cth)
10. Trục (Cth)

C th sau khi các thành phần biểu thị dung nhiệt và P loss sự phát sinh nhiệt nội bộ do sự thua lỗ. Các mô hình được thực hiện bằng cách trình bày những 10 thành phần như các thành phần hình trụ, đối xứng với trục và mặt phẳng xuyên tâm của máy. Thành phần hình trụ được mô hình hóa với cái gọi là cấu hình

hai nút, nơi hai nút đại diện cho bố trí hình tròn và dòng nhiệt trục. Theo cách như vậy, các mô hình phụ thuộc vào bố trí hình tròn và dòng nhiệt trục là đơn giản nhất. Mô hình nhiệt đơn giản được trình bày ở phần cuối của chương này được xây dựng bằng cách sử dụng một cấu hình đơn nút chung. Bốn giả thiết được yêu cầu để biện minh cho việc xây dựng mô hình các bộ phận máy tính cá nhân như các thành phần hình trụ

1. Dòng nhiệt theo các hướng xuyên tâm và trục độc lập.
2. Nhiệt độ trung bình Tave xác định dòng nhiệt trong cả hai trục và hướng xuyên tâm.
3. Không có nhiệt theo chu vi luồng (ngoại trừ từ răng stato để stato sắt).
4. Dung nhiệt và tỏa nhiệt được phân bố đều

Hình 3.36 a) mô tả các thành phần hình trụ đơn giản, kích thước và nhiệt độ của nó, và hình b) các mạch nhiệt tương đương



Hình 3.36.Thành phần trụ nói chung và mạch nhiệt tương đương của nó

Trong hình trên, nhiệt độ trong các hướng xuyên tâm T r,out và T r,in là nhiệt độ trên bề mặt bên ngoài và bên trong của xi lanh tương ứng, và nhiệt độ theo các hướng trục Tax,1 và Tax,2 là nhiệt độ ở cả hai đầu. Rth,rad biểu thị kháng nhiệt cho dòng nhiệt tỏa tròn, và phù hợp R th,ax cho dòng nhiệt trục.Trong sắt do kháng nhiệt theo hướng xuyên tâm có thể được diễn tả như

$$R_{\text{th,rad}} = \frac{\ln\left(\frac{r_{\text{out}}}{r_{\text{in}}}\right)}{2\pi\,\lambda L}$$

và kháng nhiệt theo hướng trục

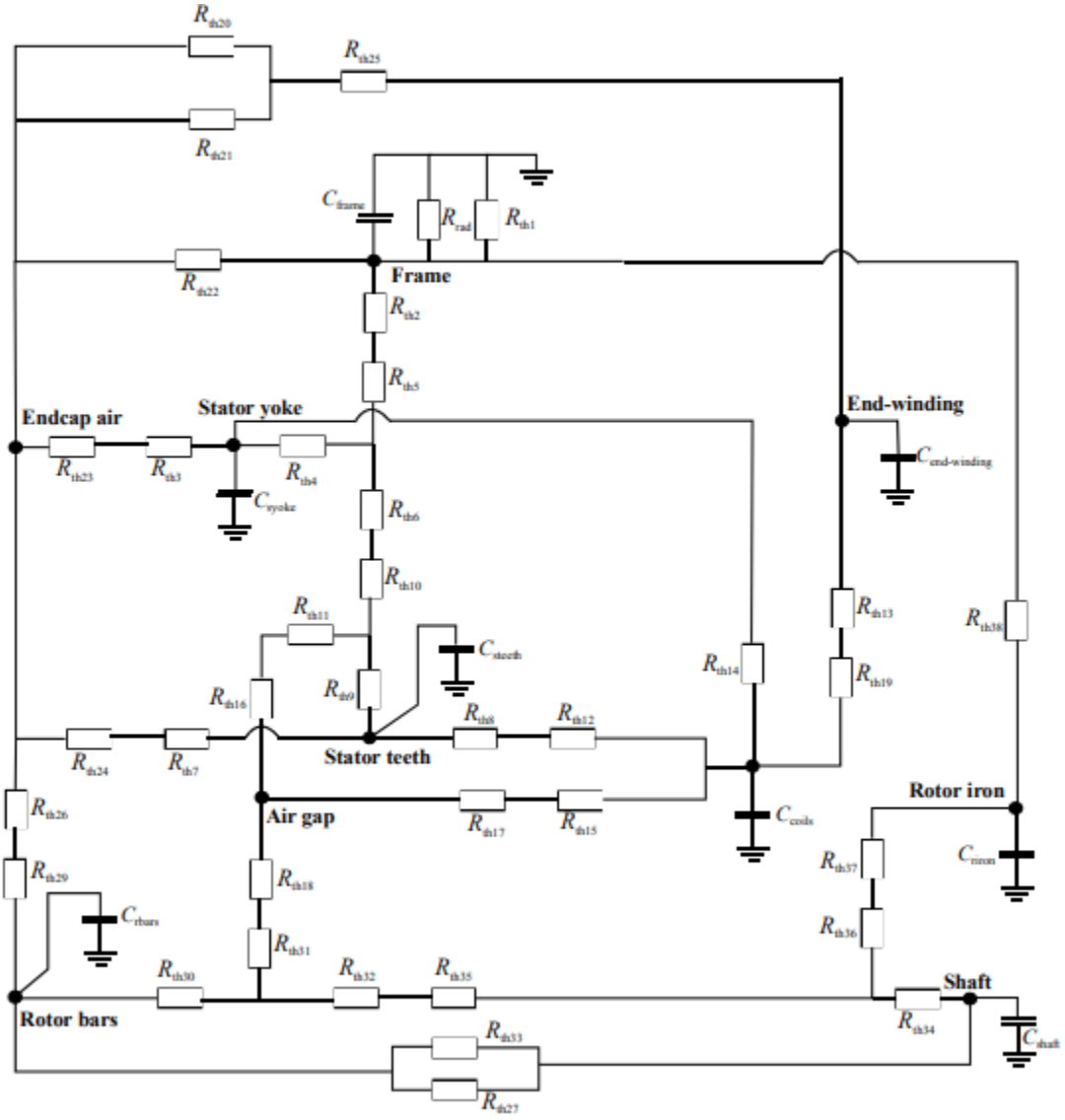
$$R_{\text{th,ax}} = \frac{\lambda\pi\left(r_{\text{out}}^2 - r_{\text{in}}^2\right)}{L}$$

Phần trên và dưới trong hình 3.43b) đại diện cho dòng nhiệt một chiều theo hướng trục và xuyên tâm tương ứng. Nếu có phát sinh nhiệt bên trong phần tử, một sức đề kháng tiêu cực có giá trị phải được thêm vào giữa điểm của sự phát sinh nhiệt và nút trung tâm của mỗi mô hình.Điều này là do thực tế rằng nếu không có kháng nối tiêu cực này, chồng chất của thế hệ nhiệt nội bộ sẽ dẫn đến nhiệt độ trung bình của nguyên tố Tave đó là thấp hơn giá trị được đưa ra bởi nút trung tâm Giá trị cho các tụ nhiệt có thể được tính

$$C_{\text{th}} = c_{\text{th}}\,m$$

Ở đây cth là dung nhiệt dung riêng và m khối lượng. Hai chiều mạng nhiệt cho mỗi mười yếu tố được xây dựng, và các mạng riêng biệt sau đó được kết nối

thông qua điện trở nhiệt của từng bộ phận ranh giới. Mô hình mạng nhiệt cho toàn bộ động cơ được thể hiện trong hình dưới



Hình 3.37. Mạng nhiệt của một động cơ cảm ứng dựa trên một đại diện phần hình trụ

3.4. Tổn hao của động cơ

Đầu vào trong mô hình mạng nhiệt là tổn hao điện của động cơ, có thể được chia thành bốn nhóm:

- Tổn hao đồng P_{Cu}
- Tổn hao sắt P_{Fe}
- Tổn hao bổ sung P_{add}
- Ma sát và gió phát ra tổn hao P_{Mech}

Với một bộ chuyển đổi tần số, luôn có điện áp và sóng hiện hành làm tăng thiệt hại động cơ, và do đó mô hình phải có khả năng đưa vào tài khoản cũng là tổn hao do sóng. Sóng cũng là do sự phân bố rời rạc của các khe và bởi các lỗ khe, nơi có một tối thiểu thấm cục bộ dưới các khe

3.5. Tổn hao sóng cơ bản

Các thành phần tổn thất khác nhau và phương trình của nó gây ra bởi sóng cơ bản được giới thiệu ngắn gọn dưới đây

Tổn hao đồng

Tổn hao đồng hình tỷ lệ lớn nhất trong máy tổng thiệt hại; chúng được tạo ra trong cuộn dây stator và rotor theo định luật Ohm

$$P_{\mathrm{Cu}} = mRI^2$$

Ở đây m là số giai đoạn, R là trở kháng và I dòng điện. Tổn hao đồng thay đổi theo nhiệt độ, như tăng trở kháng tỷ lệ thuận với nhiệt độ

$$R = R_{\mathrm{DC}}\left(1 + \alpha\Delta T\right)$$

Ở đây R DC là điện trở DC, α kháng hệ số nhiệt độ, và T nhiệt độ. Tổn hao stator đồng phải được tách ra thành tổn hao đồng xảy ra trong các khe và trong các cuộn dây cuối. Một chiều dài của một lượt stato duy nhất của một máy điện áp thấp nhỏ, cần thiết để tách kháng, xấp xỉ

$$l_{\text{turn}} = 2L + 2.4\tau_{\text{p}} + 0.1$$

Ở đây L là chiều dài và ngăn xếp τ p cực-pitch. Tương tự như vậy, việc tách các lỗ rotor đồng giữa các thanh và vòng cuối phải được thực hiện. Tách có thể được thực hiện với phương trình sau

$$\frac{P_{\text{bar}}}{P_{\text{ring}}} = 2\sin^2\left(\frac{\pi p}{Q_{\text{r}}}\right)\frac{l_{\text{b}}A_{\text{r}}}{l_{\text{r}}A_{\text{b}}}$$

Ở đây Q r là số lượng các thanh rotor, l b và Ab là chiều dài và diện tích của một thanh rotor tương ứng, và l r và A r là chiều dài và diện tích một đoạn vòng giữa hai thanh

Tổn hao sắt

Tổn hao sắt được tạo ra trong lõi tiến hành, và chúng có thể được chia thành trễ, hiện tại và dư thừa (được gọi là bất thường). Một phương trình thực nghiệm cho những tổn hao sắt mỗi đơn vị thể tích trong stator được viết dưới dạng

$$P_{\text{Fe}} = \left(k_{\text{h}}\hat{B}^2 f_{\text{s}} + \pi^2\frac{\sigma d^2}{6}\left(\hat{B}f\right) + k_{\text{e}}\left(\hat{B}f\right)^{1.5}\cdot 8.67\right)k_{\text{f}}$$

Ở đây kh và ke là hiện tượng trễ và các hệ số mất mát tương ứng, và k f là cán xếp yếu tố. B là mật độ thông lượng, f tần số, σ độ dẫn cán, và d độ dày cán. Chúng thường được cung cấp bởi các nhà sản xuất thép, hoặc họ có thể được xác định bằng thực nghiệm

Tổn hao bổ sung

Sắt và tổn hao dòng xoáy do luồng rò rỉ và bởi các rung động thông tần số cao được gọi là tổn hao bổ sung định nghĩa là một phần nhỏ của máy điện đầu vào

$$P_{\text{stray}} = 0.005 P_{\text{in}}$$

Về cơ bản có sáu khối cơ gây tổn hao bổ sung trong

- Tổn hao hiện hành trong đồng stator do khe rò rỉ thông lượng
- Tổn hao trong các cấu trúc cuối động cơ do rò rỉ thông lượng cuối
- Cao tần rotor và stator bề mặt tổn thất do răng-tip tản thông lượng
- Răng và đồng rotor tổn thất do luồng tản răng-tip
- Rotor đồng tổn thất do dòng tuần hoàn gây ra bởi các luồng tản
- Tổn hao sắt với động cơ sai lệch do tản nghiêng

Tổn hao cơ khí

Tổn hao cơ khí được chia thành ma sát và gió phát ra thiệt hại. Tổn hao ma sát được tạo ra trong vòng bi có thể phân tích như

$$P_{\text{b}} = 3\frac{k_{\text{b}} m_{\text{r}} \Omega}{100\pi}$$

Ở đây k b là một yếu tố có giá trị 1-3, mr là khối lượng của rotor, và Ω là tốc độ cơ khí. Lỗ gió phát ra được tạo ra tại các khe hở không khí bởi sự ma sát của không khí, và cũng có thể quạt tích hợp để trục. Lỗ gió phát ra cho các loại máy thuộc kích thước khung hình này là rất nhỏ so với cơ chế thiệt hại khác do tốc độ ngoại vi tương đối nhỏ. Hơn nữa, nó sẽ rất khó khăn để phân chia một cách chính xác những thiệt hại gió phát ra giữa rotor và stator

3.6.Ảnh hưởng nhiệt độ trên đặc điểm servo

3.6.1.Tác động lên các mô-men

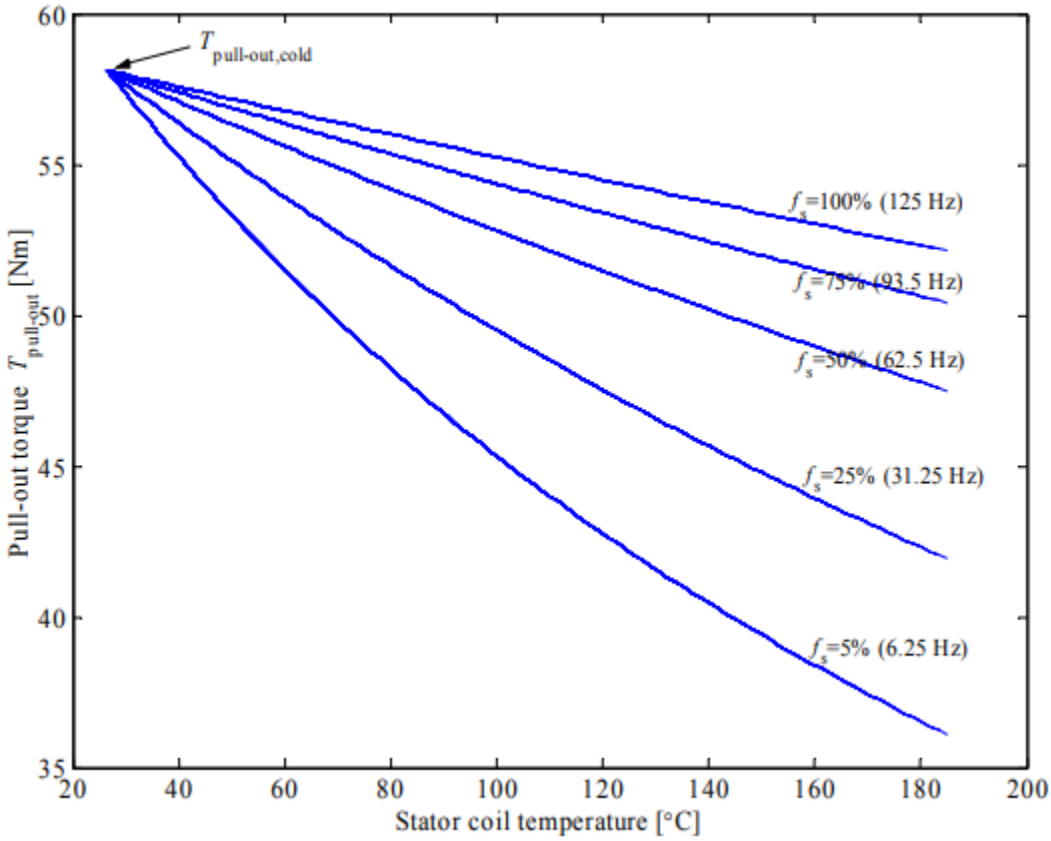
Các mô-men ở một máy cảm ứng chỉ phụ thuộc vào điện kháng máy ngắn mạch, và do đó trên tổng các stator và rotor rò rỉ

$$T_{\text{pull-out}} \approx \frac{mp}{2\left(L_{s\sigma} + L'_{r\sigma}\right)} \frac{U_s^2}{\omega_s^2}$$

Tuy nhiên, mô-men cũng phụ thuộc vào điện trở stato.Bằng cách thay thế các phương trình cho sự phụ thuộc nhiệt độ kháng vào phương trình cho mô-men ở phần II phương trình cho mô-men như một hàm của nhiệt độ được đưa ra trong các hình thức

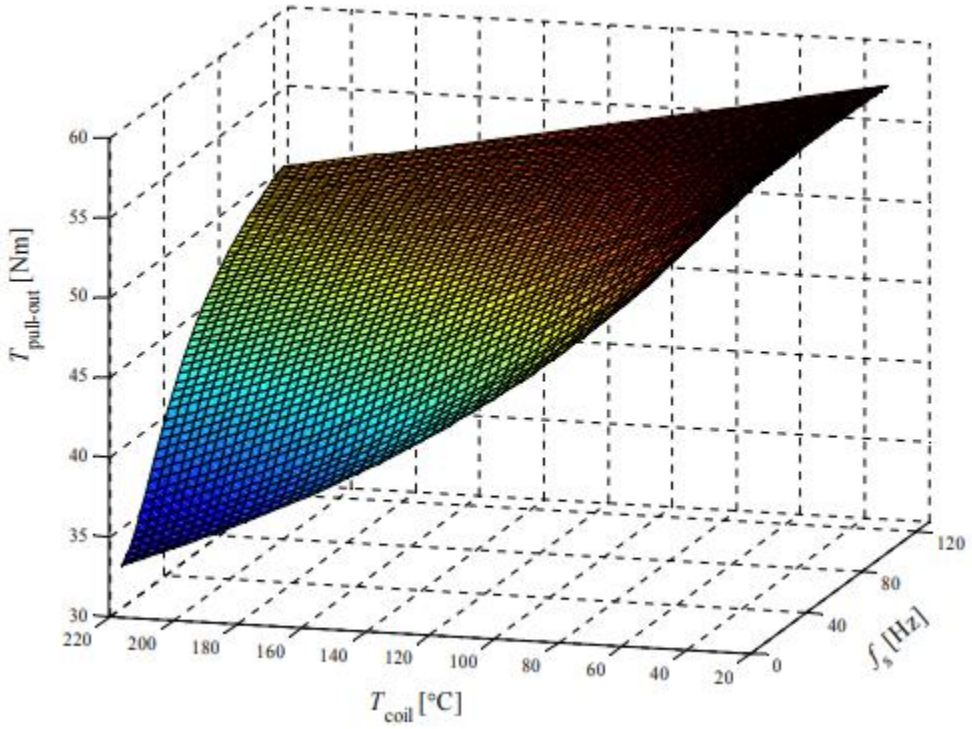
$$T_{\text{pull-out}}(T) = \frac{mp}{2\omega_s} \frac{U_s^2}{R_s\left[1 + \alpha_{Cu}\left(T_{ch} - T_{cc}\right)\right] + \sqrt{\left\{R_s\left[1 + \alpha_{Cu}\left(T_{ch} - T_{cc}\right)\right]\right\}^2 + \left(X_{s\sigma} + X'_{r\sigma}\right)^2}}$$

Ở đây Tch và Tcc là nhiệt độ của cuộn dây stator cho máy nóng lạnh, tương ứng, và α Cu là hệ số nhiệt độ kháng đồng (0,00393 Ω / ° C). Trong hình dưới, hành vi của các mô-men động cơ nguyên mẫu được vẽ như một hàm của nhiệt độ ở tần số khác nhau



Hình 3.38. Pull-out của động cơ nguyên mẫu là một hàm của nhiệt độ tại luôn luôn biến chuyển. Sự giảm sút trong mô-men xoắn kéo ra rất có ý nghĩa đặc biệt ở tần số thấp hơn (f N = 125 Hz). RI được áp dụng để giữ cho các thông khe hở không khí liên tục không phụ thuộc vào tốc độ. Nếu không có nó, mô-men sẽ tiếp tục giảm ở tần số thấp hơn do sự tổn thất điện áp stator điện trở.

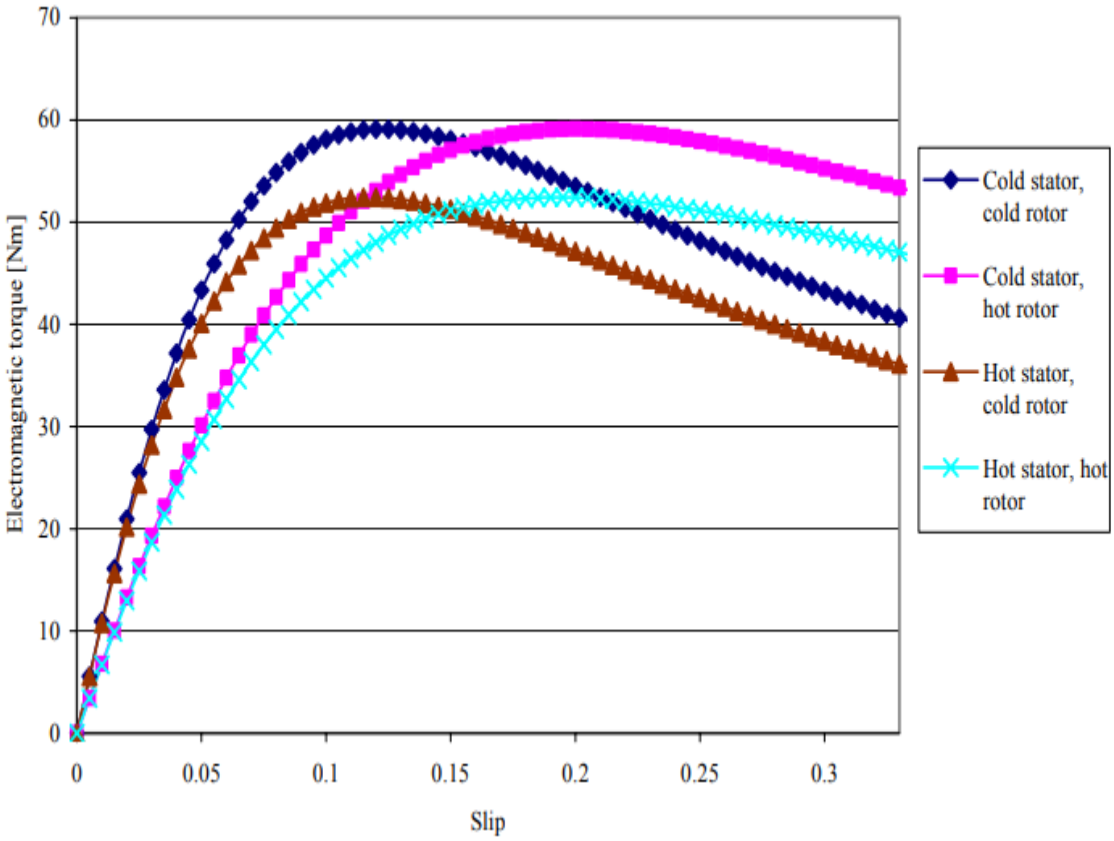
Trong hình dưới, động cơ nguyên mẫu pull-out được vẽ như một hàm của nhiệt độ và tốc độ



Hình 3.39. Phân tích tính pull-out của động cơ nguyên mẫu là một hàm của tần số stator và nhiệt độ của cuộn dây. Để bù đắp mô-men giảm, khoảng cách không khí liên kết nên được giữ liên tục không phụ thuộc vào tốc độ bằng cách tăng điện áp stator đối với tốc độ thấp nhất

3.6.2.Bù trượt do tăng nhiệt độ với dự toán rotor

Như sự gia tăng của điện trở stato giảm mô-men, sự gia tăng sức đề kháng rotor tăng trượt. Tăng 1 ° C nhiệt độ thanh rotor tăng trượt xấp xỉ 0,4%. Hình dưới cho thấy cách stator và rotor nhiệt độ ảnh hưởng đến các đặc điểm động cơ. Kháng rotor chỉ ảnh hưởng đến sự trơn trượt, trong khi kháng stator chủ yếu ảnh hưởng đến biên độ của mô-men. Cần lưu ý, nhiệt độ trong rotor và stator là thực tế luôn luôn nhiều hơn hoặc ít hơn và trường hợp là lạnh và nóng khác hiếm khi xảy ra. Tất cả kết hợp được hiển thị chỉ để minh họa cách hai tham số kháng ảnh hưởng đến các đặc điểm động cơ.



Hình 3.40.Ảnh hưởng của nhiệt độ stator và rotor trên những đặc điểm mô-men động cơ ở tốc độ không đáng kể. Nhiệt độ thanh rotor xác định trượt, trong khi nhiệt độ cuộn dây stator ảnh hưởng đến biên độ của mô-men và cũng có một chút sự trượt.

Sự gia tăng nhiệt độ của cả stator và rotor gây ra trượt và mô-men giảm. Sự gia tăng của trượt do đó làm tăng tổn thất rotor đồng, và làm giảm hiệu suất thoáng qua trong biến thể tải nhanh, như độ cứng mô-men giảm. Sự gia tăng trong kháng rotor có thể được bồi thường bằng cách tăng thông lượng khe hở không khí của động cơ, như trượt xấp xỉ tỉ lệ với nghịch đảo của bình phương của dòng khe hở không khí. Khi nhiệt độ của các thanh rotor không thể đo trực tiếp trong động cơ thương mại, nó có thể được ước tính từ trượt. Một động cơ cảm

ứng có thể được diễn tả bằng những bộ nổi tiếng sau đây của phương trình vi phân trong hệ quy chiếu quay đồng bộ.

$$\begin{bmatrix} u_{sq} \\ u_{sd} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_s + \frac{d}{dt}(L_s) & \omega_s L_s & \frac{d}{dt}(L_m) & \omega_s L_m \\ -\omega_s L_s & R_s + \frac{d}{dt}(L_s) & -\omega_s L_m & \frac{d}{dt}(L_m) \\ \frac{d}{dt}(L_m) & \omega_{slip} L_m & R_r' + \frac{d}{dt}(L_r') & \omega_{slip} L_r' \\ -\omega_{slip} L_m & \frac{d}{dt}(L_m) & -\omega_{slip} L_r' & R_r' + \frac{d}{dt}(L_r') \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{sq} \\ i_{sd} \\ i_{rq} \\ i_{rd} \end{bmatrix}$$

Khi thời gian nhiệt là hằng số của máy,, có nghĩa là tất cả các điều khoản phát sinh tốn nhiều thời gian, và phương trình đơn giản hoá thành dạng

$$\begin{bmatrix} u_{sq} \\ u_{sd} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_s & \omega_s L_s & 0 & \omega_s L_m \\ -\omega_s L_s & R_s & -\omega_s L_m & 0 \\ 0 & \omega_{slip} L_m & R_r' & \omega_{slip} L_r' \\ -\omega_{slip} L_m & 0 & -\omega_{slip} L_r' & R_r' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{sq} \\ i_{sd} \\ i_{rq} \\ i_{rd} \end{bmatrix}$$

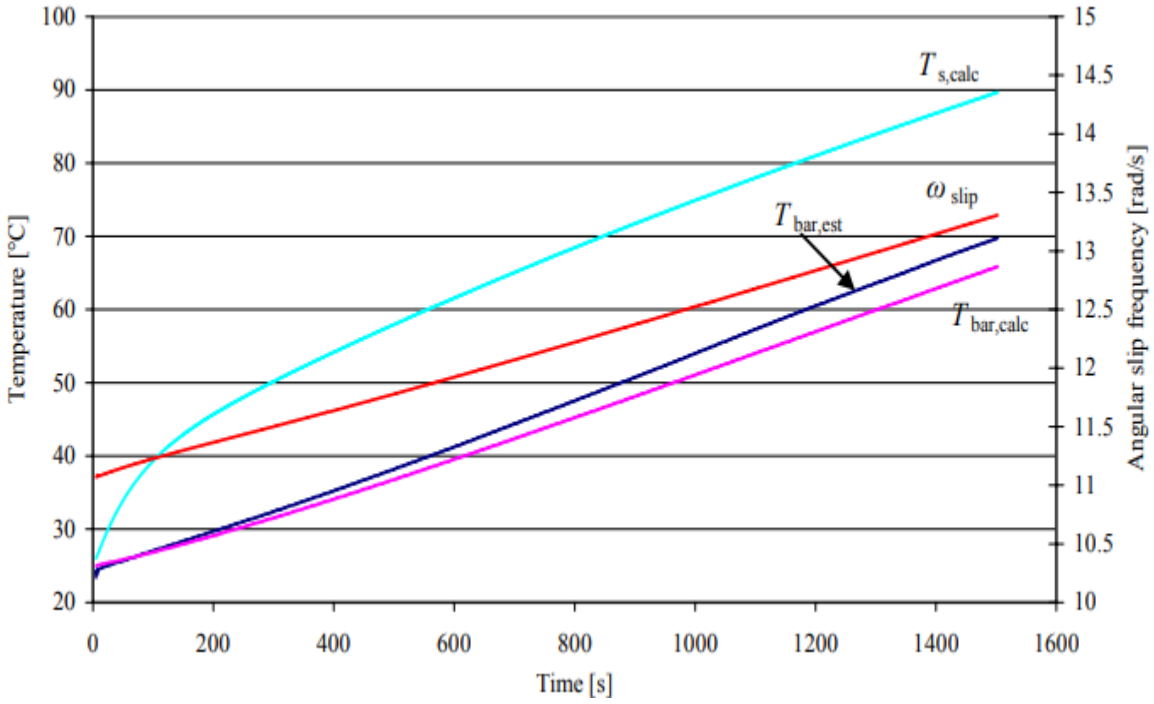
Bằng cách giải rotor và trực tiếp trục dòng, i_{rq} và $i_{rd,}$ tương ứng từ hàng 1 và 2, điện trở rotor R'_r có thể tính

$$R_r' = \omega_{slip} \left(\frac{-L_m^2 i_{qs} \omega_s + L_r R_s i_{ds} + L_r \omega_s L_s i_{qs} - L_r \omega_s L_s i_{qs} - L_r u_{sd}}{\omega_s L_s i_{ds} + R_s i_{ds} - u_{sq}} \right)$$

Cuối cùng, nhiệt độ rotor trong những rotor có thể được tính từ ước tính kháng rotor

$$T_{\text{rbar}} = \frac{R_{\text{r}}^{'} - R_{\text{r,cold}}^{'}}{\alpha_{\text{bar}} R_{\text{r,cold}}^{'}} + T_{\text{amb}}$$

Khi mô hình nhiệt được kết nối với các mô hình động cơ điện từ, các d và q trục điện áp và dòng đã có sẵn, mà làm cho việc thực hiện của rotor nhiệt độ khối ước tính rất đơn giản trong mô hình. Tuy nhiên, đã có khoảng 20% giá trị quá cao so với các kháng rotor so với giá trị đo được, nhưng khi nhiệt độ thanh rotor được tính từ sự thay đổi tương đối của kháng, giá trị tuyệt đối của kháng là không quan trọng. Hình dưới so sánh nhiệt độ rotor tính với mô hình mạng nhiệt từ



Hình 3.41. Nhiệt độ thanh rotor ước tính trực tiếp từ mô hình động cơ điện từ và tính từ mô hình mạng nhiệt từ 0 1500 s. Nhiệt độ rotor ước lượng từ mô hình động cơ điện và điều chỉnh tần số trượt góc cho trong độ chính xác hợp lý kết quả tương tự như mô hình mạng nhiệt

Hình 3.39 cho thấy rằng nó có thể để ước tính kháng rotor và nhiệt độ với độ chính xác hợp lý từ các thông số động cơ, dòng điện và điện áp d và q-trục, và tần số trượt. Servodrives AC hiện đại được trang bị điều khiển vector, vì nó đảm bảo hiệu suất năng động đầy đủ, có nghĩa là các thông số cần thiết để ước lượng kháng rotor không ngừng tính toán. Nhiệt độ điều chỉnh giá trị của điện trở stato là cần thiết trong việc bù mô-men do nhiệt độ tăng lên, và các kháng rotor điều chỉnh là cần thiết nếu trượt liên tục không phụ thuộc vào nhiệt độ. Bằng cách giữ phiếu thấp, hiệu suất năng động trong suốt quá độ tải nhanh vẫn còn cao. Cũng cần lưu ý rằng nếu không có bù trượt do nhiệt độ, tồn tại một phản hồi tích cực từ nhiệt độ rotor. Khi tăng sức đề kháng rotor này khiến động cơ chạy ở một phiếu cao hơn, một tỷ lệ lớn hơn về sức mạnh khe hở không khí được chuyển thành nhiệt tại các quán bar rotor, mà còn tăng thêm tính kháng rotor và do đó trượt.

4.Kết luận

Chương này để tìm hiểu tính chất và yêu cầu của hệ truyền động điện và phân tích nhiệt động của một động cơ cảm ứng với mô hình điện từ nhiệt ghép .Khớp nối các mô hình hai làm tăng độ chính xác, là mô hình có tính đến những thay đổi trong đặc điểm điện từ của động cơ do sự gia tăng nhiệt độ. Giao diện đồ họa làm cho các mô hình rất dễ sử dụng, và sự thích ứng của các ứng dụng ổ đĩa động cơ khác nhau rất dễ dàng. Một lợi ích nữa của mô hình là thời gian tính toán ngắn, như mô hình là một hoàn toàn phân tích, ít nhất là khi

so sánh với các phương pháp FEM-based. Mô hình này đã được xác minh trong phòng thí nghiệm với động cơ nguyên mẫu kiểm soát với một bộ chuyển đổi tần ACS600 và nạp với một eddy- hiện phanh-lực kế. Sự tương ứng giữa đo và nhiệt độ mô phỏng khá tốt và trạng thái ổn định. Hạn chế của mô hình là nó đòi hỏi một sự hoàn chỉnh chiều và vật liệu dữ liệu của động cơ. Do đó, một mô hình mạng nhiệt đơn giản được xây dựng để nghiên cứu cho dù đó có thể ước tính đúng nhiệt độ động cơ bằng cách chỉ sử dụng các thông số quan trọng nhất. Các mô phỏng với mô hình đơn giản cho thấy các mô phỏng của nhiệt độ quanh co có thể cũng với mô hình đơn giản

KẾT LUẬN

Sau thời gian ba tháng nỗ lực tìm hiểu và nghiên cứu, đến nay đồ án tốt nghiệp của em đã hoàn thành với những nội dung cụ thể sau:

- Tìm hiểu những loại động cơ sử dụng trong công nghiệp
- Tìm hiểu những tính chất và yêu cầu của các loại động cơ sử dụng trong công nghiệp

Đồ án tốt nghiệp của em đã hoàn thành với sự cố gắng của bản thân trong việc tìm hiểu sản phẩm, ứng dụng và thao tác vận hành sản phẩm. Bằng những kiến thức đã được trang bị ở trường và tìm hiểu một số tài liệu tham khảo có liên quan đến vấn đề đang nghiên cứu, em đã cố gắng trình bày đồ án một cách ngắn gọn và đầy đủ nhất. Tuy nhiên do trình độ còn hạn chế, kinh nghiệm thực tế còn chưa nhiều nên đề tài của em còn có nhiều khiếm khuyết. Qua đây, em mong muốn nhận được ý kiến đóng góp của các thầy cô giáo và các bạn sinh viên để đồ án của em ngày càng hoàn thiện hơn.

Em xin chân thành cảm ơn GS TSKH Thân Ngọc Hoàn, cùng các thầy cô giáo trong bộ môn: Điện tự động công nghiệp - Trường Đại Học Dân Lập Hải Phòng đã giúp đỡ em trong quá trình làm đồ án này.

Sinh viên

Hoàng Tuấn Ngọc

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. PGS. TS. Bùi Đình Tiếu, Giáo trình Truyền động điện, NXB Giáo dục, 2004.

2. Bùi Quốc Khánh - Phạm Quốc Hải - Nguyễn Văn Liễn - Dương Văn Nghi, Điều chỉnh từ động truyền động điện, NXB Khoa học Kỹ thuật, 1998

3. Bùi Quốc Khánh - Nguyễn Văn Liễn - Nguyễn Thị Hiền, Truyền động điện, NXB Khoa học Kỹ thuật, 1998.

4. GS TSKH Thân Ngọc Hoàn (2005), Máy điện, Nhà xuất bản Xây dựng.

5. Bùi Đình Tiếu - Phạm Duy Nhi, Cơ sở Truyền động điện tự động, tập 1 & 2, NXB Đại học và trung học chuyên nghiệp, 1982.