

## LỜI NÓI ĐẦU

Để tiến hành công nghệ hoá, hiện đại hoá các doanh nghiệp cần phải tiến hành xây dựng lại các nhà máy, cơ sở sản xuất, trang thiết bị máy móc đưa công nghệ hiện đại hoá vào sản xuất. Hơn thế nữa, để vận hành tốt các nhà máy cần phải có một đội ngũ công nhân kỹ thuật có trình độ chuyên môn cao. Là một sinh viên sắp tốt nghiệp ngành điện công nghiệp và dân dụng, em hiểu rằng tự động hoá nghiệp công nghiệp đóng vai trò hết sức quan trọng trong sự phát triển của ngành công nghiệp Việt Nam. Trong đợt thực tập tốt nghiệp này em được thầy giáo **GS.TSKH. Thân Ngọc Hoàn** hướng dẫn em thiết kế đề án tốt nghiệp với đề tài là : "*Tìm hiểu phương pháp khởi động mềm của động cơ không đồng bộ roto lồng sóc, giữ cho  $M=const$* ".

Đề bài bao gồm 3 chương :

Chương 1: Động cơ không đồng bộ và các phương pháp khởi động.

Chương 2: Hệ thống khởi động mềm động cơ không đồng bộ.

Chương 3: Thiết kế và lắp ráp hệ thống khởi động mềm.

Để hoàn thành tốt được đề án, em đã được sự giúp đỡ rất nhiều của bộ môn điện công nghiệp tự động hóa và đặc biệt là sự giúp đỡ tận tình của thầy giáo **GS.TSKH.Thân Ngọc Hoàn**. Sau mười hai tuần làm đề án em đã hiểu được cấu tạo và nguyên lý hoạt động của động cơ không đồng bộ. Và qua đó em đã biết cách tính toán và thiết kế hệ thống khởi động động cơ không đồng bộ. Đó là những kinh nghiệm quý báu giúp em vững tin hơn trong công việc sau này. Mặc dù đã hết sức cố gắng nhưng đề tài của em vẫn còn nhiều thiếu sót, em rất mong được sự chỉ bảo của các thầy.

Em xin chân thành cảm ơn!

Hải Phòng, Ngày 25 tháng 10 năm 2011

Sinh viên:

Tô Mạnh Huy

## CHƯƠNG 1

# ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ ROTO LỒNG SÓC VÀ CÁC PHƯƠNG PHÁP KHỞI ĐỘNG

### 1.1. ĐỘNG CƠ KĐB ROTO LỒNG SÓC

Loại máy điện quay đơn giản nhất là loại máy điện không đồng bộ (đi bộ). Máy điện đi bộ có thể là loại một pha, hai pha hoặc ba pha, nhưng phần lớn máy điện đi bộ ba pha, có công suất từ một vài W tới vài MW, có điện áp từ 100V đến 6000V.

Căn cứ vào cách thực hiện rô to, người ta phân biệt hai loại: loại có rô to ngắn mạch và loại có rô to dây quấn. Cuộn dây rô to dây quấn là cuộn dây cách điện, thực hiện theo nguyên lý của cuộn dây dòng xoay chiều.

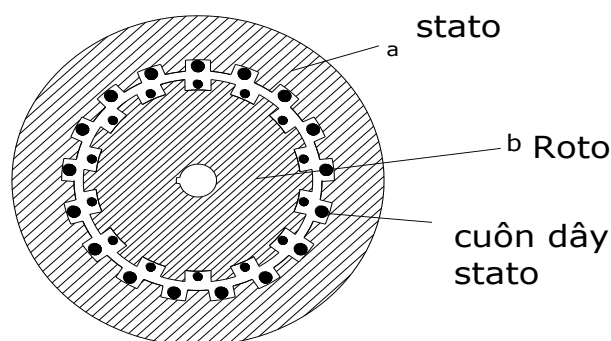
Cuộn dây rô to ngắn mạch gồm một lồng bằng nhôm đặt trong các rãnh của mạch từ rô to, cuộn dây ngắn mạch là cuộn dây nhiều pha có số pha bằng số rãnh. Động cơ rô to ngắn mạch có cấu tạo đơn giản và rẻ tiền, còn máy điện rô to dây quấn đắt hơn, nặng hơn nhưng có tính năng động tốt hơn, do đó có thể tạo các hệ thống khởi động và điều chỉnh.

#### 1.1.1. Cấu tạo

Máy điện quay nói chung và máy điện không đồng bộ nói riêng gồm hai phần cơ bản: phần quay (rô to) và phần tĩnh (stato). Giữa phần tĩnh và phần quay là khe hở không khí.

##### 1.1.1.1. Cấu tạo của stato

Stato gồm 2 phần cơ bản: mạch từ và mạch điện.



**Hình 1.1.** Cấu tạo động cơ không đồng bộ

**a. Mạch từ:**

Mạch từ của stato được ghép bằng các lá thép điện có chiều dày khoảng 0,3-0,5mm, được cách điện hai mặt để chống dòng Fuco. Lá thép stato có dạng hình vành khăn, phía trong được đục các rãnh. Để giảm dao động từ thông, số rãnh stato và rô to không được bằng nhau. Mạch từ được đặt trong vỏ máy.

Ở những máy có công suất lớn, lõi thép được chia thành từng phần được ghép lại với nhau thành hình trụ bằng các lá thép nhằm tăng khả năng làm mát của mạch từ. Vỏ máy được làm bằng gang đúc hay gang thép, trên vỏ máy có đúc các gân tản nhiệt. Để tăng diện tích tản nhiệt. Tùy theo yêu cầu mà vỏ máy có đế gắn vào bệ máy hay nền nhà hoặc vị trí làm việc. Trên đỉnh có móc để giúp di chuyển thuận tiện. Ngoài vỏ máy còn có nắp máy, trên nắp máy có giá đỡ ổ bi. Trên vỏ máy gắn hộp đấu dây.

**b. Mạch điện:**

Mạch điện là cuộn dây máy điện đã trình bày ở phần trên.

**1.1.1.2 Cấu tạo của rô to**

**a. Mạch từ:**

Giống như mạch từ stato, mạch từ rô to cũng gồm các lá thép điện kỹ thuật cách điện đối với nhau. Rãnh của rô to có thể song song với trục hoặc nghiêng đi một góc nhất định nhằm giảm dao động từ thông và loại trừ một số sóng bậc cao. Các lá thép điện kỹ thuật được gắn với nhau thành hình trụ, ở

tâm lá thép mạch từ được đục lỗ để xuyên trục, rô to gắn trên trục. Ở những máy có công suất lớn rô to còn được đục các rãnh thông gió dọc thân rô to.

### ***b. Mạch điện:***

Mạch điện rô to được chia thành hai loại: loại rô to lồng sóc và loại rô to dây quấn.

#### ***\* Loại rô to lồng sóc (ngắn mạch)***

Mạch điện của loại rô to này được làm bằng nhôm hoặc đồng thau. Nếu làm bằng nhôm thì được đúc trực tiếp và rãnh rô to, hai đầu được đúc hai vòng ngắn mạch, cuộn dây hoàn toàn ngắn mạch, chính vì vậy gọi là rô to ngắn mạch. Nếu làm bằng đồng thì được làm thành các thanh dẫn và đặt vào trong rãnh, hai đầu được gắn với nhau bằng hai vòng ngắn mạch cùng kim loại. Bằng cách đó hình thành cho ta một cái lồng chính vì vậy loại rô to này có tên rô to lồng sóc. Loại rô to ngắn mạch không phải thực hiện cách điện giữa dây dẫn và lõi thép.

#### ***\* Loại rô to dây quấn:***

Mạch điện của loại rô to này thường được làm bằng đồng và phải cách điện với mạch từ. Cách thực hiện cuộn dây này giống như thực hiện cuộn dây máy điện xoay chiều đã trình bày ở phần trước. Cuộn dây rô to dây quấn có số cặp cực và pha cố định. Với máy điện ba pha, thì ba đầu cuối được nối với nhau ở trong máy điện, ba đầu còn lại được dẫn ra ngoài và gắn vào ba vành trượt đặt trên trục rô to, đó là tiếp điểm nối với mạch ngoài.

### **1.1.2. Nguyên lý làm việc của máy điện dị bộ**

Để xét nguyên lý làm việc của máy điện dị bộ, ta lấy mô hình máy điện ba pha gồm ba cuộn dây đặt cách nhau trên chu vi máy điện một góc  $120^0$ , rô to là cuộn dây ngắn mạch. Khi cung cấp vào ba cuộn dây ba dòng điện của hệ thống điện ba pha có tần số  $f_1$  thì trong máy điện sinh ra từ trường quay với tốc độ  $60f_1/p$ . Từ trường này cắt thanh dẫn của rô to và stato, sinh ra ở

cuộn stato sđđ tự cảm  $e_1$  và cuộn dây rô to sđđ cảm ứng  $e_2$  có giá trị hiệu dụng như sau:

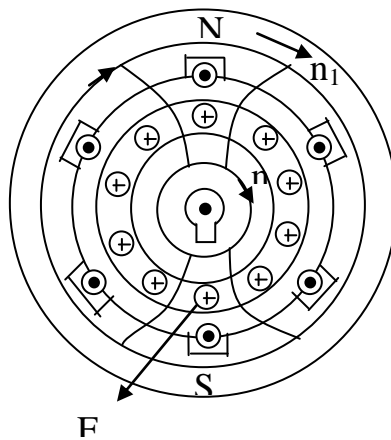
$$E_1 = 4,44W_1\Phi_1f_1k_{cd1} \quad (1.1)$$

$$E_2 = 4,44W_2\Phi_2f_2k_{cd} \quad (1.2)$$

Do cuộn rô to kín mạch, nên sẽ có dòng điện chạy trong các thanh dẫn của cuộn dây này. Sự tác động tương hỗ giữa dòng điện chạy trong dây dẫn rô to và từ trường, sinh ra lực đó là ngẫu lực (hai thanh dẫn nằm cách nhau đường kính rô to) nên tạo ra mô men quay. Mô men quay có chiều đẩy stato theo chiều chống lại sự tăng từ thông móc vòng với cuộn dây.

Nhưng vì stato gắn chặt còn rô to lại treo trên ổ bi, do đó rô to phải quay với tốc độ  $n$  theo chiều quay của từ trường. Tuy nhiên tốc độ này không thể bằng tốc độ quay của từ trường, bởi nếu  $n = n_{tt}$  thì từ trường không cắt các thanh dẫn nữa, do đó không có sđđ cảm ứng,  $E_2 = 0$  dẫn đến  $I_2 = 0$  và mô men quay cũng bằng không, rô to quay chậm lại, khi rô to chậm lại thì từ trường lại cắt các thanh dẫn, nên có sđđ, có dòng và mô men nên rô to lại quay. Do đó tốc độ quay của rô to khác tốc độ quay của từ trường nên xuất hiện độ trượt và được định nghĩa như sau:

$$s = \frac{n_{tt} - n}{n_{tt}} \cdot 100\% \quad (1.3)$$



**Hình 1.2.** Sơ đồ nguyên lý hoạt động của động cơ không đồng bộ

Do đó tốc độ quay của rô to có dạng:

$$n = n_{tt}(1 - s) \quad (1.4)$$

Do  $n \neq n_{tt}$  nên  $(n_{tt} - n)$  là tốc độ cắt các thanh dẫn rô to của từ trường quay.

Vậy tần số biến thiên của sđđ cảm ứng trong rô to biểu diễn bởi:

$$f_2 = \frac{(n_{tt} - n) \cdot p}{60} = \frac{n_{tt}}{n_{tt}} \cdot \frac{(n_{tt} - n) \cdot p}{60} = \frac{n_{tt} p}{60} \cdot \frac{n_{tt} - n}{n_{tt}} = sf_1 \quad (1.5)$$

Khi rô to có dòng  $I_2$ , nó cũng sinh ra một từ trường quay với tốc độ:

$$n_{tt2} = \frac{60f_2}{p} = \frac{60sf_1}{n_{tt}} = sn_{tt} \quad (1.6)$$

So với một điểm không chuyển động của stato, từ trường này sẽ quay với tốc độ:

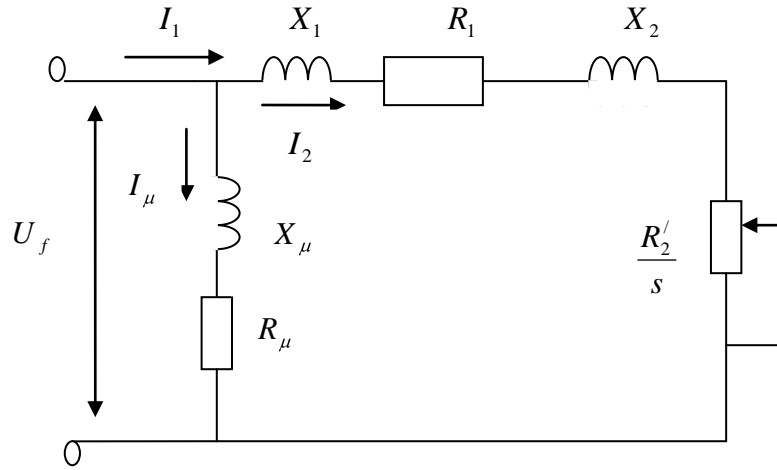
$$n_{tt2s} = n_{tt2} + n = s \cdot n_{tt} + n = s \cdot n_{tt} + n_{tt}(1-s) = n_{tt} \quad (1.7)$$

Như vậy so với stato, từ trường quay của rô to có cùng giá trị với tốc độ quay của từ trường stato.

### 1.1.3. Phương trình đặc tính cơ

Để thành lập phương trình đặc tính cơ của động cơ không đồng bộ ta dựa vào đồ thay thế với các giả thiết sau:

- Ba pha của động cơ là đối xứng.
- Các thông số của động cơ không đồng bộ không đổi.
- Tổng dẫn mạch từ hoá không thay đổi, dòng điện từ hoá không phụ thuộc tải mà chỉ phụ thuộc vào điện áp đặt vào stato động cơ.
- Bỏ qua các tổn thất ma sát, tổn thất trong lõi thép.
- Điện áp lưới hoàn toàn sin đối xứng ba pha



**Hình 1.3.** Sơ đồ thay thế động cơ không đồng bộ

- $U_{f1}$  : Trị số hiệu dụng điện áp pha
- $I_1, I_2', I_\mu$  : Dòng điện từ hoá, stato, dòng điện roto quy đổi về stato
- $R_1, R_\mu, R_2'$ : Điện trở tác dụng của mạch từ hoá của cuộn dây stato và rôto quy đổi về phía stato.

Phương trình mô men

$$M = \frac{3U_{f1}^2 R_2'}{\omega s \left[ \left( R_1 + \frac{R_2'}{s} \right) + X_{nm}^2 \right]} \quad (1.8)$$

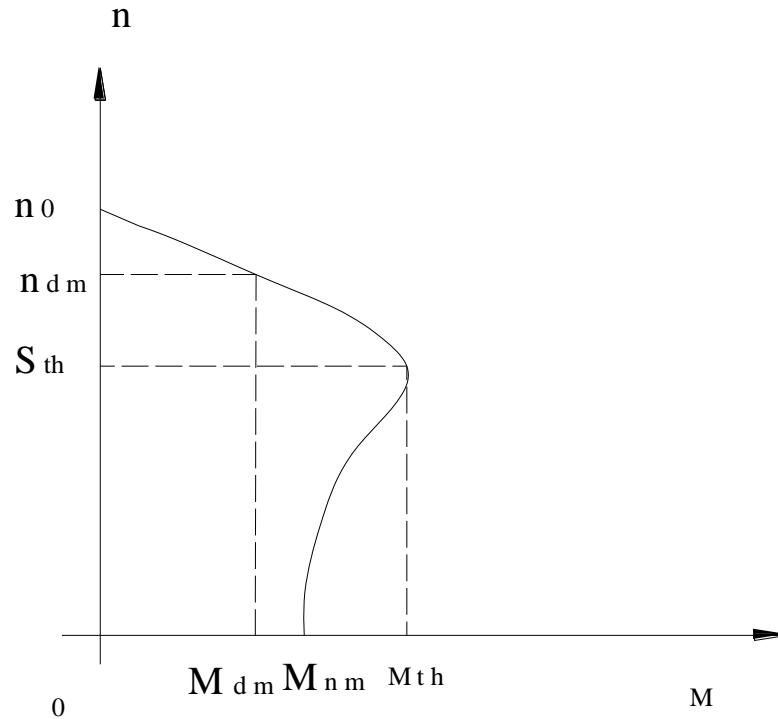
Độ trượt tới hạn

$$s_{th} = \pm \frac{R_2'}{\sqrt{R_1^2 + X_{nm}^2}} \quad (1.9)$$

Mô men tới hạn

$$M_{th} = \pm \frac{3U_{f1}^2}{2\omega_1 \left( R_1 \pm \sqrt{R_1^2 + X_{nm}^2} \right)} \quad (1.10)$$

Dấu (+) ứng với trạng thái động cơ (-) ứng với trạng thái máy phát



**Hình 1.4.** Đặc tính cơ của động cơ không đồng bộ

## 1.2. ỨNG DỤNG CỦA ĐỘNG CƠ KĐB ROTO LỒNG SÓC

Máy điện không đồng bộ là máy điện chủ yếu dùng làm động cơ điện. Do kết cấu đơn giản, làm việc chắc chắn, hiệu quả cao, giá thành rẻ, dễ bảo quản ... Nên động cơ không đồng bộ là loại máy điện được sử dụng rộng rãi nhất trong các ngành kinh tế quốc dân với công suất vài chục W đến hàng chục kW. Trong công nghiệp thường dùng máy điện không đồng bộ làm nguồn động lực cho máy cán thép loại vừa và nhỏ, động lực cho các máy công cụ ở các nhà máy công nghiệp nhẹ ... Trong hầm mỏ dùng làm máy tưới hay quạt gió. Trong nông nghiệp dùng làm máy bơm hay máy gia công nông phẩm. Trong đời sống hàng ngày, máy điện không đồng bộ cũng đã chiếm một vị trí quan trọng như quạt gió, quay đĩa động cơ trong tủ lạnh, máy giặt, máy bơm ... nhất là loại rôto lồng sóc. Tóm lại sự phát triển của nền sản xuất điện khí hóa, tự động hóa và sinh hoạt hằng ngày, phạm vi của máy điện không bộ ngày càng được rộng rãi.



Máy điện không đồng bộ có thể dùng làm máy phát điện, nhưng đặc tính không tốt so với máy điện đồng bộ, nên chỉ trong vài trường hợp nào đó (như trong quá trình điện khí hóa nông thôn) cần nguồn điện phụ hay tạm thời thì nó cũng có một ý nghĩa rất quan trọng.

### **\* Kết cấu của máy điện**

Mặc dù kích thước của các bộ phận vật liệu tác dụng và đặc tính của máy phụ thuộc phần lớn vào tính toán điện từ và tính toán thông gió tản nhiệt, nhưng cũng có phần liên quan đến kết cấu của máy. Thiết kế kết cấu phải đảm bảo sao cho máy gọn nhẹ, thông gió tản nhiệt tốt mà vẫn có độ cứng vững và độ bền nhất định. Thường căn cứ vào điều kiện làm việc của máy để thiết kế ra một kết cấu thích hợp, sau đó tính toán cơ các bộ phận để xác định độ cứng và độ bền của các chi tiết máy. Vì vậy thiết kế kết cấu là một phần quan trọng trong toàn bộ thiết kế máy điện.

Máy điện có rất nhiều kiểu kết cấu khác nhau. Sở dĩ như vậy vì những nguyên nhân chính sau:

- Có nhiều loại máy điện và công dụng cũng khác nhau như máy một chiều, máy đồng bộ, máy không đồng bộ v. v... cho nên yêu cầu đối với kết cấu máy cũng khác nhau. Công suất máy khác nhau nhiều. Ở những máy công suất nhỏ thì giá đỡ trục đồng thời là nắp máy. Đối với máy lớn thì phải có trục đỡ riêng.

- Tốc độ quay khác nhau. Máy tốc độ cao thì rôto cần phải chắc chắn hơn, máy tốc độ chậm thì đường kính rôto thường lớn.

- Sự khác nhau của động cơ sơ cấp kéo nó (đối với máy phát điện) hay tải (đối với động cơ điện) như tuabin nước, tuabin hơi, máy diezen, bơm nước hay máy công tác v. v...Phương thức truyền động hay lắp ghép cũng khác nhau.

- Căn cứ vào tính toán điện từ và tính toán thông gió có thể đưa ra nhiều phương án khác nhau. Những phương án này về kích thước, trọng lượng, tính tiện lợi khi sử dụng, độ tin cậy khi làm việc, tính giản đơn khi chế tạo và giá thành của máy có thể không giống nhau. Vì vậy khi thiết kế cần chú ý để tất cả các yếu tố đó.

Nguyên tắc chung để tiết kế kết cấu:

- Đảm bảo chế tạo đơn giản, giá thành hạ
- Đảm bảo bảo dưỡng máy thuận tiện
- Đảm bảo độ tin cậy của máy khi làm việc

### **1.2.1. Phân loại các kiểu kết cấu máy điện đã định hình**

Kết cấu của những máy điện hiện nay được định hình theo cách bảo vệ, cách lắp ghép, thông gió, đặc tính của môi trường bên ngoài...

#### **a) Phân loại theo phương pháp bảo vệ máy đối với môi trường bên ngoài**

Cấp bảo vệ máy có ảnh hưởng rất lớn đến kết cấu của máy. Cấp bảo vệ được ký hiệu bằng chữ IP và hai chữ số kèm theo, trong đó chữ số thứ nhất chỉ mức độ bảo vệ chống sự tiếp xúc của người và các vật khác rơi vào máy, được chia làm 7 cấp đánh số từ 0 đến 6, trong đó số 0 chỉ rằng máy không được bảo vệ (kiểu hở hoàn toàn) còn số 6 chỉ rằng máy được bảo vệ hoàn toàn không cho người tiếp xúc, đồ vật và bụi không lọt vào, chữ số thứ hai chỉ mức độ bảo vệ chống nước vào máy gồm cấp đánh số từ 0 đến 8, trong đó số 0 chỉ rằng máy không được bảo vệ còn số 8 chỉ máy có thể ngâm trong nước trong thời gian vô hạn định.

Thường có thói quen chia cấp bảo vệ theo phương pháp làm nguội máy. Theo cách này máy điện được chia thành các kiểu kết cấu sau:

### **- Kiểu hở**

Loại này không có trang bị bảo vệ sự tiếp xúc tự nhiên các bộ phận quay và bộ phận mang điện, cũng không có trang bị bảo vệ các vật bên ngoài rơi vào máy. Loại này được chế tạo theo kiểu tự làm nguội. Theo cấp bảo vệ thì đây là loại IP00. Loại này thường đặt trong nhà có người trông coi và không cho người ngoài đến gần.

### **- Kiểu bảo vệ**

Có trang bị bảo vệ chống sự tiếp xúc ngẫu nhiên các bộ phận quay hay mang điện, bảo vệ các vật ở ngoài hoặc nước rơi vào theo các góc độ khác nhau. Loại này thường là tự thông gió. Theo cấp bảo vệ thì kiểu này thuộc các cấp bảo vệ từ IP11 đến IP33

### **- Kiểu kín**

Là loại máy mà không gian bên trong máy và môi trường bên ngoài máy được cách ly. Tùy theo mức độ kín mà cấp bảo vệ là từ IP44 trở lên. Kiểu kín thường là tự thông gió bằng cách thổi gió ở mặt ngoài vỏ máy hay thông gió độc lập bằng cách đưa gió vào trong máy bằng đường ống. Thường dùng loại này ở môi trường nhiều bụi, ẩm ướt ...

Kiểu bảo vệ đặc biệt như loại chống nổ, bảo vệ chống môi trường hóa chất.

### **b) Phân loại theo cách lắp đặt**

Theo cách lắp đặt máy, ký hiệu chữ IM kèm theo 4 chữ số tiếp theo. Ở đây, chữ số thứ nhất chỉ kiểu kết cấu gồm 9 số đánh từ 1 đến 9 trong đó số 1 chỉ ổ bi được lắp trên nắp máy và số 9 chỉ cách lắp đặt biệt. Chữ số thứ hai và ba chỉ cách thức lắp đặt và hướng của trục máy. Số thứ tư chỉ kết cấu của đầu trục gồm 9 loại đánh số từ 0 đến 8 trong đó số 0 chỉ máy có một đầu trục hình trụ, số 8 chỉ đầu trục có các kiểu đặc biệt khác.

## **1.2.2. Ưu, nhược điểm của động cơ KĐB roto lồng sóc. Cách khắc phục**

### **a, Ưu điểm**

- Kết cấu đơn giản nên giá thành rẻ.
- Vận hành dễ dàng, bảo quản thuận tiện.
- Sử dụng rộng rãi và phổ biến trong phạm vi công suất nhỏ và vừa.
- Sản xuất với nhiều cấp điện áp khác nhau (từ 24 V đến 10 kV) nên rất thích nghi cho từng người sử dụng.

### **b, Khuyết điểm**

- Hệ số công suất thấp gây tổn thất nhiều công suất phản kháng của lưới điện.
- Không sử dụng được lúc non tải hoặc không tải.
- Khó điều chỉnh tốc độ.
- Đặc tính mở máy không tốt, dòng mở máy lớn (gấp 6-7 lần dòng định mức).
- Momen mở máy nhỏ.

### **c, Biện pháp khắc phục**

- Hạn chế vận hành non tải.
- Cải thiện đặc tính mở máy bằng cách điều chỉnh tốc độ (bằng cách thay đổi điện áp, thêm điện trở phụ vào mạch rôto hoặc nối cấp), hay dùng rôto có rãnh sâu, rôto lồng sóc kép để hạ dòng khởi động, đồng thời tăng momen mở máy.
- Chế tạo rôto có khe hở thật nhỏ để hạn chế dòng điện từ hóa và nâng cao hệ số công suất.
- Tiêu chuẩn về dây sản xuất:

Chuẩn hóa dây công suất của động cơ phù hợp với trình độ sản xuất của từng nước. Dây công suất được sắp xếp theo chiều tăng dần.

- Tiêu chuẩn về kích thước lắp đặt:

- Độ cao tâm trục

#### **d, Nhận xét**

Mặt dù có nhiều khuyết điểm nhưng động cơ không đồng bộ rôto lồng sóc có những ưu điểm mà những động cơ khác không có được và quan trọng nhất là đơn giản, dễ sử dụng, giá thành rẻ. Thực tế động cơ không đồng bộ rôto lồng sóc được áp dụng rộng rãi, chiếm số lượng 90%, về công suất chiếm 55%.

**Tiêu chuẩn sản xuất** h: lắp đặt được đồng bộ, thể hiện trình độ sản xuất, trang bị máy công cụ sản xuất.

- Khoảng cách chân đế (giữa các lỗ bắt bulon).

### **1.2.3. Các tiêu chuẩn đối với động cơ không đồng bộ rôto lồng sóc**

#### **a, Tiêu chuẩn về dãy công suất**

Hiện nay các nước đã sản xuất động cơ điện không đồng bộ theo dãy tiêu chuẩn. Dãy động cơ điện không đồng bộ công suất từ 0,55 kW đến 90kW ký hiệu K theo tiêu chuẩn Việt Nam 1987-1994:

Công suất (kW): 0, 55/ 0, 75/ 1, 1/ 1, 5/ 2, 2/ 3/ 4/5, 5/ 7, 5/ 11/ 15/ 18, 5/ 22/ 30/ 37/ 45/ 55/ 75/ 90

Dãy công suất được đặc trưng bởi số cấp hay hệ số tăng công suất:

$$K_{HP2} = \frac{P_{2^{*n+1}}}{P_{2^{*n}}}$$

#### **b, Tiêu chuẩn về kích thước lắp đặt độ cao tâm trục**

- Độ cao tâm trục: từ tâm của trục đến bệ máy. Đây là một đại lượng rất quan trọng trong việc lắp ghép động cơ với những cơ cấu thiết bị khác.

- Kích thước lắp đặt: chiều cao tâm trục có thể được chọn theo dây công suất của động cơ điện không đồng bộ rôto lồng sóc

### **c, Ký hiệu máy**

Ví dụ: 3K 250 M4.

- 3K: động cơ điện không đồng bộ dây K thiết kế lại lần 3.

- 250: chiều cao tâm trục bằng 250mm.

- M: kích thước lắp đặt dọc trục là M

- 4: máy có 4 cực.

### **d, Cấp bảo vệ**

Cấp bảo vệ có ảnh hưởng rất lớn đến kết cấu của máy. Cấp bảo vệ được ký hiệu bằng chữ IP và 2 chữ số kèm theo, trong đó chữ số thứ nhất chỉ mức độ bảo vệ chống tiếp xúc của người và các vật khác rơi vào máy. Được chia làm 7 cấp đánh số từ 0-6, trong đó số 0 chỉ rằng máy không được bảo vệ (kiểu hở hoàn toàn), còn số 6 chỉ rằng máy được bảo vệ hoàn toàn không cho người tiếp xúc, đồ vật và bụi không lọt vào. Chữ số thứ hai chỉ mức độ bảo vệ chống nước vào máy gồm 9 cấp đánh số từ 0-8, trong đó số 0 chỉ rằng máy không được bảo vệ, còn số 8 chỉ rằng, máy có thể ngâm trong nước trong thời gian vô định hạn.

### **e, Sự làm mát**

Ký hiệu là IC.

Ví dụ:

IC01 làm mát kiểu bảo vệ, làm mát trực tiếp.

IC0141 làm mát kiểu kín, làm mát mặt ngoài.

### **f, Cấp cách điện**

- Dây A02: cấp E, B

- Dãy 4A: cấp E, F, H

Vật liệu cách điện:

Vật liệu cách điện là một trong những vật liệu chủ yếu dùng trong ngành chế tạo máy điện. Khi thiết kế máy điện, chọn vật liệu cách điện là một khâu rất quan trọng vì phải đảm bảo máy làm việc tốt với tuổi thọ nhất định, đồng thời giá thành của máy lại không cao. Những điều kiện này phụ thuộc phần lớn vào việc chọn cách điện của máy.

Khi chọn vật liệu cách điện cần chú ý đến những vấn đề sau:

- Vật liệu cách điện phải có độ bền cao, chịu tác dụng cơ học tốt, chịu nhiệt và dẫn nhiệt tốt lại ít thấm nước.

- Phải chọn vật liệu cách điện có tính cách điện cao để đảm bảo thời gian làm việc của máy ít nhất là 15-20 năm trong điều kiện làm việc bình thường, đồng thời đảm bảo giá thành của máy không cao.

- Một trong những yếu tố cơ bản nhất là làm giảm tuổi thọ của vật liệu cách điện (cũng là tuổi thọ của máy) là nhiệt độ. Nếu nhiệt độ vượt quá nhiệt độ cho phép thì chất điện môi, độ bền cơ học của vật liệu giảm đi nhiều, dẫn đến sự già hóa nhanh chóng chất cách điện.

Hiện nay, theo nhiệt độ cho phép của vật liệu (nhiệt độ mà vật liệu cách điện làm việc tốt trong 15-20 năm ở điều kiện làm việc bình thường).

Cấp cách điện	Y	A	E	B	F	H	C
Nhiệt độ cho phép(°C)	90	105	120	130	155	180	>180
Độ gia tăng nhiệt(°C)		75	75	75	115	115	

Vật liệu cách điện thuộc các cấp cách điện trên đại thể có các loại sau:

- Cấp Y: Gồm có sợi bông, tơ, sợi nhân tạo, giấy và chế phẩm của giấy, cactông, gỗ v. v... Tất cả đều không tẩm sơn cách điện. Hiện nay không dùng cách này vì chịu nhiệt kém.

- Cấp A: Vật liệu cách điện chủ yếu của cấp này cũng giống như cấp Y nhưng có tẩm sơn cách điện. Cấp A được dùng rộng rãi cho các máy điện công suất đến 100 kW, nhưng chịu ẩm kém, sử dụng ở vùng nhiệt đới không tốt.

- Cấp E: Dùng các màng mỏng và sợi bằng polyetylen tereftalat, các sợi tẩm sơn tổng hợp làm từ epoxy, tereftalat và aceton buterat xenlulo, các màng sơn cách điện gốc vô cơ tráng ngoài dây dẫn (dây emay có độ bền cơ cao). Cấp E được dùng rộng rãi cho các máy điện có công suất nhỏ và trung bình (đến 100 kW hoặc hơn nữa), chịu ẩm tốt nên thích hợp cho vùng nhiệt đới.

- Cấp B: Dùng vật liệu lấy từ vô cơ như mica, amiăng, sợi thủy tinh, dầu sơn cách điện chịu nhiệt độ cao. Cấp B được sử dụng nhiều trong các máy công suất trung bình và lớn.

- Cấp F: Vật liệu cũng tương tự như cấp B nhưng có tẩm sơn cách điện gốc silicat chịu nhiệt độ cao. Ở cấp F không dùng các chất hữu cơ như vải lụa, giấy và cactông.

- Cấp H: Vật liệu chủ yếu ở cấp này là sợi thủy tinh, mica, amiăng như ở cấp F. Các chất này được tẩm sơn cách điện gốc silicat chịu nhiệt đến 180°C. Người ta dùng cấp H trong các máy điện làm việc ở điều kiện phức tạp có nhiệt độ cao.

- Cấp C: Dùng các chất như sợi thủy tinh, thạch anh, sứ chịu nhiệt độ cao. Cấp C được dùng ở các máy làm việc với điều kiện đặc biệt có nhiệt độ cao.



Việc chọn vật liệu cách điện trong các máy điện có một ý nghĩa quyết định đến tuổi thọ và độ tin cậy lúc vận hành của máy. Do vật liệu cách điện có nhiều chủng loại, kỹ thuật chế tạo cách điện ngày càng phát triển, nên việc chọn kết cấu cách điện càng khó khăn và thường phải chọn tổng hợp nhiều loại cách điện để thỏa mãn được những yêu cầu về cách điện.

Vật liệu cách điện trong ngành chế tạo máy điện thường do nhiều vật liệu hợp lại như mica phiến, chất phụ gia (giấy hay sợi thủy tinh) và chất kết dính (sơn hay keo dán). Đối với vật liệu cách điện, không những yêu cầu có độ bền cơ cao, chế tạo dễ mà còn có yêu cầu về tính năng điện: có độ cách điện cao, rò điện ít. Ngoài ra còn có yêu cầu về tính năng nhiệt: chịu nhiệt tốt, dẫn nhiệt tốt và yêu cầu chịu ẩm tốt.

Vật liệu cách điện dùng trong một máy điện hợp thành một hệ thống cách điện. Việc tổ hợp các vật liệu cách điện, việc dùng sơn hay keo để gắn chắc chúng lại, ảnh hưởng giữa các chất cách điện với nhau, cách gia công và tình trạng bề mặt vật liệu v. v... sẽ quyết định tính năng về cơ, điện, nhiệt của hệ thống cách điện, và tính năng của hệ thống cách điện này không thể hiện một cách đơn giản là tổng hợp tính năng của từng loại vật liệu cách điện.

### **g, Các tiêu chuẩn khác**

Cần quan tâm đến  $\cos\varphi$ ,  $\eta$ ,  $\frac{I_{\min}}{I_{\text{đm}}}$ ,  $\frac{M_{\min}}{M_{\text{đm}}}$ ,  $\frac{M_{\max}}{M_{\text{đm}}}$

$$\Delta\left(\frac{I_{\min}}{I_{\text{đm}}}\right) \leq 15\% \text{ (so với tiêu chuẩn).}$$

Sai lệch cho phép:

$$\Delta(\cos\varphi) \geq \frac{-1 - \cos\varphi_{cp}}{6} * (P_2 \leq 50 \text{ kW}) \geq 0,02333.$$

$$\Delta\left(\frac{M_{\max}}{M_{\text{đm}}}\right) \leq -10\% \text{ (so với tiêu chuẩn).}$$

$$\Delta\eta \geq -0,15. (1-\eta_{cp}) * (P_2 \leq 50 \text{ kW}) \geq 0,01875.$$

$$\Delta\left(\frac{M_{\min}}{M_{dm}}\right) \leq -20\% \text{ (so với tiêu chuẩn).}$$

## **h, Chế độ làm việc**

Gồm có các chế độ làm việc sau:

- Chế độ làm việc liên tục.
- Chế độ làm việc ngắn hạn.
- Chế độ làm việc ngắn hạn lặp lại.

### **1.3. CÁC PHƯƠNG PHÁP KHỞI ĐỘNG CỦA ĐỘNG CƠ DỊ BỘ**

Tùy theo tính chất của tải và tình hình của lưới điện yêu cầu về mở máy đối với động cơ điện cũng khác nhau. Nói chung khi mở máy động cơ cần xét đến yêu cầu cơ bản sau:

- Phải có momen mở máy đủ lớn để thích ứng với đặc tính cơ của tải
- Dòng điện mở máy càng nhỏ càng tốt.
- Phương pháp mở máy và thiết bị cần dùng đơn giản, rẻ tiền, chắc chắn.
- Tổn hao công suất quá trình mở máy càng thấp càng tốt.

#### **1.3.1. Khởi động trực tiếp**

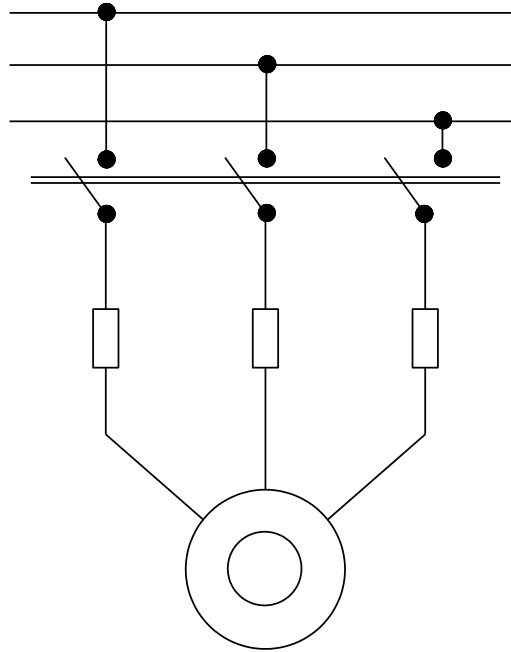
Đây là phương pháp mở máy đơn giản nhất, chỉ việc đóng trực tiếp động cơ vào lưới điện nhờ cầu dao.

Ưu điểm :

- Thiết bị khởi động đơn giản.

Khuyết điểm :

- Dòng điện mở máy lớn, làm sụp áp lưới điện lớn.
- Nếu quán tính của máy lớn thì thời gian mở máy sẽ rất lâu có thể làm cháy cầu chì bảo vệ.



**Hình 1.5.** Mở máy trực tiếp

### 1.3.2. Khởi động dùng phương pháp giảm dòng khởi động

Dòng khởi động được xác định bằng biểu thức:

$$I_{ngm} = \frac{U_1}{\sqrt{R_1 + R_2 + X_1^2 + X_2^2}} \quad (1.11)$$

Từ biểu thức này chúng ta thấy để giảm dòng khởi động ta có các phương pháp sau:

- Giảm điện áp nguồn cung cấp.
- Đưa thêm điện trở vào mạch rô to.
- Khởi động bằng thay đổi tần số.

#### 1.3.2.1. Khởi động động cơ dị bộ rô to dây quấn.

Với động cơ dị bộ rô to dây quấn để giảm dòng khởi động ta đưa thêm điện trở phụ vào mạch rô to. Lúc này dòng ngắn mạch có dạng [1]

$$I_{ngm} = \frac{U_1}{\sqrt{R_1 + R_2 + R_p + X_1^2 + X_2^2}} \quad (1.12)$$

Việc đưa thêm điện trở phụ  $R_p$  vào mạch rô to ta được hai kết quả: làm giảm dòng khởi động nhưng lại làm tăng mô men khởi động. Bằng cách chọn điện trở phụ ta có thể đạt được mô men khởi động bằng giá trị mô men cực

đại. Khi mới khởi động, toàn bộ điện trở được đưa vào rô to, cùng với tăng tốc độ rô to, ta cũng cắt dần điện trở phụ ra khỏi rô to để khi tốc độ đạt giá trị định mức thì điện trở phụ cũng được cắt hết ra khỏi rô to.

### 1.3.2.2. Khởi động động cơ dị bộ rô to lồng sóc

Với động cơ rô to ngắn mạch do không thể đưa điện trở vào mạch rô to như động cơ dị bộ rô to dây quấn để giảm dòng khởi động ta thực hiện các phương pháp sau :

#### a. Phương pháp giảm điện áp

Để giảm điện áp ta dùng các phương pháp sau:

##### - Nối điện kháng nối tiếp vào mạch điện stato.

Khi khởi động, cầu dao  $D_1$  đóng, cầu dao  $D_2$  mở để nối cuộn kháng vào cuộn dây stato của động cơ. Khi động cơ đã quay ổn định thì đóng cầu dao  $D_2$  để ngắn mạch điện kháng.

Điện áp đặt vào dây quấn stato khi khởi động:

$$U'_k = kU_1 \quad (k < 1) \quad (1.13)$$

Dòng điện khởi động:

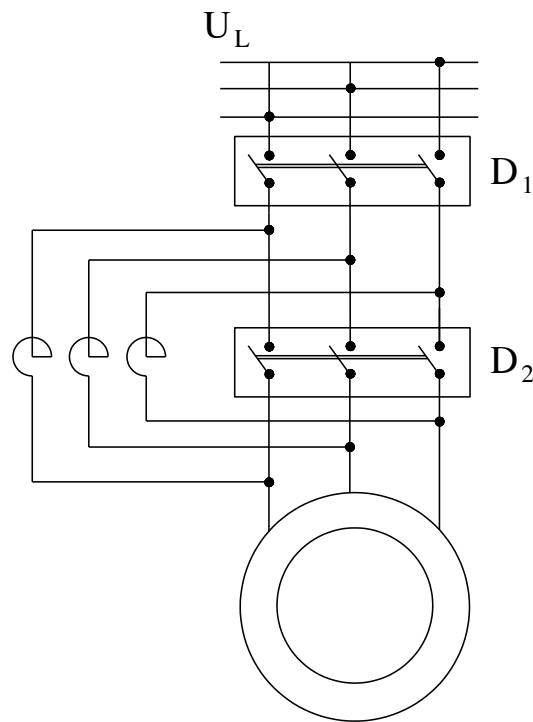
$$I'_k = kI_k \quad (1.14)$$

$I_k$  là dòng khởi động trực tiếp với  $U_1$

Vật liệu cách điện dùng trong một máy điện hợp thành một hệ thống cách điện. Việc tổ hợp các vật liệu cách điện, việc dùng sơn hay keo để gắn chắc chúng lại, ảnh hưởng giữa các chất cách điện với nhau, cách gia công và tình trạng bề mặt vật liệu v. v... sẽ quyết định tính năng về cơ, điện, nhiệt của hệ thống cách điện, và tính năng của hệ thống cách điện này không thể hiện một cách đơn giản là tổng hợp tính năng của từng loại vật liệu cách điện.

Việc chọn vật liệu cách điện trong các máy điện có một ý nghĩa quyết định đến tuổi thọ và độ tin cậy lúc vận hành của máy. Do vật liệu cách điện có nhiều chủng loại, kỹ thuật chế tạo cách điện ngày càng phát triển, nên việc

chọn kết cấu cách điện càng khó khăn và thường phải chọn tổng hợp nhiều loại cách điện để thỏa mãn được những yêu cầu về cách điện.



**Hình 1.7.** Hạ áp mở máy bằng điện kháng

Mômen khởi động:

$$M'_k = k^2 M_k \quad (1.15)$$

Ưu điểm: Thiết bị đơn giản.

Nhược điểm: Khi giảm dòng khởi động thì mômen khởi động cũng giảm xuống bình phương lần.

**- Dùng biến áp tự ngẫu hạ điện áp mở máy [2]**

Khi mở máy, ta cắt cầu dao  $D_2$ , đóng cầu dao  $D_1$  và  $D_2$  để động cơ nối với điện lưới thông qua máy biến áp tự ngẫu. Thay đổi con chạy để cho lúc mở máy điện áp đặt vào động cơ nhỏ, sau đó dần dần tăng lên bằng định mức. động cơ quay ổn định thì đóng  $D_2$  và cắt  $D_3$  để ngắt mạch máy biến áp tự ngẫu.

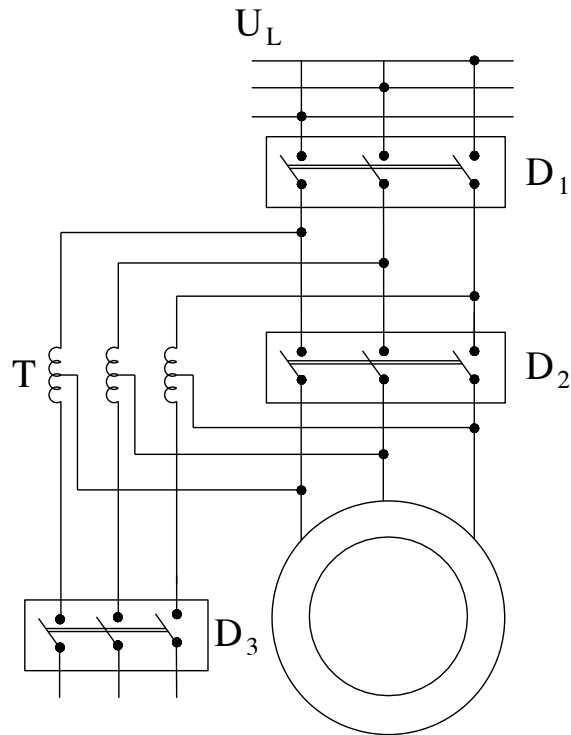
Khi khởi động, động cơ được cấp điện áp:

$$U_k = kU_1 \quad (k < 1) \quad (1.16)$$

Dòng điện khởi động:

$$I'_k = kI_k$$

(1.17)



**Hình 1.8.** Mở máy bằng biến áp tự ngẫu.

$I_k$  là dòng khởi động

$K$  là hệ số máy biến áp tự ngẫu

Dòng điện máy biến áp tự ngẫu nhận từ lưới điện:

$$I_1 = kI'_k = k^2I_k$$

(1.18)

Mômen khởi động:

$$M'_k = k^2M_k$$

(1.19)

Ưu điểm:

- Phương pháp này làm giảm điện áp hơn so với phương pháp điện kháng.

Nhược điểm:

- Mômen có bước nhảy do sự chuyển đổi giữa các điện áp.

- Chỉ có thể lựa chọn một số lượng các điện áp do đó dẫn đến sự lựa chọn dòng điện không tối ưu.

- Không có khả năng cung cấp một điện áp có hiệu quả đối với tải trọng thay đổi.

**- Mở máy bằng phương pháp Y - Δ [2]**

Phương pháp này thích ứng với những máy khi làm việc bình thường đấu tam giác. Lúc mở máy chuyển sang đấu Y để điện áp đặt vào mỗi pha giảm  $\sqrt{3}$  lần. sau khi mở máy thì lại chuyển về nối tam giác.

Dòng điện dây khi nối tam giác :

$$I_{d\Delta} = \frac{\sqrt{3}}{Z_n} U_1 \quad (1.20)$$

Dòng điện khi nối sao :

$$I_{dY} = \frac{U_1}{\sqrt{3}Z_n} \quad (1.21)$$

Ta thấy kiểu đổi nối sao tam giác dòng điện dây mạng điện giảm đi 3 lần và mômen cũng giảm đi 3 lần.

Ưu điểm:

- Phương pháp tương đối đơn giản nên sử dụng nhiều trong thực tế.

Nhược điểm:

- Mức độ giảm cường độ điện áp và mômen là cố định.

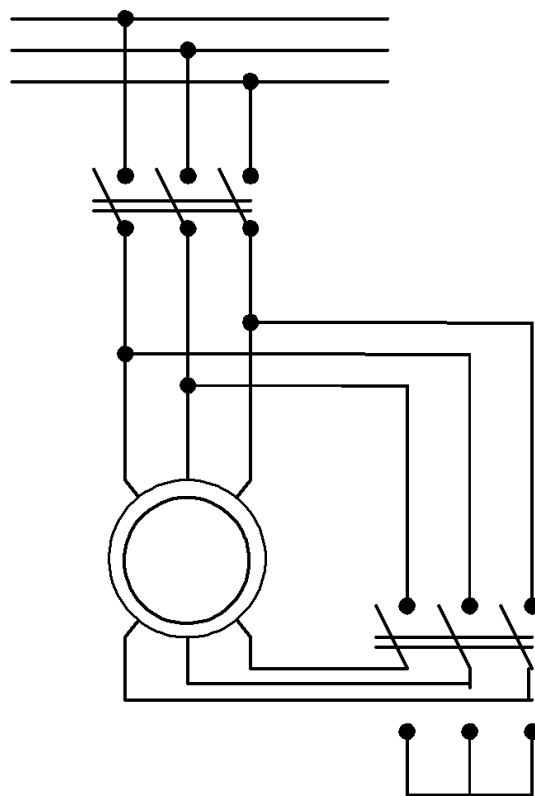
- Có bước nhảy lớn khi bộ khởi động chuyển đổi sao sang tam giác.

Đặc điểm chung của các phương pháp giảm điện áp là cùng với việc giảm

dòng khởi động , mô men khởi động cũng giảm theo, nên chỉ thực hiện ở những động cơ có khởi động nhẹ còn đối với động cơ khởi động nặng không áp dụng được, người ta khởi động bằng phương pháp khởi động mềm.

Do sự phát triển của công nghệ điện tử, ngày nay người ta chế tạo được các bộ biến tần có tính chất kỹ thuật cao và giá thành rẻ, do đó có thể áp dụng phương pháp khởi động bằng biến tần.

Động cơ được cấp điện từ bộ biến tần tĩnh, lúc đầu tần số và điện áp nguồn cung cấp có giá trị rất nhỏ sau khi đóng động cơ vào nguồn cung cấp, ta tăng dần tần số và điện áp nguồn cung cấp cho động cơ, tốc độ động cơ tăng dần, khi tần số đạt giá trị định mức thì tốc độ động cơ đạt giá trị định mức.



**Hình 1.9.** Mở máy bằng đổi nối sao tam giác

### **b. Khởi động bằng phương pháp tần số**

Do sự phát triển của công nghệ điện tử, ngày nay người ta chế tạo được các bộ biến tần có tính chất kỹ thuật cao và giá thành rẻ, do đó có thể áp dụng phương pháp khởi động bằng biến tần.

Động cơ được cấp điện từ bộ biến tần tĩnh, lúc đầu tần số và điện áp nguồn cung cấp có giá trị rất nhỏ sau khi đóng động cơ vào nguồn cung cấp, ta



tăng dần tần số và điện áp nguồn cung cấp cho động cơ, tốc độ động cơ tăng dần, khi tần số đạt giá trị định mức thì tốc độ động cơ đạt giá trị định mức.

Phương pháp khởi động này đảm bảo dòng khởi động không vượt quá giá trị dòng định mức.

## CHƯƠNG 2

### HỆ THỐNG KHỞI ĐỘNG MỀM ĐỘNG CƠ

#### KHÔNG ĐỒNG BỘ

##### 2.1. GIỚI THIỆU

Khởi động trực tiếp các động cơ không đồng bộ lớn có thể xuất hiện những khó khăn cho chính động cơ và tải được cung cấp từ lưới điện chung vì sự giảm điện áp nguồn trong suốt quá trình khởi động, đặc biệt là nếu nguồn cung cấp cho động cơ yếu [1] - [4]. Một khởi động không được kiểm soát có thể gây ra quá tải hoặc sụt áp, kết quả là khởi động thất bại. Đây là sự nguy hiểm cho lĩnh vực kỹ thuật vì động cơ không thể đạt được tốc độ, điều kiện làm mát giảm xuống làm cho nhiệt độ động cơ tăng lên trong một thời gian dài. Hơn nữa, số lần khởi động mỗi ngày giảm xuống chỉ một vài lần. Do đó, dạng dòng điện và mô-men điện từ của động cơ trong quá trình khởi động được tạo ra tương ứng với yêu cầu của tải [4], [5].

Khởi động động cơ AC sử dụng thiết bị bán dẫn đang ngày càng tăng lên thay thế cho các bộ khởi động từ và giảm điện áp thông thường vì có khả năng khởi động mềm với sự giới hạn dòng khởi động.

Trong số này, bộ khởi động mềm thyristor được áp dụng để giảm điện áp khởi động động cơ, đây là thiết bị có thành giá rẻ, đơn giản, độ tin cậy cao, và do đó, sử dụng chúng là một giải pháp khả thi cho vấn đề khởi động một số lớn động cơ xoay chiều trung thế cho các trường hợp khởi động máy yêu cầu mô men khởi động không cao. Khi các động cơ làm việc được cung cấp liên tục từ các khởi động mềm thyristor, nó cũng giảm rất nhiều quá trình quá độ gây nên đối với động cơ do sự nhiễu loạn của lưới cung cấp. Các rối loạn có thể rất nhỏ như sự dao động điện áp tức thời hoặc rất lớn như gián đoạn điện áp cung cấp. Nếu sự giảm điện áp lớn, cầu dao chính hoặc khởi động mềm sẽ

ngắt động cơ khỏi nguồn cung cấp điện. Việc dừng một động cơ thiết yếu trong quá trình hoạt động có thể dẫn đến một sự tổn kém lớn. Do đó, trước khi động cơ đạt đến tốc độ bằng không, nó nên được ngay lập tức kết nối vào một thanh cái(bus) mới, đảm bảo cấp điện liên tục cho động cơ (thường đó là một tổ hợp động cơ máy phát điện), hoặc quay trở lại cung cấp điện sau khi điện áp phục hồi. Trong hệ thống thông thường, điều này sẽ dẫn đến xảy ra quá độ nghiêm trọng trong mô-men và dòng điện. Các giải pháp tối ưu đã được giải quyết bởi một số tác giả [6] - [11]. Để thỏa mãn việc đóng lại động cơ cần kiểm soát việc nối các tiếp điểm của động cơ với nguồn cung cấp điện. Bên cạnh sự phát triển và tiến bộ trong công nghệ khởi động mềm thương mại[5], [12], nhiều nỗ lực đã thực hiện phân tích tính chất và kỹ thuật điều khiển của động cơ cảm ứng ba pha (IMs) cấp điện từ bộ điều khiển điện áp thyristor[13] - [21]. Khi sử dụng chức năng động học cho hệ thống điều khiển góc mở các thyristors trong bộ điều khiển điện áp là một cách hiệu quả để cải thiện tính chất quá độ [21]. Bằng áp dụng một góc mở thích hợp, với giá trị mà tại giá trị đó từ thông được tạo nên sẽ giảm và quá độ mô men sẽ mềm hơn. Một IM có thể tạo ra sự rung động của mô men điện từ [6] - [8], [22] - [24] phụ thuộc vào giá trị đầu khi đóng điện áp 3 pha của lưới điện cung cấp, bất kể nó được điều khiển bởi một thiết bị khởi động trực tiếp hoặc một khởi động mềm. Số lượng dao động của mô-men điện từ tác động lên trục động cơ khi khởi động và khi đóng lại phụ thuộc vào các tham số của hệ thống cơ khí. Điều này có thể gây ra sốc cho các thiết bị truyền động, và gây hỏng hóc tại các thành phần hệ thống cơ khí như trục, khớp nối và bánh răng ngay lập tức nếu như sức bền của vật liệu bị vượt quá hoặc vì chạy trong thời gian dài.

Trong chương này tìm hiểu một số chiến lược điều khiển để loại trừ rung động mô-men cả khi khởi động và khi khởi động lại, và giữ cho các dòng điện lưới gần như không đổi ở một giá trị định sẵn trong toàn bộ giai

đoạn khởi động. Chiến thuật loại trừ dao động của mô men được xác định khi sử dụng góc mở tức thời của khởi động mềm thyristors ở chu kỳ đầu tiên của điện áp cung cấp cho động cơ.

Các chiến lược điều khiển đề xuất bao gồm sự so sánh hàm cosin và hàm không đổi để xác định góc mở các ti-ri-sto. Tất cả các chức năng điều khiển, bảo vệ, và hiển thị được thực hiện trên một vi điều khiển 8-bit. Phân tích tính chất quá độ kết quả khởi động mềm được thực hiện bằng một mô hình lai ABC/DQ trong đó thực hiện biến đổi 3 pha sang 2 pha và mô hình hoạt động không liên tục với các biểu thức gồm các biến số tức thời của stato. Mô phỏng đã được tiến hành trên cả lớp lớn IM trung thế truyền động cho máy bơm ly tâm và một động cơ đa dụng điện áp thấp. Kết quả về lý thuyết được kiểm chứng bằng thực nghiệm trên một hệ thử nghiệm gồm một bộ động cơ đa dụng và đo mô men trên trục hệ thống

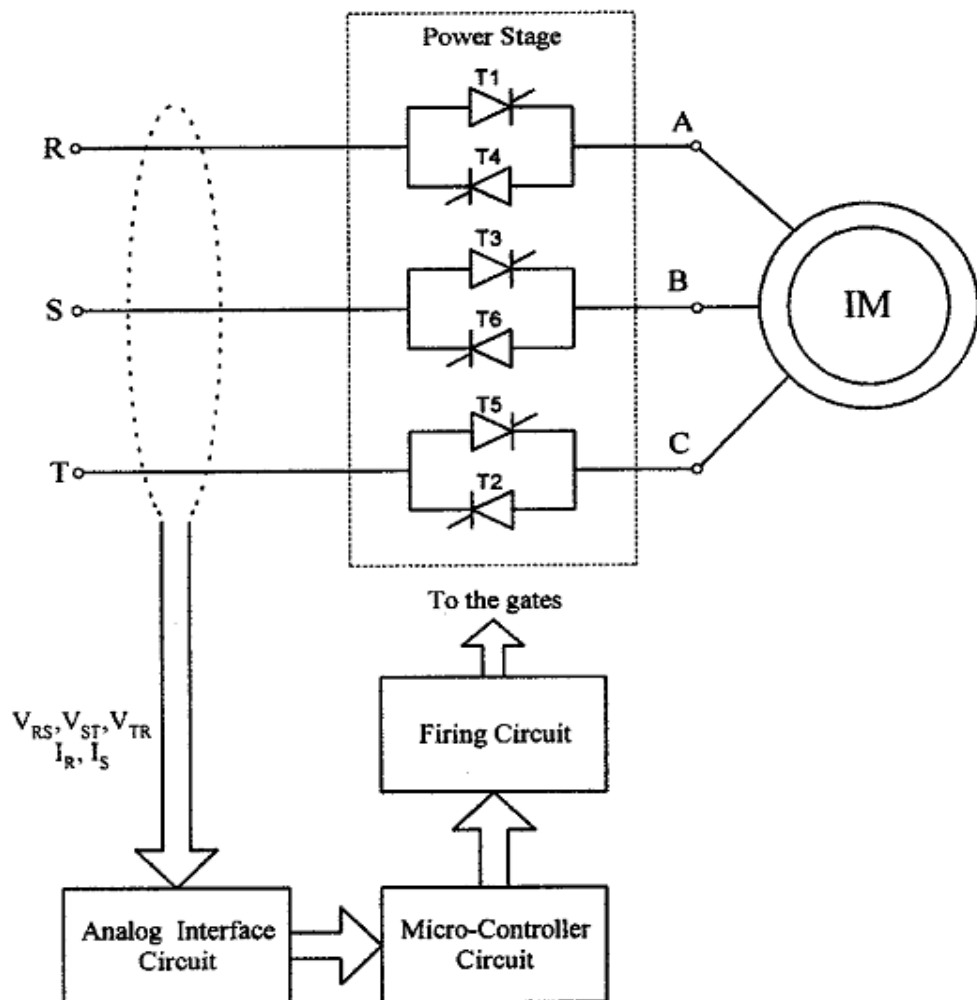
## **2.2 MÔ TẢ HỆ THỐNG VÀ NGUYÊN LÝ HOẠT ĐỘNG**

Sơ đồ khởi động mềm của động cơ không đồng bộ trình bày trên hình. 2.1. Hệ thống gồm ba cặp thyristors nối ngược, một vi điều khiển ( $\mu\text{C}$ ) thực hiện nhiệm vụ mạch điều khiển và bảo vệ, mạch tạo dạng xung điều khiển, và các mạch tương tự ngoại vi. Mạch ngoại vi tương tự được cấp ba điện áp dây và hai tín hiệu dòng điện thông qua máy biến áp và đầu dò hiệu ứng dòng điện Hall tương ứng. Chỉ có một trong những tín hiệu dòng điện được sử dụng như là tín hiệu phản hồi để giữ cho dòng điện không đổi bằng giá trị đặt sẵn trong thời gian khởi động.

Dòng điện thứ ba có thể suy ra hai tín hiệu bởi vi điều khiển. Nhưng sau đó sẽ được sử dụng cho mục đích bảo vệ chống quá tải, hoạt động không cân bằng và phát hiện lỗi. Ba tín hiệu áp dây chỉ được sử dụng để phát hiện điểm zero của điện áp, và báo điện áp thấp và quá áp.

Theo thứ tự pha RST của điện áp cung cấp (Hình 1), các thyristors của bộ điều khiển điện áp sẽ được kích hoạt tuần tự như đánh dấu trong hình 2.1,

kết quả là có sự lệch pha  $60^\circ$  giữa các van dẫn trong khi khởi động cũng như trong các trạng thái ổn định, không kể chu kỳ đầu tiên. Để loại bỏ sự dao động ở tần số lưới cung cấp trong mô-men, ta sử dụng thuật giải mở khác nhau cho các van T1, T2, và T3, cho chu kỳ đầu tiên của điện áp lưới đối với trường hợp dòng điện dây liên tục và không liên tục tùy thuộc vào việc kích hoạt góc  $\alpha$  nhỏ hoặc lớn hơn góc hệ số công suất (PF) của máy dị bộ ở độ trượt đơn vị ( $s=1$ ). Để đảm bảo dòng điện không đổi trong thời gian khởi động, ta thực hiện điều khiển góc mở ti-ri-sto bằng so sánh 2 tín hiệu: cosin và điện áp không đổi như mô tả ở phần sau.



**Hình.2. 1.** Sơ đồ của các phần mềm khởi động

### 2.2.1 Mô hình toán

Trong phần này trình bày mô hình toán của hệ thống phục vụ cho mô phỏng. Phương pháp giải và cách tiếp cận thiết giữa các chế độ hoạt động khác nhau của bộ khởi động cũng sẽ được mô tả. Tại bất kỳ thời điểm nào động cơ dị bộ cũng IM hoạt động trong theo nguyên tắc trình bày ở bảng 1.

TABLE I  
DEFINITION OF OPERATION MODES

<i>Operation mode</i>	<i>Operation type</i>	<i>Motor terminals connected to supply</i>
Mode 0	3-phase	ABC
Mode 1	2-phase	AB
Mode 2	2-phase	AC
Mode 3	2-phase	BC
Mode 4	No-phase	none

Sự đúng đắn của mô hình toán và các chế độ hoạt động đã được kiểm nghiệm cho máy dị bộ công suất trung bình cho ở [24].

### 2.2.2..Mô hình 3 pha

Khởi động với mô hình toán của động cơ dị bộ với các đại lượng viết ở hệ trục 3 pha ABC/abc là hàm của góc không gian do đó chúng ta phải loại bỏ sự thay đổi cảm kháng theo thời gian bằng cách chuyển từ hệ trục 3 pha sang 2 pha gắn vào stato. Ma trận tổng trở sau khi chuyển đổi được biểu diễn ở (2.1).

$$\mathbf{Z}_T = \begin{bmatrix} \mathbf{Z}_{11} & \mathbf{Z}_{12}\mathbf{C}_1\mathbf{C}_2 \\ \mathbf{C}_{2t}\mathbf{C}_{1t}\mathbf{Z}_{21} & \mathbf{C}_{2t}\mathbf{C}_{1t}\mathbf{Z}_{22}\mathbf{C}_1\mathbf{C}_2 \end{bmatrix}. \quad (2.1)$$

Trong đó C1 và C2 là ma trận chuyển đổi hệ trục.

Phương trình ma trận điện áp biểu diễn dưới đây. Sau khi thêm các phương trình cân bằng mô-men cho các hoạt động (2.3), mô hình trên được

đưa vào mô phỏng. Trong đó:

Các hàng thứ tư và cột (2) sẽ bị xóa trong mô hình này khi dòng zero-không thể chạy trong máy nối sao không có dây trung tính. Ngoài ra,  $i_C$  ở phía bên phải của (2) có thể được thay thế bởi  $(-i_B - i_A)$ . Số lượng các phương trình có thể được giảm bớt bằng cách lấy hàng thứ hai trừ hàng đầu tiên, và thứ ba trừ hàng đầu tiên. Bằng cách này, sự biểu diễn của dòng điện phía stator được thể hiện trong dạng của điện áp dây  $V_{AB}$  và  $V_{AC}$ . Hình thức mới này của các mô hình toán học được coi là phù hợp hơn cho các mô phỏng kỹ thuật số của hai giai đoạn hoạt động là tốt.

### 2.2.3. Mô hình 2 pha

a). Chế độ 1: Khi cực A, B của động cơ được nối với lưới cung cấp, mô hình hai pha biểu diễn bằng (2.4). Vì rằng  $I_C = 0$ , và  $i_B = -i_A$ , hàng thứ ba và cột (2) sẽ bị xóa, và hàng thứ hai được trừ vào hàng đầu để biểu diễn biểu thức của động cơ bởi điện áp dây  $V_{AB}$ .

b). Chế độ 2:

Chế độ hoạt động này phát sinh khi 2 cực A, C của động cơ được nối với nguồn cung cấp. Bằng cách thay  $i_B = 0$  và  $i_A = -i_C$  vào (2.2), và thực hiện các tính

toán cần thiết ta có mô hình toán (2.5).

c) Chế độ 3: Chế độ hoạt động này có được khi các cực B, C của động cơ được nối với nguồn cung cấp. Bằng cách thay thế  $I_A = 0$  và  $i_B = -i_C$  trong (2.2), và các hoạt động cần thiết, ta được mô hình toán biểu diễn trong (2.6)

d). Chế độ không có pha nào được nối vào lưới

Lúc này mô hình toán biểu diễn bằng (2.7). Vì rằng  $i_A = i_B = i_C = 0$ , nên chỉ có các phương trình điện áp của rotor được giải trong quá trình quá độ.

$$\begin{bmatrix} i_A \\ i_q' \\ i_d' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2R_1B & (\sqrt{6}/2) M'w_rB + (1/2)AR_2' & (\sqrt{2}/2) M'w_rB - (\sqrt{3}/2) A \\ -(\sqrt{3}/2) Aw_r/B + AR_1 & -(\sqrt{6}/4) AM'w_r - R_2'/L_2' & (\sqrt{3}/4) A^2R_2'/B \\ -(1/2)Aw_r/B - \sqrt{3}AR_1 & (3\sqrt{2}/4) AM'w_r & -(\sqrt{2}/4) AM'w_r + w_r \\ & + (\sqrt{3}/4) A^2R_2'/B - w_r & (\sqrt{6}/4) AM'w_r - R_2'/L_2' \\ & & -(3/4)A^2R_2'/B \end{bmatrix} \quad (2.4)$$

$$\cdot \begin{bmatrix} i_A \\ i_q' \\ i_d' \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} B \\ -(1/2)A \\ (\sqrt{3}/2)A \end{bmatrix} [V_{AB}] \quad (2.5)$$

$$Te = -(pp) ((\sqrt{6}/2) M'i_q'i_A - (\sqrt{2}/2) M'i_d'i_A)$$

$$\begin{bmatrix} i_A \\ i_q' \\ i_d' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2R_1B & (\sqrt{6}/2) M'w_rB + (1/2)AR_2' & (1/2)AL_2'w_r - (\sqrt{3}/2) AR_1 \\ -(\sqrt{3}/2) Aw_r/B - AR_1 & (\sqrt{6}/4) AM'w_r - R_2'/L_2' & -(\sqrt{3}/4) A^2R_2'/B \\ (1/2)Aw_r/B - \sqrt{3}AR_1 & -(1/4)A^2R_2'/B & -(\sqrt{2}/4) AM'w_r + w_r \\ & (3\sqrt{2}/4) AM'w_r & -(\sqrt{6}/4) AM'w_r - R_2'/L_2' \\ & -(\sqrt{3}/4) A^2R_2'/B - w_r & -(3/4)A^2R_2'/B \end{bmatrix}$$

e). Phương pháp số giải các phương trình trên

Để giải các phương trình vi phân bậc nhất phi tuyến ở trên, phương pháp Runge-Kutta được sử dụng. Để đảm bảo tính liên tục của các phương

$$Te = -(pp) ((\sqrt{6}/2) M'i_q'i_A + (\sqrt{2}/2) M'i_d'i_A) \quad (2.6)$$

$$p \begin{bmatrix} i_B \\ i_q' \\ i_d' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2R_1B & -AR_2' & -\sqrt{2}M'w_rB \\ -2R_1A & A^2R_2'/B - R_2'/L_2' & -\sqrt{2}AM'w_r + w_r \\ Aw_r/B & -w_r & -R_2'/L_2' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_B \\ i_q' \\ i_d' \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} B \\ 0 \\ A \end{bmatrix} [V_{BC}]$$

$$Te = -(pp)\sqrt{2}M'i_d'i_B$$

$$p \begin{bmatrix} i_q' \\ i_d' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -R_2'/L_2' & w_r \\ -w_r & -R_2'/L_2' \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_q' \\ i_d' \end{bmatrix}$$

$$Te = 0 \quad (2.7)$$

của nghiên cứu mô phỏng kỹ thuật số và xác nhận của công việc thực nghiệm.

Các chiến lược đề xuất được áp dụng với các thay đổi nhỏ để cả hai động cơ lồng sóc trung thể lớn, IMs và hạ thế.



### 2.3. LOẠI BỎ DAO ĐỘNG MÔ MEN VÀ DÒNG KHỞI ĐỘNG

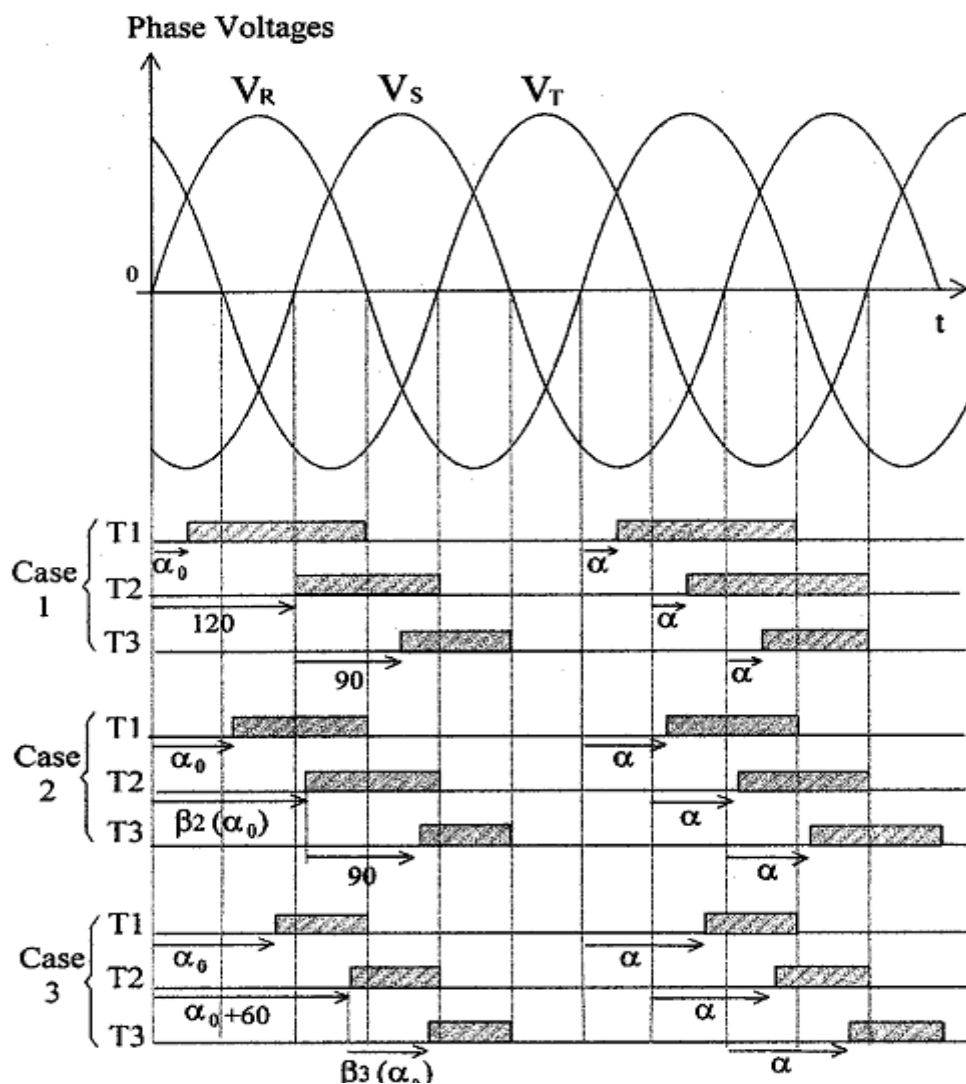
Nguyên nhân của sự rung động trong mô-men điện từ ở tần số điện cung cấp là các chuyển đổi không được kiểm soát của ba giai đoạn vận động với việc cung cấp điện áp vào chu kỳ đầu tiên. Đồng thời chuyển đổi của các giai đoạn cơ giới luôn luôn đưa đến thành phần dao động mô-men điện từ đáng kể[22]. Trong trạng thái mới khởi động cho trung thế IM, chiến lược chuyển đổi áp dụng đối với trạng thái mới khởi động mềm. Trong Bảng 2, việc chuyển đổi chiến lược ban đầu có thể được sử dụng trong trạng thái mới khởi động được đưa ra cho trường hợp dòng liên tục và gián đoạn. Để loại bỏ dao động của mô-men, sáu thyristors hình. 2.1 sẽ nhận được các xung phát lần lượt (trong dãy số 1-6) tại các điểm định sẵn của chu kỳ điện áp đầu tiên, như minh họa trong H.2.2.

Sự liên tục của dạng sóng dòng điện phần lớn quyết định bởi thiết lập ban đầu của góc  $\alpha$ , điều chỉnh dòng khởi động với giá trị định sẵn. Đối với trường hợp dòng gián đoạn, hai chiến lược chuyển đổi ban đầu khác nhau sẽ phát sinh tùy thuộc vào kích hoạt góc mở nhỏ hoặc lớn hơn góc công suất của máy. Đối với hầu hết các động cơ lồng sóc, các góc công suất có giá trị trong khoảng 0,2-0,3, ứng với một góc công suất khoảng  $75^{\circ}$ . Trong Bảng II, góc mở của tất cả các thyristors được quy định đối với các điểm không vượt trên phần tăng dần của điện áp pha R. Trước tiên, T1 nhận được một xung mở vào  $\alpha_0$ , nhưng nó không dẫn đến khi T2 nhận được một xung ở  $120^{\circ}$  cho trường hợp 1,  $\beta_2(\alpha_0)$  cho Trường hợp 2, và  $\alpha_0 + 60^{\circ}$  cho Trường hợp 3. Điều này mở đầu cho chế độ 2 pha hoạt động.

Tiếp theo, thyristor sẽ kích hoạt dẫn là T3, nhận được một xung mở với một trễ  $90^{\circ}$  cho Trường hợp 1 và 2, và  $\beta_3(\alpha_0)$  cho Trường hợp 3. Để loại bỏ những dao động mô-men, chỉ có hai sự chuyển mạch của T2 và T3 là quan trọng; các thyristors còn lại T4-T6 sẽ nhận được xung mở trong trình tự thông

thường với sự trễ  $180^0$ ,  $240^0$  và  $300$  so với  $\alpha_0$ . Những biểu thức hiện của  $\beta_2(\alpha_0)$  và  $\beta_3(\alpha_0)$  cho ở Bảng II.

Các hệ số của các đường thẳng đã được tìm được từ các kết quả mô phỏng. Một số thử nghiệm đã được thực hiện để loại trừ dao động mô-men cho các chế độ khác nhau về góc mở ban đầu. Thay đổi lớn trong các hệ số của đường thẳng như ở trên đã không được quan sát từ động cơ dị bộ điện áp thấp. Do đó, phương trình đường thẳng tối ưu của T2 và T3 có thể được sử dụng. Những dao động gần như sẽ loại bỏ thành phần mô-men cho các máy các kích cỡ khác nhau. Giá trị ban đầu được của góc mở coi nhỏ hơn góc công suất ở độ trượt bằng 1, trường hợp 1 của bảng II.

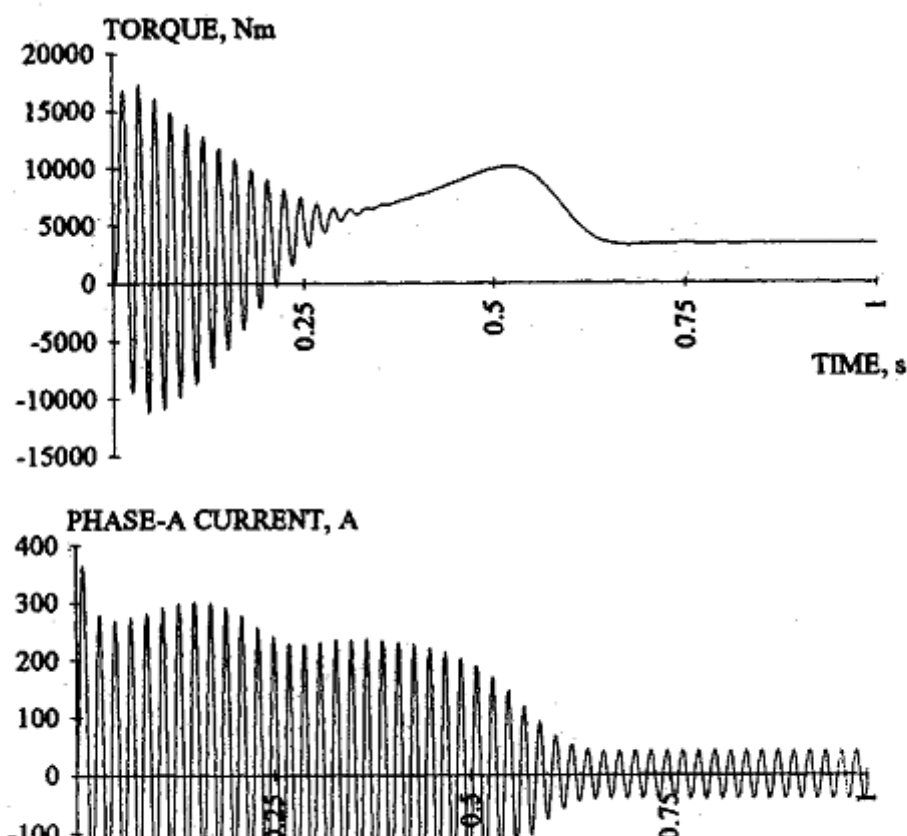


**Hình 2.3** Thuật giải loại trừ dao động mô men

Đối với động cơ khi khởi động có tải cùng với sự tăng tốc độ góc công suất của động cơ cũng tăng theo tuy nhiên điều này sẽ không xảy ra khi động cơ khởi động không tải hoặc tải nhẹ. Việc chuyển từ dòng liên tục sang không liên tục xảy ra khi góc  $\alpha$  nhỏ, và nó liên quan tới góc công suất khi hoạt động ở một tốc độ bất kỳ theo mối quan hệ  $\sigma < \alpha < \theta$  (Trường hợp 2 trong bảng II).

Góc mở tới hạn cho trường hợp độ trượt  $s=1$  là  $63^\circ$  và  $65^\circ$ , cho điện áp thấp và điện áp trung bình lớn của động cơ dị bộ.

Dạng sóng điển hình nhận được ở H.2.3 là đóng đồng thời các pha stato động cơ vào lưới và góc mở  $\alpha=0$  không đổi trong khi khởi động và ở ổn định.



**Hình 2.3** Đóng đồng thời cả 3 pha  $\alpha = 0$

Sự đóng đồng thời các van làm cho sự dao động mô-men và dòng điện ở tần số thấp trong quá trình khởi động. Hình. 2. 4 cho thấy các đại lượng trên khi sử dụng chiến lược loại sự dao động của mô men cho trường hợp 3, trong đó góc  $\alpha_0=80^\circ$  được giữ không đổi cả khi khởi động và ổn định.

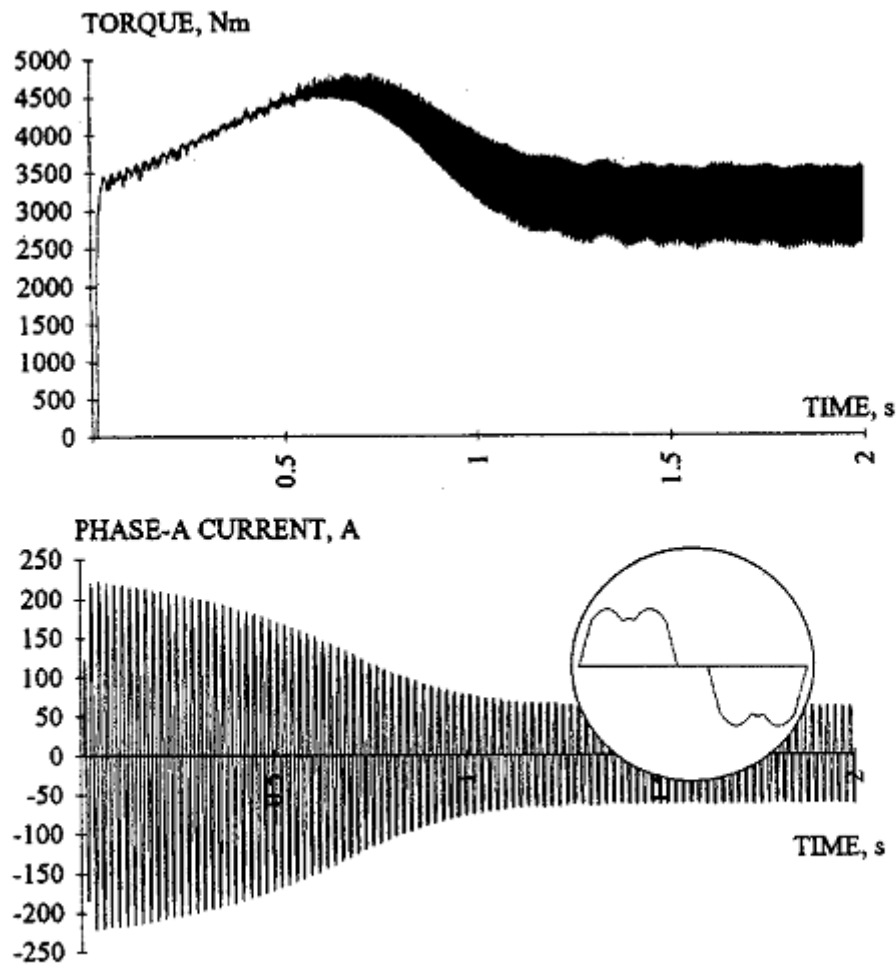


Fig. 4. Best case switching (constant  $\alpha = 80^\circ$  causing discontinuous current and, hence, torque ripple in the steady state.)

Vì góc mở các ti-ri-sto tăng hơn góc công suất ở chế độ ổn định (gần  $35^\circ$  khi đầy tải), dòng bây giờ là không liên tục, kết quả là mô-men dao động điện chỉ trong trạng thái ổn định.

Để loại bỏ dao động mô-men ở tần số lưới cung cấp, các bộ khởi động mềm lựa chọn một trong những chiến lược điều khiển được xác định là trường hợp 1-3 trong Bảng II, bởi khi so sánh với góc giới hạn  $\alpha_0$  với ranh giới  $\sigma$  và  $\theta$ , giữa 3 vùng hoạt động, tức là, Case 1:  $\alpha_0 \leq \sigma$ , trường hợp 2:  $\sigma < \alpha_0$

$<\theta^0$ , và Trường hợp 3:  $\theta^0 \leq \alpha_0$ . Vì rằng sự thay đổi nhỏ xảy ra trong các giá trị của  $\sigma$  và  $\theta$  từ động cơ này so với động cơ khác, sự dao động mô-men được loại bỏ khi sử dụng các giá trị góc mở  $\alpha = 65^0$  và  $\theta = 75^0$  cho tất cả các động cơ bình thường. Động cơ phụ thuộc vào điều chỉnh của  $\sigma$  và  $\theta^0$ , khi chọn ví dụ,  $\alpha = 63^0$  và  $\theta_0 = 73^0$ , thì loại bỏ hoàn toàn dao động của mô-men. Hiện còn vấn đề xác định  $\alpha_0$  của vi điều khiển và đặt giá trị tới hạn cho dòng điện. Điều này có thể đạt được bằng cách sử dụng một trong những phương pháp sau đây, theo thứ tự phức tạp:

- 1) Khởi động với một giá trị  $\alpha_0$  đủ lớn, ví dụ,  $\alpha_0 = 120^0$ , và sử dụng vòng kín điều khiển dòng điện
- 2) Dùng bảng tra cứu:
- 3) Tính toán các giá trị theo thông số động cơ dựa vào sơ đồ tương đương của động cơ ;
- 4) nhận dạng các tham số dựa vào một chu kỳ tiêu tán năng lượng của động cơ tham số ước lượng dựa trên một chu kỳ energization của động cơ.

## **2.4. CHIẾN LƯỢC ĐIỀU KHIỂN DÒNG KHỞI ĐỘNG**

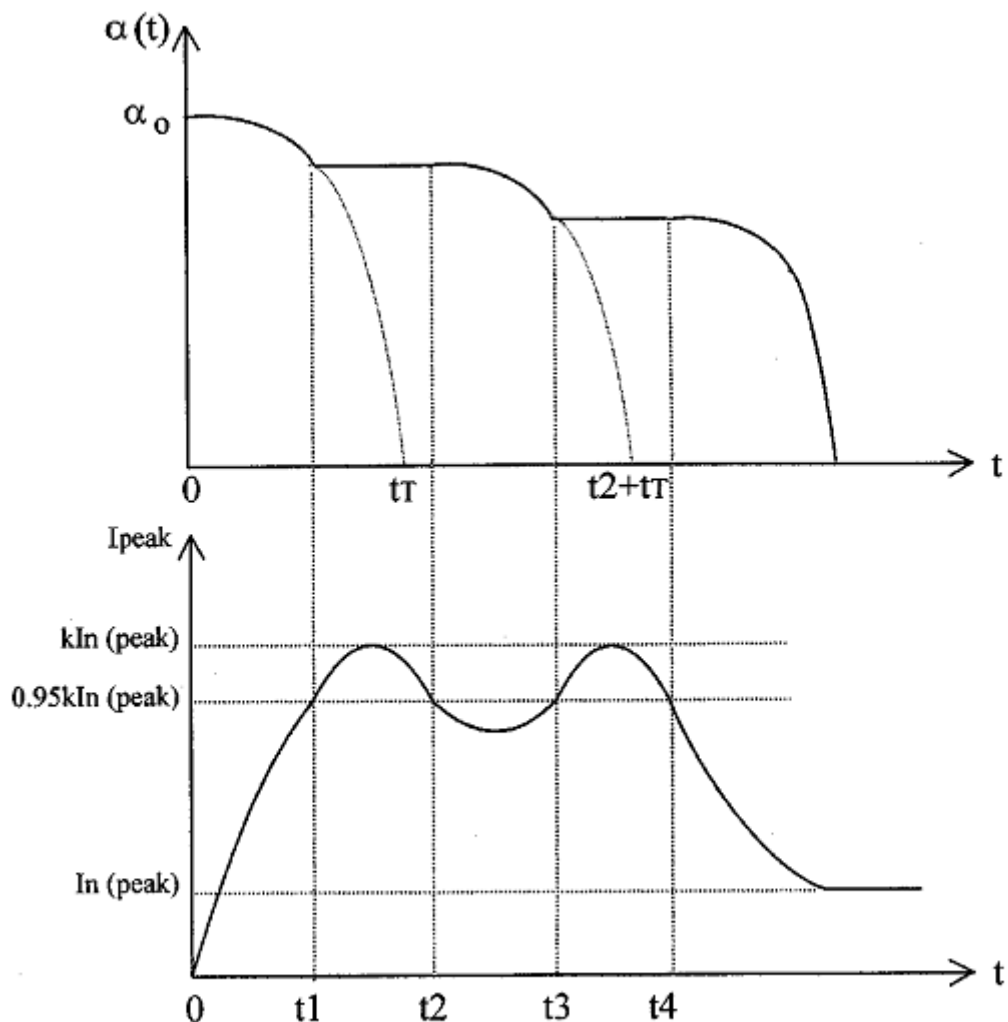
Một chiến lược điều khiển dòng đơn giản được đề xuất là giữ dòng không đổi ở giá trị đặt. Vòng kín điều khiển dòng được thực hiện bằng sử dụng một vi điều khiển ( $\mu C$ ). Như đã trình bày ở H.2.5 chiến lược này được thực hiện bằng so sánh một hàm cosin với một hàm không đổi để xác định góc mở các ti-ri-sto dựa theo sự phản hồi của dòng điện. Giới hạn dòng khởi động có thể được thiết lập với giá trị bất kỳ trong khoảng từ  $I(\text{peak})$  đến  $kI(\text{peak})$  do người điều hành thực hiện.  $I(\text{peak})$  và  $k$  là các giá trị đỉnh của dòng động cơ và chỉ số giá trị giới hạn dòng khởi động tương ứng. Vì dòng khởi động trực tiếp động cơ dao động trong khoảng 5-8 lần giá trị dòng điện tùy thuộc vào loại động cơ, thì giá trị tối đa  $k$  cũng thay đổi trong phạm vi này. Bộ điều chỉnh tác động tương ứng để giữ cho dòng điện nhỏ hơn tí chút

giá trị  $I(\text{peak})$ . Ở đây, mục đích là để giữ cho sự dao động của dòng xung quanh  $kI(\text{peak})$ . Trên H.2.5 giá trị giới hạn thấp để bộ điều dòng hoạt động là  $0,95 kI(\text{peak})$ .  $t_T$  và  $0,95$  cũng có thể được lập trình bởi các kỹ sư sử dụng các kinh nghiệm thực tế và phụ thuộc vào kích thước của động cơ và tải nếu cần thiết.

Những điều chỉnh này gần đúng với các dạng sóng khởi động liên quan chặt chẽ với đường bao của sóng lý tưởng.

Ở H.2.5  $\alpha_0$  là góc mở ban đầu do bộ điều khiển tính, và cung cấp giá trị đặt cho dòng khởi động ngay tại thời điểm mở.  $t_T$  là thời gian một phần tư của sóng cosin, và  $0,95$  là giới hạn dưới được xác định cho dòng khởi động.

Sau khi cấp điện cho động cơ tại  $t = 0$ , góc mở được thay đổi bằng cách điều khiển các hàm cosin cho đến khi dòng đạt và sau đó có xu hướng vượt quá giới hạn dưới  $[0,95 kI(\text{peak})]$  tại  $t = t_1$ . Bộ điều khiển dòng sau đó giữ cho góc mở liên tục tại  $\alpha(t_1)$  cho đến khi trở về  $0,95 kI(\text{peak})$  sau khi đã vượt quá.



**Hình.2.5:** Mô tả chiến lược điều khiển dòng khởi động

Tại thời điểm  $t_2$ , bộ điều khiển thay giá trị không đổi  $\alpha$  bằng sự biến thiên cosin kết quả là sẽ có một xung thấp ở đường bao dẫn dòng khởi động trong khoảng thời gian từ  $t_2$  đến  $t_3$ . Hoạt động bộ điều khiển lặp lại cho đến khi động cơ đạt đến tốc độ định mức. Cần lưu ý rằng các đặc tính trên hình.2. 5 vẽ không đúng tỷ lệ với mục đích làm rõ nguyên lý điều khiển của bộ điều khiển.

Ở tốc độ cuối cùng,  $\alpha$  đạt đến giá trị zero. Dạng sóng dòng điện khởi động của động cơ có điện áp trung bình biểu diễn trên H.2. 6 (a) và (b), tương ứng, cho giá trị giới hạn là  $3.3I_{dm}$  và  $2,5I_{dm}$ . Từ các đặc tính trên ta có các nhận xét sau:

- 1) Dòng khởi động giữ như không đổi ở giá trị đặt trước.
- 2) Sự dao động của mô men khởi động ở tần số lưới cung cấp được loại bỏ thành công.
- 3) Vì dòng không liên tục trong quá trình khởi động, sự dao động của mô men biên độ nhỏ ở tần số 6 lần tần số lưới xuất hiện..
- 4) Vì rằng có quá nhiều sự chuyển tiếp khi sử dụng chiếu lượng cosin đường thẳng và dải điều khiển  $kI(\text{peak}) - 0,95 kI(\text{peak})$  quá hẹp nên,  $\alpha(t)$  theo  $t$ , và  $I_{\text{peak}}$  theo  $t$  không thực hiện.

Thực hiện các chiến lược điều khiển dòng điện mô tả trên được mô tả tóm tắt trong sơ đồ H.2.7. Để đơn giản và sáng sủa hình vẽ trên sơ đồ này không trình bày hoạt động bảo vệ và hiển thị Góc  $\alpha$  ban đầu của khởi động mềm được đặt cho trường trường hợp xấu nhất  $120^\circ$  cho máy mới, để giữ dòng khởi động ở một giá trị thấp hợp lý. Tại mỗi lần khởi động mềm sử dụng góc mở đầu từ EEPROM theo giá trị tới hạn  $kI(\text{peak})$ . Phương pháp này cũng giảm thiểu thời gian khởi động của tổ hợp động cơ-tải.

Trong suốt thời gian khởi động,  $\alpha$  giảm xuống không theo kết quả so sánh giữa dòng hiện tại và  $0,95$  lần dòng giới hạn  $[0,95 kI(\text{đỉnh})]$ , khi sử dụng một cách hiệu quả phương pháp xác định góc  $\alpha$  nêu trên.

Việc cung cấp IM điện áp và dạng sóng trong quá trình khởi hiện tại - quá trình và trạng thái ổn định được thể hiện trong Fig.5, nơi góc  $(\alpha - \phi)$  tối đa của nó (a) và giá trị tối thiểu (b). Đối với hoạt động bình thường, trạng thái ổn định hiện nay liên tục chảy trong ba giai đoạn, góc kích hoạt  $\alpha$  là  $\alpha = \phi$ , nơi  $\phi$  là giai đoạn phụ thuộc vào tải - - thay đổi góc. Đối với  $\alpha < \phi$ , các thyristor dẫn yêu cầu không được đáp ứng, và do đó, hạn chế để kích hoạt góc  $\alpha$  là  $\alpha \geq \phi$ .

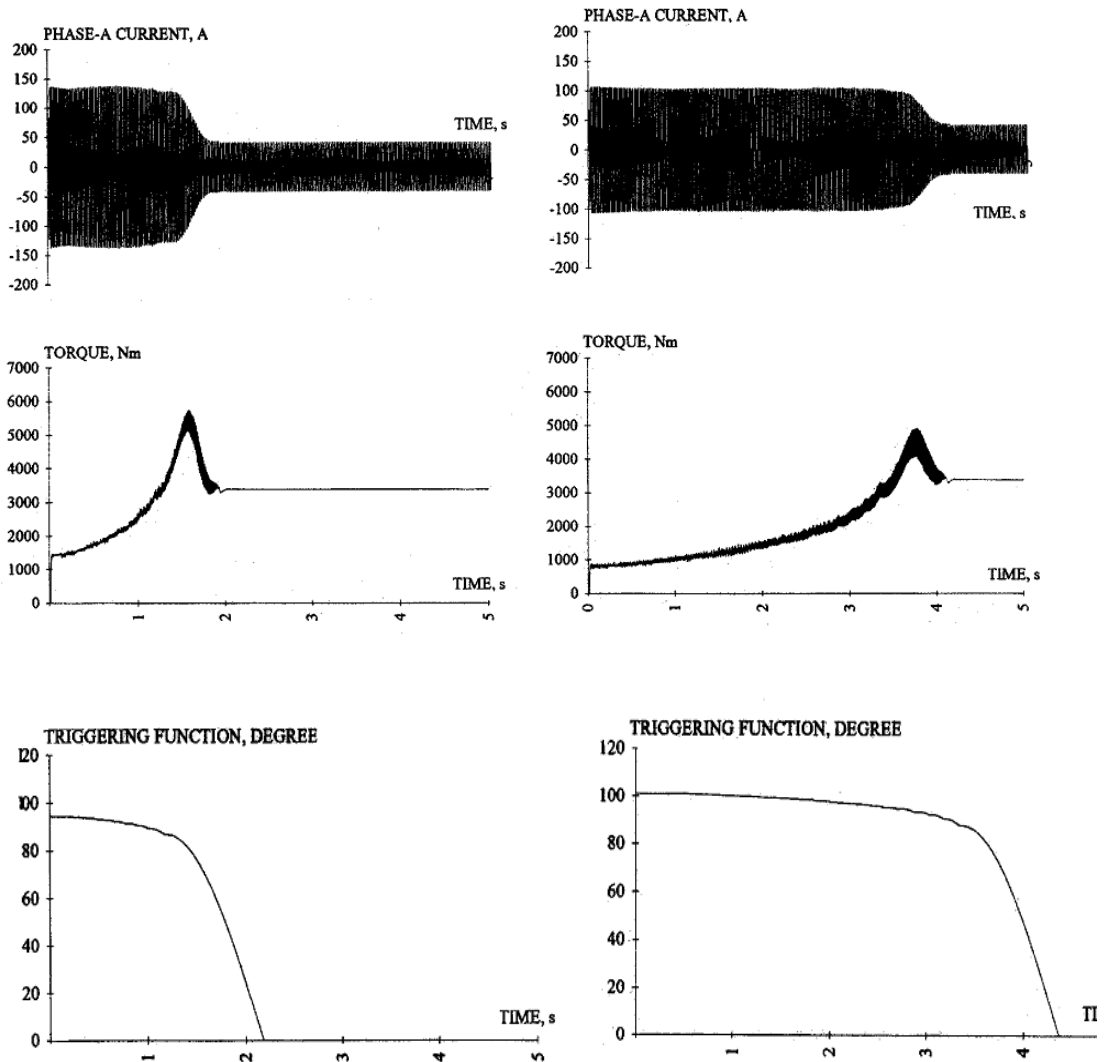
Khi một tích hợp tinh khiết (INT) được thực hiện trong dis - Crete hình thức, như trong một bộ xử lý tín hiệu kỹ thuật số, một lỗi có thể phát sinh [12], [13].

Lỗi này bao gồm trôi dạt được sản xuất bởi INT rời rạc và cũng trôi dạt được sản xuất bởi sai số đo bù đắp hiện diện trong các lực điện trở lại. Một thành phần dc nhỏ, không có mater nhỏ như thế nào, có thể ổ đĩa INT tinh khiết vào bão hòa. Các lỗi tích hợp kết hợp với việc thực hiện của INT là không đổi và bằng cách nào đó trông giống như một bù đắp giá trị tích hợp ban đầu. Từ tín hiệu ở đầu vào của INT, nó không phải là dễ dàng để biết liệu các tín hiệu tích hợp sẽ có một khoảng trống hay không.

Các hàng thứ tư và cột (2) sẽ bị xóa trong mô hình này khi dòng zero- không thể chạy trong máy nối sao không có dây trung tính. Ngoài ra,  $i_C$  ở phía bên phải của (2) có thể được thay thế bởi  $(-i_B - i_A)$ . Số lượng các phương trình có thể được giảm bớt bằng cách lấy hàng thứ hai trừ hàng đầu tiên, và thứ ba trừ hàng đầu tiên. Bằng cách này, sự biểu diễn của dòng điện phía stator được thể hiện trong dạng của điện áp dây  $V_{AB}$  và  $V_{AC}$ . Hình thức mới này của các mô hình toán học được coi là phù hợp hơn cho các mô phỏng kỹ thuật số của hai giai đoạn hoạt động là tốt.



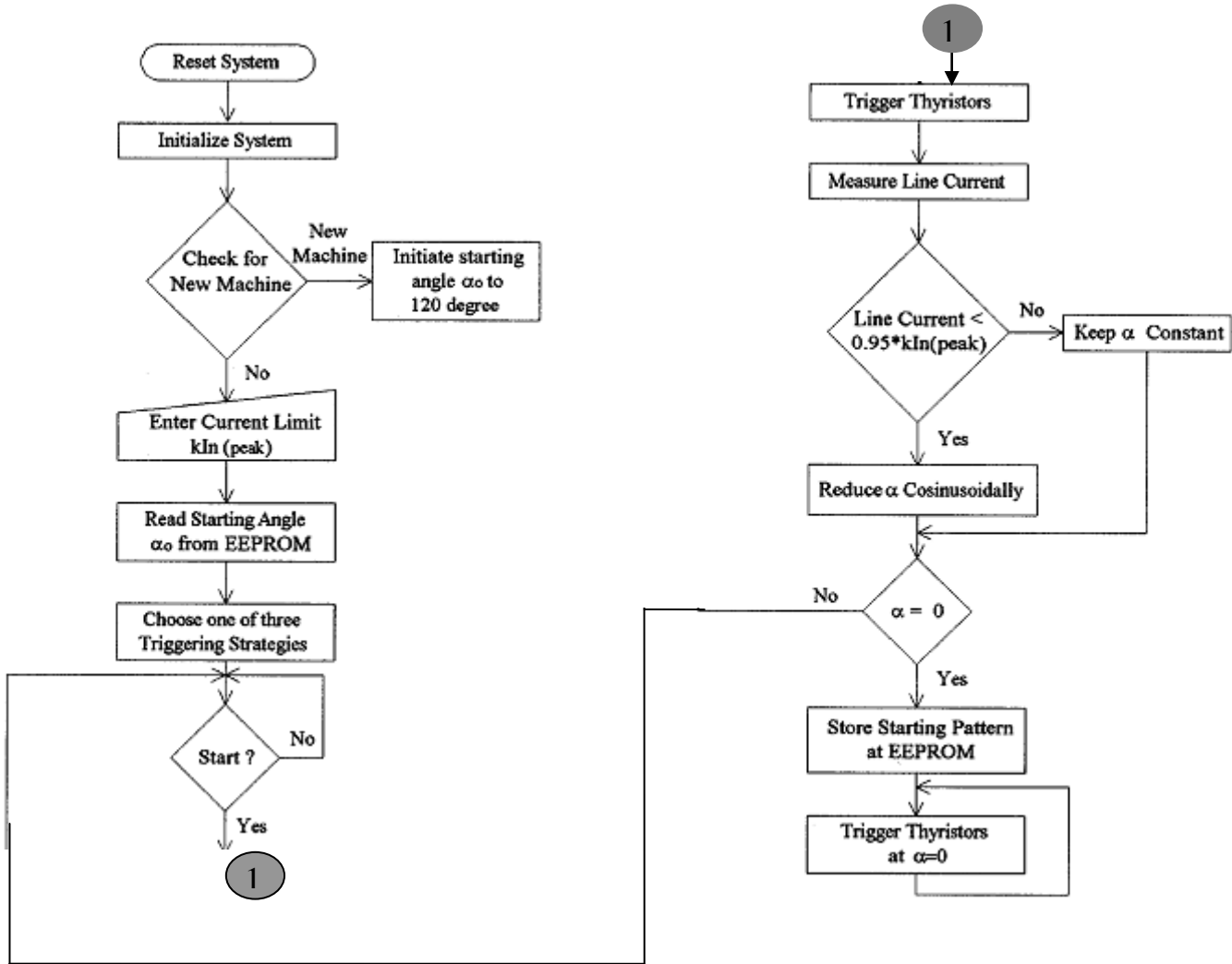
Sự liên tục của dạng sóng dòng điện phần lớn quyết định bởi thiết lập ban đầu của góc  $\alpha$ , điều chỉnh dòng khởi động với giá trị định sẵn. Đối với trường hợp dòng gián đoạn, hai chiến lược chuyển đổi ban đầu khác nhau sẽ phát sinh tùy thuộc vào kích hoạt góc mở nhỏ hoặc lớn hơn góc công suất của máy. Đối với hầu hết các động cơ lồng sóc, các góc công suất có giá trị trong khoảng 0,2-0,3, ứng với một góc công suất khoảng  $75^{\circ}$ . Trong Bảng II, góc mở của tất cả các thyristors được quy định đối với các điểm không vượt trên phần tăng dần của điện áp pha R.



**Hình 2.6** a) Đặc tính dòng điện và mô men khi  $I=3,3I_{dm}$  ;b) khi  $I=2,5I_{dm}$

## 2.5. LOẠI BỎ MÔ MEN QUÁ ĐỘ KHI ĐÓNG LẠI ĐỘNG CƠ

Mô men quá độ của động cơ được tạo ra khi động cơ được nối vào một nguồn phụ thuộc vào tốc độ của động cơ đang quay, và chịu ảnh hưởng bởi từ thông còn lại rong lõi thép của động cơ [6], [8].



**Hình 2.7.** Thuật giải thực hiện tần điều khiển dòng

Sau khi ngắt động cơ khỏi nguồn cung cấp, trên các cực của động cơ tồn tại một điện áp lớn trong một khoảng thời gian tương đối ngắn. Thời gian tiêu tán điện áp này phụ thuộc vào thời điểm ngắt động cơ khỏi lưới. Trên hình 2.8 biểu diễn sự tiêu tán điện áp này sau ( $\approx 25$ -30 chu kỳ cho sự kích thích 50Hz). Tại thời điểm đóng lại, sự khác biệt giữa điện áp động cơ cảm

ứng và nguồn cung cấp điện áp sẽ có một tác động đáng kể về dòng và mô-men đã chỉ ra trong [8] - [10]. Các tần số và biên độ của mômen khi đóng lại rất khác nhau khi động cơ được đóng lại ở những tốc độ khác nhau [9].

Từ quan điểm này, nguồn cung cấp được đóng lại động cơ như sau:

- 1) Khi đóng lại nhanh khi từ thông dư chưa bị tiêu tán
- 2) đóng trở lại với tốc độ vừa phải khi từ thông lượng dư đã hết;
- 3) đóng lại ở tốc độ thấp.

Việc khởi động mềm được mô tả ở đây có thể phát hiện sự sụt áp hay điện áp lưới bị mất, do đó các xung điều khiển ti-ri-sto sẽ bị khóa. Thời gian trễ đóng trở lại có thể được lập trình trên vi điều khiển, và giá trị số của nó phụ thuộc vào kinh nghiệm của đã thống kê trong thực tế. khi khởi động mềm bằng thyristor, do thời gian đóng mở và điện áp cung cấp được điều khiển mô-men quá độ khi đóng trở lại gần như bị loại trừ. Với mục đích đó, các book khởi động mềm thường mềm tự động điều chỉnh các giá trị dòng đặt ở một giá trị tương đối thấp, và áp dụng các chiến lược loại trừ mô-men được xác định như Trường hợp 3 trong bảng II. Điều này có thể đạt được bằng cách khởi động với giá trị  $\alpha$  ban đầu đủ cao, ví dụ,  $90^0$ .

## CHƯƠNG 3

# HỆ THỐNG KHỞI ĐỘNG MỀM ĐỘNG CƠ ĐIỆN CÓ ĐIỀU KHIỂN MÔMEN

### 3.1. MỞ ĐẦU

Ac động cơ bắt đầu sử dụng bán dẫn điện đang ngày càng được sử dụng để thay thế bắt đầu dòng điện và giảm bắt đầu điện áp thông thường - vì khả năng mềm bắt đầu kiểm soát giới hạn bắt đầu từ hiện tại.

Bắt đầu mềm dựa trên Thyristor có giá rẻ, đơn giản, đáng tin cậy, và chiếm khối lượng ít hơn, và do đó, sử dụng của họ là một giải pháp khả thi để các động cơ cảm ứng (IM) bắt đầu từ vấn đề.

Góc kỹ thuật đoạn đường nối được gọi là kỹ thuật điện áp-đoạn đường nối bởi vì nó không có một ý kiến phản hồi điện áp được áp dụng cho động cơ. Nó có nghĩa là điện áp IM được điều khiển thông qua một đoạn đường nối bán - góc của thyristors trong một vòng lặp mở. Kỹ thuật này là đơn giản, và nó được sử dụng trong thương mại bắt đầu mềm chi phí thấp. Nó sẽ luôn luôn tạo ra một đường cong mô-men điện từ bắt đầu từ bậc hai có thể được áp dụng cho máy bơm thủy lực nhỏ và người hâm mộ nhỏ.

Tùy thuộc vào chuyển đổi instants ban đầu của tất cả ba giai đoạn để cung cấp, nhấn có thể tạo ra các rung động nghiêm trọng trên các mô-men điện từ điện, bất kể nó được điều khiển bởi một khởi động trực tiếp trực tuyến hoặc khởi động mềm.

Rung động điện-mô-men điện từ có thể gây ra những cú sốc với các thiết bị điều khiển và thiệt hại cho các thành phần hệ thống cơ khí, chẳng hạn như trục, khớp nối, và các bánh răng, ngay lập tức nếu vượt quá sức mạnh của vật liệu, hoặc trong thời gian dài, do mệt mỏi

Kiểm soát kỹ thuật này hiện tại có thể cung cấp một mô-men điện từ không đổi trong suốt quá trình bắt đầu và ở giữa của quá trình bắt đầu. Tuy nhiên, trong giai đoạn cuối cùng của quá trình này, người ta có thể xác minh sự tồn tại của một xung mô-men điện từ, trong đó, đối với một số loại vật nặng, tăng tốc đột ngột có thể được tạo ra. Vì vậy, có vẻ như là một giải pháp tốt để giải quyết vấn đề này là để trực tiếp kiểm soát mô-men điện từ điện trong quá trình bắt đầu.

Trong bài báo này, một kỹ thuật điều khiển mô-men điện từ được đề xuất để loại trừ điện từ rung động mô-men điện từ và giữ cho dòng hiện tại gần như không đổi ở một giá trị cài sẵn trên toàn bộ phần mềm giai đoạn bắt đầu. Chiến lược này cho phép mô-men điện từ được kiểm soát theo cách đó mà một mô-men điện từ không đổi hoặc thậm chí mô-men điện từ phù hợp có thể được theo sau bởi tín hiệu trong khi bắt đầu hoặc dừng quá trình.

Kỹ thuật đề nghị, bên cạnh những lợi ích thu được từ hiện tại - kỹ thuật kiểm soát trước đây được trích dẫn có thể, cũng cho phép hủy bỏ xung mô-men điện từ và Accel - eration xác nhận vào cuối của IM bắt đầu.

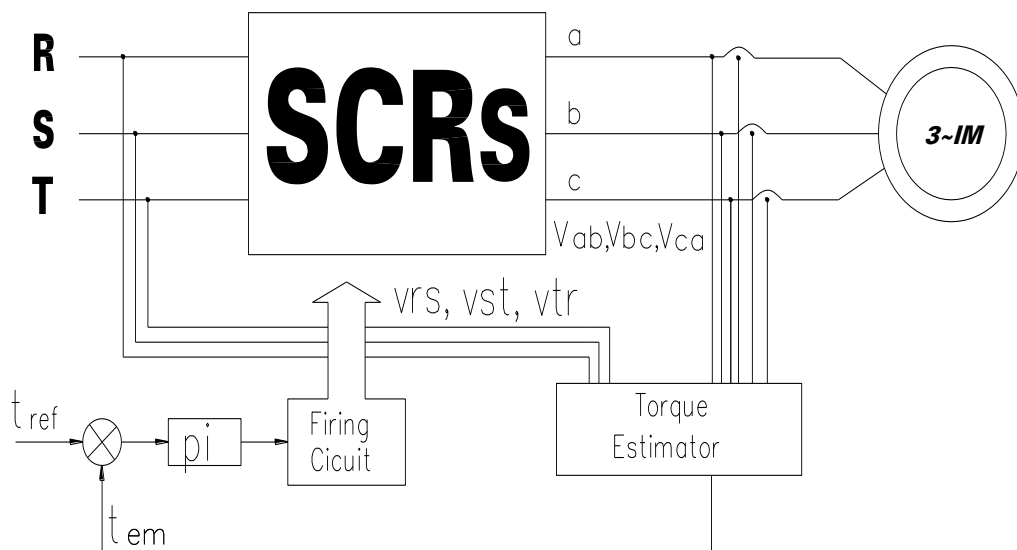
### **3.2. MÔ TẢ VÀ HOẠT ĐỘNG CỦA HỆ THỐNG PRINCIPLES**

Các sơ đồ khởi động mềm IM với các kỹ thuật điều khiển mô-men điện từ thân đặt ra là được đưa ra trong Hình 3.1

Điện từ - ước lượng mô-men điện từ là obained bằng cách sử dụng thấp - phụ vượt qua là phần tĩnh - thông lượng ước tính elim - thấp vượt qua bộ lọc là phần tĩnh thông lượng ước tính elim - inates đầu vào tương tự bù đắp.

Kiểm soát mô-men điện từ vòng khép kín cho phép sản xuất bắt đầu mong muốn mô-men điện từ hồ sơ cá nhân từ mô-men điện từ được thông qua tham chiếu, điều chỉnh mô-men điện từ điện từ để mô-men điện từ tải.

Hình 2 cho thấy một biểu đồ chi tiết của khởi động mềm IM với mô-men điện từ được đề xuất kiểm soát kỹ thuật.



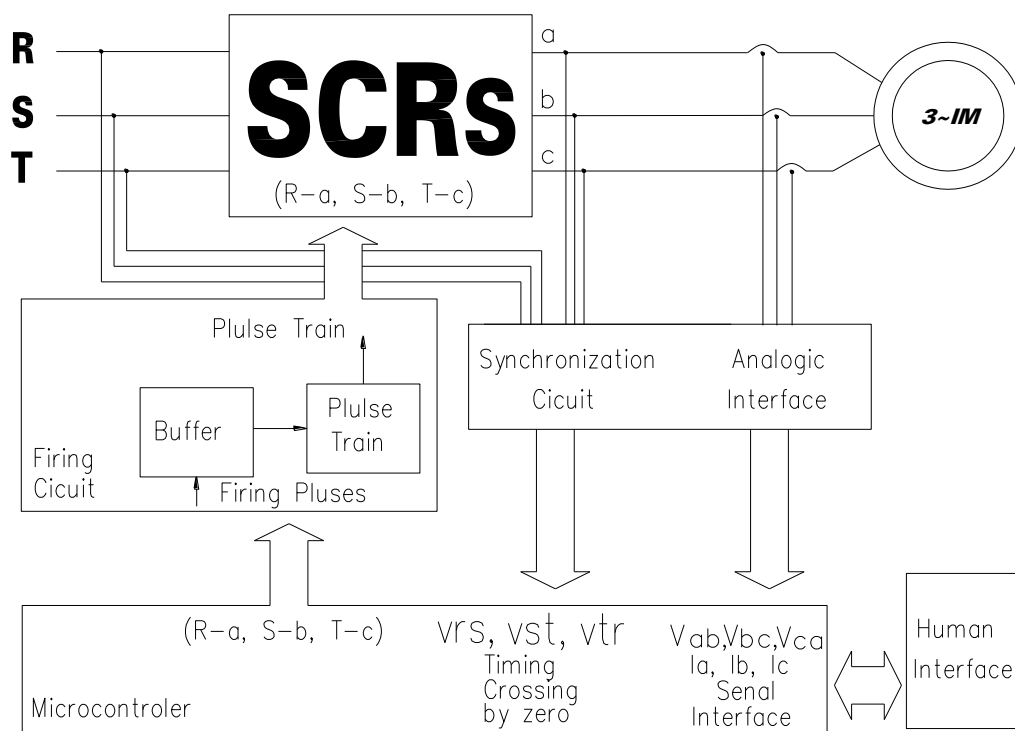
**Hình 3.1:** Đề xuất sơ đồ điều khiển sơ đồ kỹ thuật

Điện từ - ước lượng mô-men điện từ là obtained bằng cách sử dụng thấp - phụ vượt qua là phần tĩnh - thông lượng ước tính elim - thấp vượt qua bộ lọc là phần tĩnh thông lượng ước tính elim - inates đầu vào tương tự bù đắp.

Kiểm soát mô-men điện từ vòng khép kín cho phép sản xuất bắt đầu mong muốn mô-men điện từ hồ sơ cá nhân từ mô-men điện từ được thông qua tham chiếu, điều chỉnh mô-men điện từ điện từ để mô-men điện từ tải.

Hình 3.1 cho thấy một biểu đồ chi tiết của khởi động mềm IM với mô-men điện từ được đề xuất kiểm soát kỹ thuật.

Sơ đồ này gồm ba cặp trở lại - trở lại - thyristors kết nối, một điều khiển dựa trên vi điều khiển và mạch bảo vệ, sa thải và các mạch giao diện tương tự, đồng bộ, và giao diện con người - máy. Phải đối mặt với mạch tương tự - liên tiếp nhận đường ba - dòng đầu ra tín hiệu điện áp thông qua các bộ khuếch đại sự khác biệt với nhiễu thập kỷ trở, và các tín hiệu dòng ba hiện tại ( $i_a$ ,  $i_b$ , và  $i_c$ ) thông qua hiện tại biến áp.



**Hình 3.2:** Đề xuất sơ đồ điều khiển kỹ thuật chi tiết

Các thể hệ của các xung bán thyristor thu được bằng cách sử dụng ba tín hiệu: các tài liệu tham khảo mô-men điện từ tín hiệu, tín hiệu ước tính mô-men điện từ, và đầu vào tín hiệu đồng bộ điện áp. Các tín hiệu mô-men điện từ ước tính. Các tín hiệu mô-men điện từ ước tính được so sánh với tín hiệu tham chiếu mô-men điện từ, tạo ra một tín hiệu báo lỗi. Tín hiệu báo lỗi này tạo ra một tín hiệu điện áp tại tỷ lệ integar đầu ra. Định nghĩa của góc thyristor kích hoạt được thực hiện mối quan hệ giữa sản lượng PI và điện áp cung cấp tối đa giá trị. Tín hiệu đó là chuyển đổi thành thời gian, có tính đến tần số hoạt động hệ thống cung cấp điện.

Các tín hiệu thời gian được tạo ra là sử dụng cùng với các tín hiệu đồng bộ điện áp đầu vào để tạo ra một sự chậm trễ trong mỗi giai đoạn, đó là tỷ lệ thuận với tín hiệu báo lỗi. Ngay lập tức các tín hiệu qua không được sử dụng để tạo ra các SCRs bắn xung liên quan đến các giai đoạn tương ứng.

Vì vậy, như một chức năng của tín hiệu báo lỗi mô-men điện từ, một biến thể của góc bắn thu được cho phép sự kiểm soát của điện áp áp dụng cho động cơ, do đó, mô-men điện từ máy

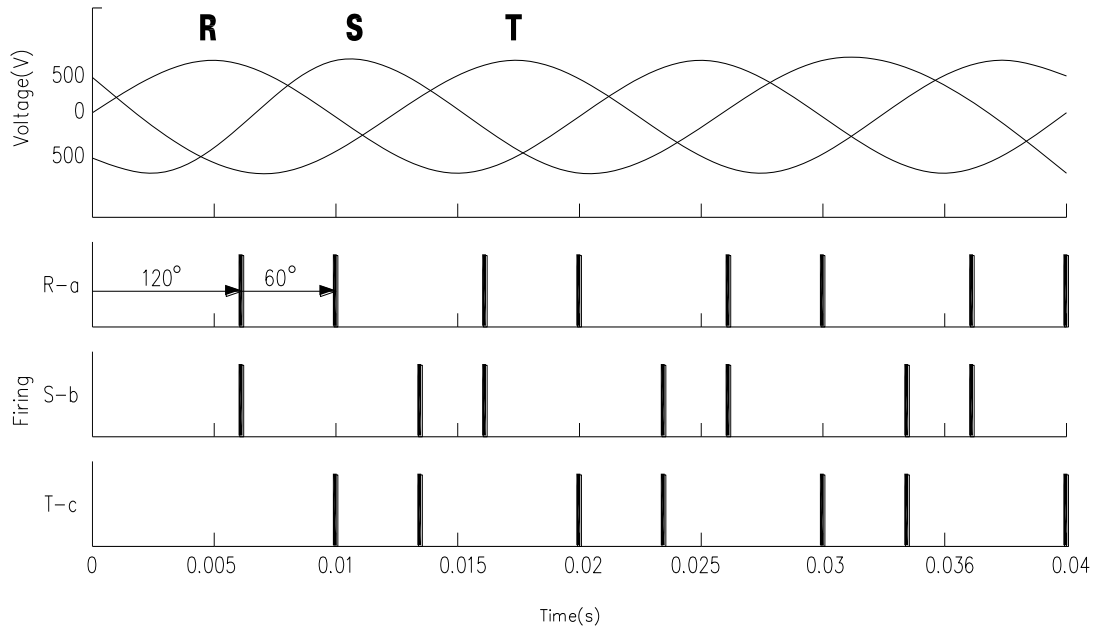
Tại bất kỳ thời điểm nào, bằng cách thực hiện điều khiển thyristor, IM hoạt động trong một trong các phương thức hoạt động được xác định trong Bảng I: chế độ 0 - không có điện áp cung cấp, chế độ 1, 2, và 3 - hai điện áp cung cấp, và chế độ 4 - ba điện áp cung cấp.

Xem xét các góc bắn thyristor  $\alpha$ , tần của trang điểm - gering xung cần thiết cho cả ba hệ thống giai đoạn sẽ được ngăn cách bởi một góc 60°. Để cho phép sự thay đổi trong giá trị của  $\alpha$  với thời gian, đảo tạo của các xung kích hoạt yêu cầu sẽ được phân cách bằng  $600 \alpha \Delta \pm$  (t). Trong hình 3 góc bắn  $\alpha$  có giá trị lớn nhất (1200), tức là, điện áp tối thiểu, với unsymmetric hai giai đoạn chế độ hoạt động.

Các tín hiệu thời gian được tạo ra là sử dụng cùng với các tín hiệu đồng bộ điện áp đầu vào để tạo ra một sự chậm trễ trong mỗi giai đoạn, đó là tỷ lệ thuận với tín hiệu báo lỗi. Ngay lập tức các tín hiệu qua không được sử dụng để tạo ra các SCRs bắn xung liên quan đến các giai đoạn tương ứng.

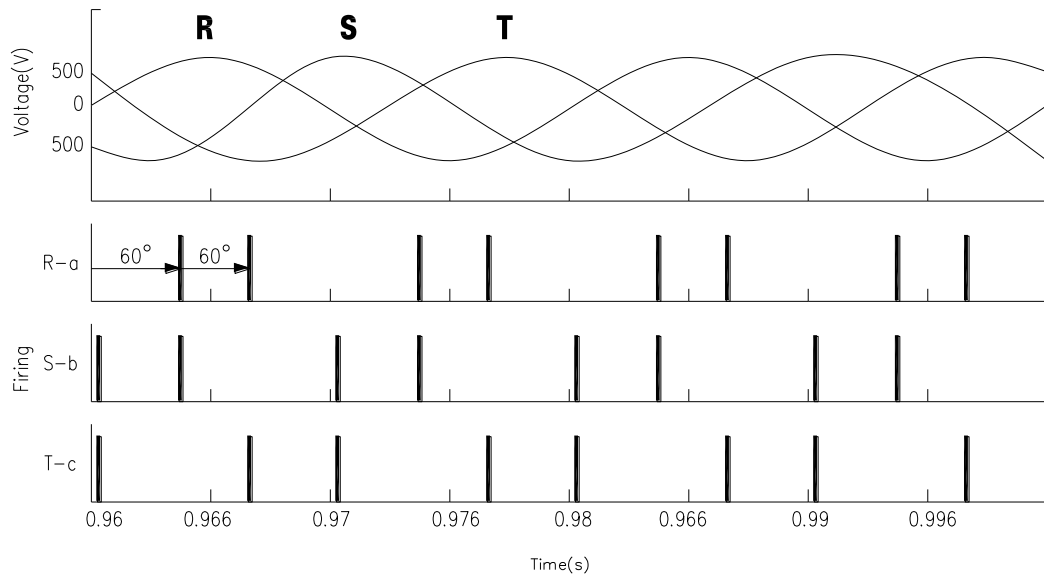
Kiểm soát kỹ thuật này hiện tại có thể cung cấp một mô-men điện từ không đổi trong suốt quá trình bắt đầu và ở giữa của quá trình bắt đầu. Tuy nhiên, trong giai đoạn cuối cùng của quá trình này, người ta có thể xác minh sự tồn tại của một xung mô-men điện từ, trong đó, đối với một số loại vật nặng, tăng tốc đột ngột có thể được tạo ra. Vì vậy, có vẻ như là một giải pháp tốt để giải quyết vấn đề này là để trực tiếp kiểm soát mô-men điện từ điện trong quá trình bắt đầu.





**Hình 3.3:** Bắn chuỗi ở đầu của quá trình bắt đầu

Hình cho thấy ba chế độ hoạt động giai đoạn. Thyristor được điều khiển trong cùng một cách như trong các chế độ 1, 2, và 3, nhưng trong trường hợp này, nó có thể được nhìn thấy góc bắn  $\alpha$  có một giá trị tối thiểu (600), tức là, điện áp tối đa.



**Hình 3.4:** Ba chế độ bắn chuỗi của các giai đoạn

Việc cung cấp IM điện áp và dạng sóng trong quá trình khởi hiện tại - quá trình và trạng thái ổn định được thể hiện trong hình, nơi góc  $(\alpha - \phi)$  tối đa của nó (a) và giá trị tối thiểu (b). Đối với hoạt động bình thường, trạng thái ổn định hiện nay liên tục chảy trong ba giai đoạn, góc kích hoạt  $\alpha$  là  $\alpha = \phi$ , nơi  $\phi$  là giai đoạn phụ thuộc vào tải - - thay đổi góc. Đối với  $\alpha < \phi$ , các thyristor dẫn yêu cầu không được đáp ứng, và do đó, hạn chế để kích hoạt góc  $\alpha$  là  $\alpha \geq \phi$ .

### 3.3. ƯỚC LƯỢNG – DỰ TOÁN PHƯƠNG PHÁP TIẾP CẬN

Thông lượng IM stator được ước tính thông qua sự tích hợp của các lực điện trở lại như được mô tả bởi các phương trình sau đây  $\alpha - \beta$  khung tham chiếu văn phòng phẩm:

$$\vec{\lambda}_s = \int (\vec{V}_s - \vec{I}_s \cdot R_s) dt \quad (1)$$

$$\lambda_{s\alpha\beta} = \int (V_{s\alpha\beta} - I_{s\alpha\beta} \cdot R_s) dt \quad (2)$$

nơi  $V_s$  và là đo điện áp cung cấp stato và dòng, tương ứng, và  $R_s$  là kháng stato.

Phương pháp này đã được lựa chọn bởi vì nó đòi hỏi chỉ chỉ có một tham số, điện trở stato, mà là thu được từ phương pháp được biết đến.

Mức độ thông lượng và góc của thông lượng stato ước tính có thể được viết như sau:

$$|\vec{\lambda}_s| = \sqrt{\lambda_{s\alpha}^2 + \lambda_{s\beta}^2} \quad (3)$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{\lambda_{s\beta}}{\lambda_{s\alpha}} \quad (4)$$

Như vậy, mô-men điện từ IM có thể được tính như sau.

$$T_{em} = \frac{3}{2} \cdot \frac{p}{2} \cdot (\lambda_{s\alpha} \cdot I_{s\beta} - \lambda_{s\beta} \cdot I_{s\alpha}) \quad (5)$$

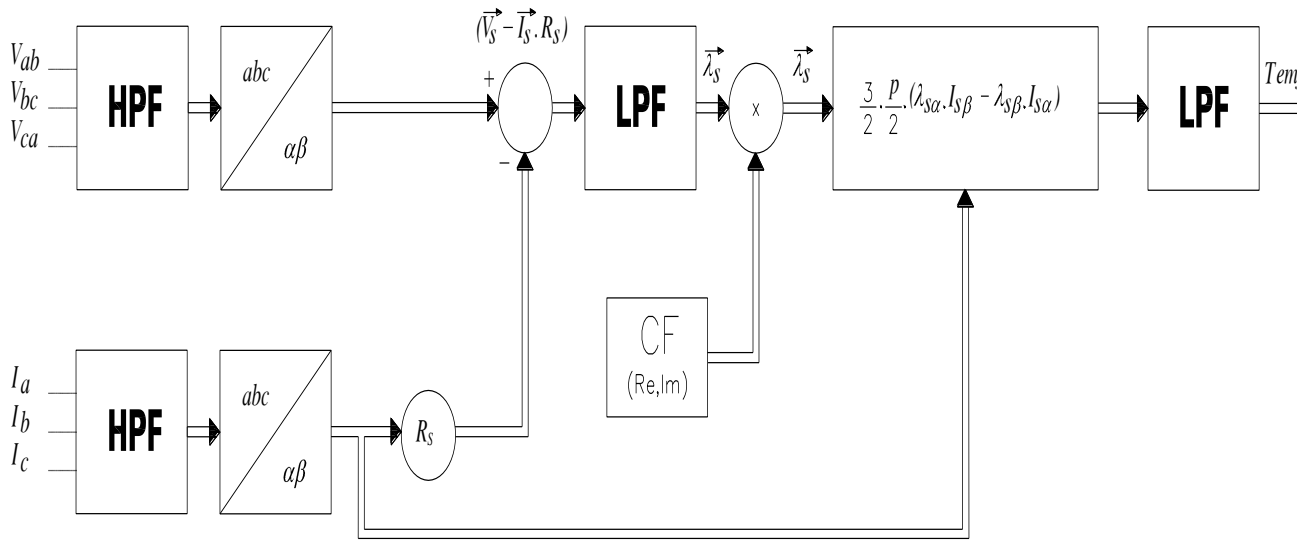
Khi một tích hợp tinh khiết được thực hiện trong dis - Crete hình thức, như trong một bộ xử lý tín hiệu kỹ thuật số, một lỗi có thể phát sinh. Lỗi này bao gồm trôi dạt được sản xuất bởi INT rời rạc và cũng trôi dạt được sản xuất bởi sai số đo bù đắp hiện diện trong các lực điện trở lại. Một thành phần dc nhỏ, không có mater nhỏ như thế nào, có thể ổ đĩa INT tinh khiết vào bão hòa. Các lỗi tích hợp kết hợp với việc thực hiện của INT là không đổi và bằng cách nào đó trông giống như một bù đắp giá trị tích hợp ban đầu. Từ tín hiệu ở đầu vào của INT, nó không phải là dễ dàng để biết liệu các tín hiệu tích hợp sẽ có một khoảng trống hay không.

Việc cung cấp IM điện áp và dạng sóng trong quá trình khởi hiện tại - quá trình và trạng thái ổn định được thể hiện trong hình, nơi góc ( $\alpha - \phi$ ) tối đa của nó (a) và giá trị tối thiểu (b). Đối với hoạt động bình thường, trạng thái ổn định hiện nay liên tục chảy trong ba giai đoạn, góc kích hoạt  $\alpha$  là  $\alpha = \phi$ , nơi  $\phi$  là giai đoạn phụ thuộc vào tải - - thay đổi góc. Đối với  $\alpha < \phi$ , các thyristor dẫn yêu cầu không được đáp ứng, và do đó, hạn chế để kích hoạt góc  $\alpha$  là  $\alpha \geq \phi$ .

Đo bù có thể được giảm đến một giá trị chấp nhận có thể giới thiệu một điều chỉnh bù đắp đầu vào của [12], hoặc điều này có thể được thực hiện bằng cách sử dụng.

Như vậy, hình. 6 cho thấy cách tiếp cận được sử dụng để ước tính dòng stato IM và mô-men điện từ điện. Mục đích của HPFS sáu được sử dụng sau khi điện áp stator và các đầu vào tương tự hiện hành, trong khi đọc là để loại bỏ bù đắp các yếu tố đầu vào analog, trong khi mục đích của đầu tiên là để thay thế INT tinh khiết, tránh những vấn đề rearding việc sử dụng như đã đề cập trước đó. Các đầu vào mô-men điện từ tức thời của thứ hai trình bày các dao động định kỳ, là một trong những quan trọng nhất trong cung cấp tần số. Để loại bỏ những dao động, một đã được sử dụng thứ hai được thiết kế theo

cách tương tự như các LPF đầu tiên, tạo ra đường cong mô-men điện từ lọc điện từ.



**Hình 3.5:** Sơ đồ của các cơ sở ước lượng đề xuất điện-mô-men điện từ trên một INT với giảm thiểu các bù

Dự án lọc dựa trên các thông số kỹ thuật sau đây định nghĩa stato đề xuất - thông lượng ước tính.

- 1) stato động cơ thông lượng dự toán phải hoạt động theo một dải tần số từ 50 Hz - 15% đến 60 Hz + 15% (từ 42 đến 70 Hz với 50 hoặc 60 Hz động cơ, hai, bốn, sáu, tám cực; dòng từ 9 đến 1400A và điện áp cho ăn từ 220 quá 575V.
- 2) Tính năng động phản ứng của phần tĩnh - thông lượng dự toán phải phù hợp với một semicycle cung cấp tín hiệu hình sin điện áp, nghĩa là 10 ms 50 Hz và 8,33 ms cho 60 Hz.
- 3) Việc tính toán của dòng phải được thực hiện trong vòng semicycle của việc cung cấp điện áp tín hiệu hình sin.
- 4) Một tỷ lệ lấy mẫu của 250  $\mu$  phải được sử dụng để thực hiện dự toán và thói quen điều khiển.

Sau khi stato - thông lượng - thông số kỹ thuật ước tính được xác định, dự án lọc được dựa trên việc sử dụng năm đằm để Butterworth bộ lọc tương tự. Lúc đầu, HPFS được thiết kế với tần số cắt cố định, một thập kỷ dưới đây tần số kích thích. Cũ - tần số trích dẫn được định nghĩa là trung bình tỷ lệ kích thích sự biến đổi tần số, nghĩa là 55 Hz. LPFs theo tiêu chuẩn thiết kế tương tự được sử dụng cho HPFS.

Sau đó, các bộ lọc tương tự đã được discretized bằng cách sử dụng chuyển đổi song tuyến tính (hoặc phương pháp Tustin) với một tỷ lệ lấy mẫu của 250  $\mu$  s. Người ta có thể quan sát rằng các kết quả tỷ lệ lấy mẫu ở một tần số Nyquist cao hơn nhiều so với tần số hoạt động quy định tại khoản 1), kết quả là giá trị biến dạng rất thấp đối với các tín hiệu discretized.

Các rời rạc của HPFS kết quả trong các chức năng chuyển giao sau:

$$H(z) = k \frac{1 - z^{-1}}{1 - \alpha z^{-1}} \quad (6)$$

$$k = \frac{2}{(2 + \omega_c T_s)} \quad (7)$$

$$\alpha = \frac{(2 - \omega_c T_s)}{(2 + \omega_c T_s)} \quad (8)$$

Từ (6), người ta có thể quan sát sự tồn tại của một số không trên các vòng tròn đồng nhất và cực phụ thuộc vào giá trị của  $\alpha$ , trong đó, lần lượt phụ thuộc vào tần số cắt. Phương trình (6) được cấy vào vi điều khiển. Các rời rạc của LPFs kết quả trong các chức năng chuyển giao sau:

$$H(z) = k \frac{1 + z^{-1}}{1 - \alpha z^{-1}} \quad (9)$$

$$k = \frac{\omega_c T_s}{(2 + \omega_c T_s)} \quad (10)$$

Bảng IM dữ liệu

Dữ liệu	động cơ 1	động cơ 2
Công suất (kW)	3.7	220
đánh giá điện áp (V)	220	440
đánh giá dòng $I_N$ (A)	12.7	345
đánh giá tốc độ (rpm)	3500	1790
Kháng stato ( $\Omega$ )	0.23	0.00119
$\cos \phi$	0.87	0.88

và  $\alpha$  có giá trị như (8). Trong trường hợp này, người ta cũng có thể thấy sự tồn tại của một số không trên các vòng tròn đồng nhất và cực phụ thuộc vào giá trị của  $\alpha$ , mà phụ thuộc vào tần số cắt. Phương trình (9) đã được thực hiện trong vi điều khiển.

Yếu tố điều chỉnh sẽ đưa vào xem xét dif - ferences giữa độ lớn và giá trị giai đoạn của INT tinh khiết, tức là:

$$|H_{INT}| = \frac{1}{\omega} \quad (11)$$

$$\theta_{INT} = -90^0 \quad (12)$$

$$|H_{LPF}| = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\omega}{\omega_c}\right)^2}} \quad (13)$$

$$|H_{CF}| \angle \theta_{CF} = \frac{|H_{INT}| \angle -90^0}{|H_{LPF}| \angle \theta_{LPF}} \quad (15)$$

Bằng cách chuyển đổi các giá trị được tìm thấy từ cực đến hình chữ nhật, người ta sẽ tìm thấy

$$CF_{Re} = |H_{CF}| \cos(\theta_{CF}) \quad (16)$$

$$CF_{Im} = |H_{CF}| \sin(\theta_{CF}) \quad (17)$$

Một CF quảng cáo thu được, nhân trực tiếp bởi các tín hiệu đầu ra  $\lambda' s \alpha$  và  $\lambda' s \beta$  của LPF đầu tiên để có được các thành phần sửa chữa của dòng stato ước tính, tức là:

$$\lambda_{s\alpha} = (\lambda'_{s\alpha} CF_{Re} - \lambda'_{s\beta} CF_{Im}) \quad (18)$$

$$\lambda_{s\beta} = (\lambda'_{s\beta} CF_{Re} - \lambda'_{s\alpha} CF_{Im}) \quad (19)$$

Trong mỗi quan hệ để HPF, người ta có thể quan sát các lỗi cường độ trong phạm vi của các tần số được xác định là thực tế không, và do đó, không có cần phải sửa chữa chúng. Liên quan đến sự chậm trễ pha, họ được loại bỏ thông qua việc sử dụng của LPSs.

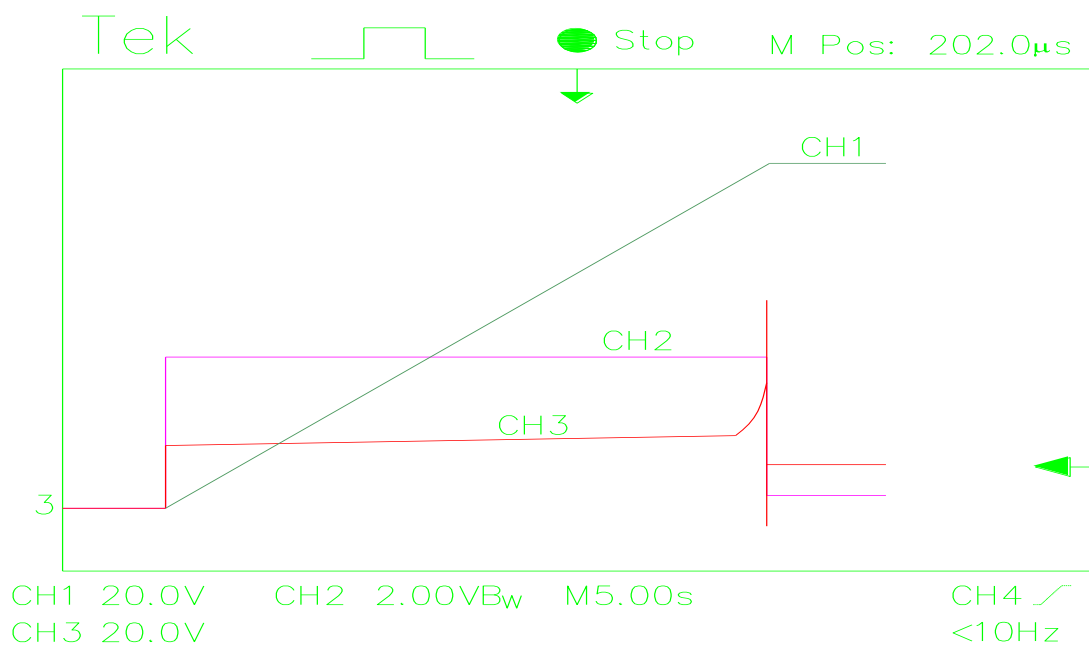
### 3.4. THỬ NGHIỆM KẾT QUẢ

Các thí nghiệm đã được tiến hành để xác minh tính khả thi của mô-men điện từ được đề xuất kiểm soát kỹ thuật. Hai WEG tiêu chuẩn tin nhắn tức thì với xếp hạng điện khác nhau đã được thử nghiệm. Bảng II cho thấy dữ liệu động cơ trong các đơn vị vật lý.

Đối với động cơ 1, cài đặt thử nghiệm bao gồm WEG mềm mô hình khởi Nam - Tây Nam-06 với kiểm soát mô-men điện từ, một băng thử Magtrol cung cấp với một bộ điều khiển và tải mô-men điện từ cá - cation ngày 28 Nm (giá trị tối đa), và một dao động. Nó cũng được cung cấp với một phanh điện áp đặt một mô-men điện từ tải, một bộ điều khiển PID có thể được điều chỉnh để có được những phản ứng mong muốn năng động, và hai đầu ra

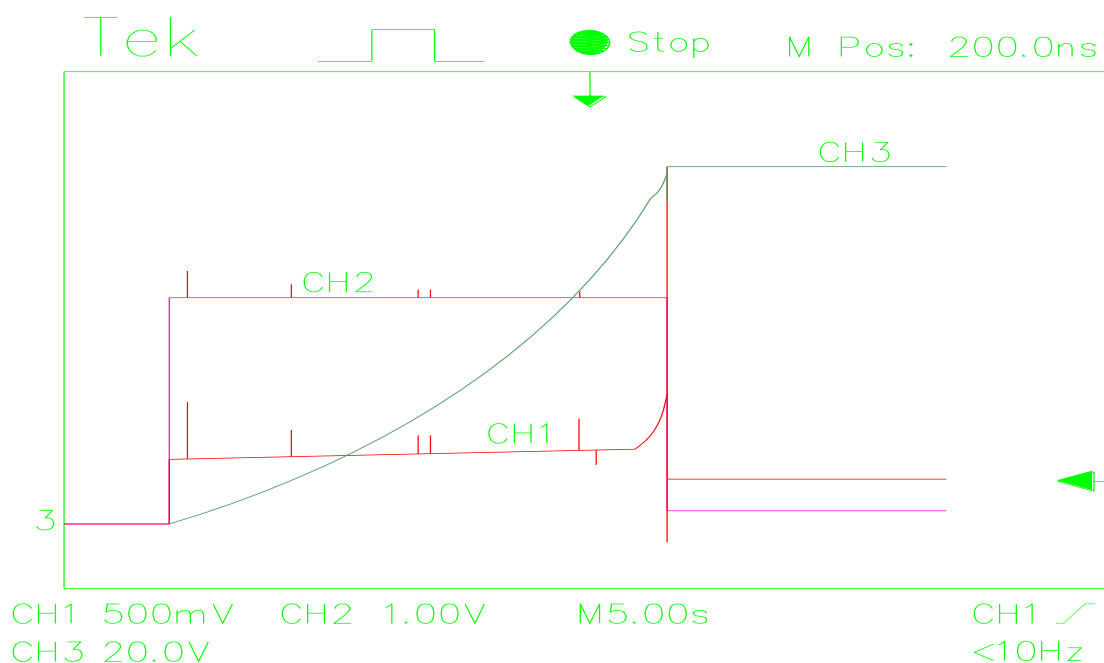
tương tự lập trình được sử dụng để chỉ ra mô-men điện từ và tốc độ (trong vòng mỗi phút) thu được trong một dao động.

IM bắt đầu từ dạng sóng của tốc độ, rms dòng hiện tại, và trực và mô-men điện từ ước tính so với thời gian được hiển thị trong hình. Đối với một đánh giá so sánh với các kỹ thuật được đề xuất trong bài báo này, hình cho thấy màn trình diễn bắt đầu bằng cách sử dụng kỹ thuật hiện nay giới hạn với động cơ 1 và 2, tương ứng. Ngoài ra, nó phải được lưu ý rằng, đối với tất cả các thí nghiệm được thể hiện trong bài báo này, mô-men điện từ tải là không đổi mặc dù các giá trị khác nhau.



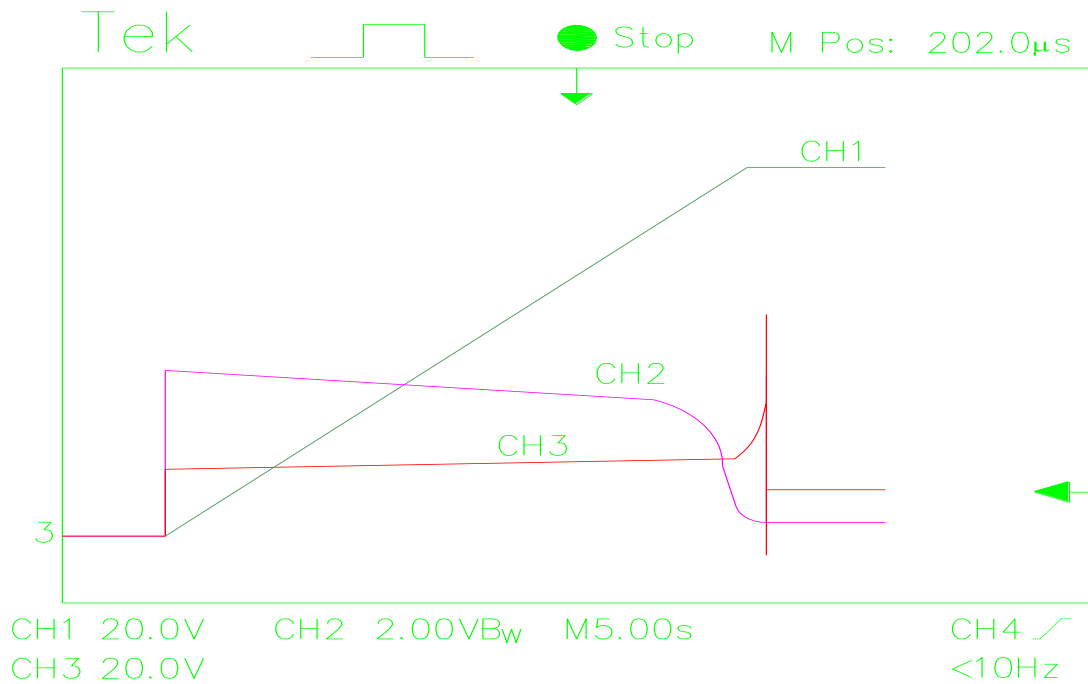
**Hình 3.6:** Bắt đầu thực hiện hiện nay giới hạn kỹ thuật cho động cơ 1 - rms dòng hiện tại giới hạn của tải = 2,2 IN, TN là mô-men điện từ đánh giá (CH1: tốc độ, 636 r / min / div; CH2: rms dòng hiện tại, 10 A div / CH3: trực mô-men điện từ, 0,2 TN / div).





Chiến lược kiểm soát mô-men điện từ được đề xuất trong bài báo này, tuy nhiên, loại bỏ sự xung mô-men điện từ và giảm bắt đầu - ing của động cơ tải kết hợp, như thể hiện trong hình.

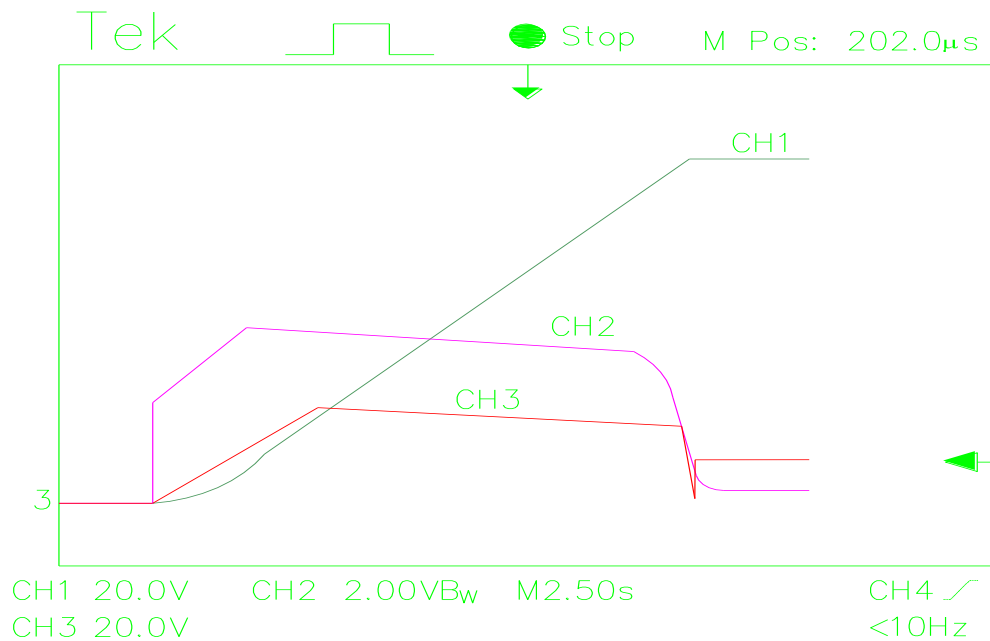
Xem xét các chiến lược kiểm soát hiện tại, khi bắt đầu động cơ, góc thyristor kích hoạt được điều khiển cho đến hiện tại giới hạn đạt được và vẫn còn dưới giới hạn này cho đến khi động cơ đạt đến tốc độ đánh giá của nó, khi góc kích hoạt thyristor là tối thiểu, tức là, giống như của điện áp cung cấp. Hiện tại do đó có thể được giữ ổn định ở một giá trị được xác định trước trong toàn bộ thời gian khởi động động cơ. Tuy nhiên, đối với mô-men điện từ ở trục động cơ, sự tồn tại của một xung mô-men điện từ gần quay danh nghĩa là do góc kích hoạt thyristor mà sẽ trở thành tối thiểu, áp đặt một điện áp cho ăn và tăng tốc đột ngột của động cơ.



**Hình 3.8:** Bắt đầu thực hiện mô-men điện từ được đề xuất kiểm soát kỹ thuật cho động cơ 1 với một điểm tham chiếu - động cơ mô-men điện từ không đổi  $T = 0,2 T_N$  và mô-men điện từ tải của  $T_L = 0,1 T_N$  (CH1: tốc độ, 636 r / min / div; CH2: rms dòng hiện tại, 10 A div /; CH3: trục mô-men điện từ, 0,2  $T_N$  / div)

Chiến lược kiểm soát mô-men điện từ được đề xuất trong bài báo này, tuy nhiên, loại bỏ sự xung mô-men điện từ và giảm bắt đầu - ing của động cơ tải kết hợp, như thể hiện trong hình.

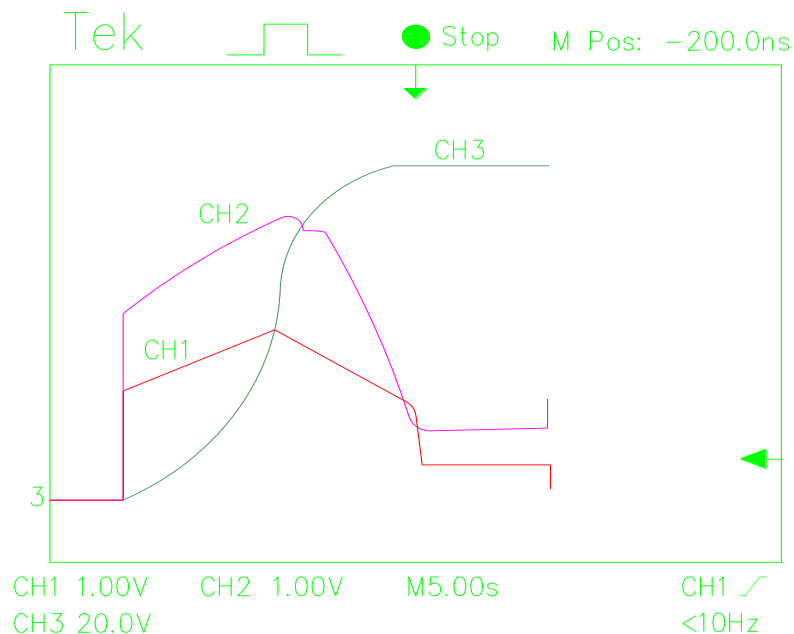
Việc cung cấp IM điện áp và dạng sóng trong quá trình khởi hiện tại - quá trình và trạng thái ổn định được thể hiện trong hình, nơi góc ( $\alpha - \phi$ ) tối đa của nó (a) và giá trị tối thiểu (b). Đối với hoạt động bình thường, trạng thái ổn định hiện nay liên tục chảy trong ba giai đoạn, góc kích hoạt  $\alpha$  là  $\alpha = \phi$ , nơi  $\phi$  là giai đoạn phụ thuộc vào tải - - thay đổi góc. Đối với  $\alpha < \phi$ , các thyristor dẫn yêu cầu không được đáp ứng, và do đó, hạn chế để kích hoạt góc  $\alpha$  là  $\alpha \geq \phi$ .



**Hình 3.9:** Bắt đầu thực hiện mô-men điện từ được đề xuất kiểm soát kỹ thuật cho động cơ 1 với ba điểm tham chiếu ban đầu động cơ mô-men điện từ của  $T = 0,05 \text{ TN}$ , trung cấp động cơ mô-men điện từ của  $T = 0,24 \text{ TN}$  (CH1: tốc độ,  $636 / \text{r, min} / \text{div}$ ; CH2; rms dòng hiện tại,  $10 \text{ A div}$  / CH3: trục mô-men điện từ  $0,2 \text{ TN} / \text{div}$ ).

Có thể có được performanccs khác nhau bắt đầu từ kỹ thuật điều khiển mô-men điện từ, thiết lập hai điểm của ence fefer TREF. Trong trường hợp này, dòng hiện tại không phải là không đổi, và sau hành vi tham chiếu trục mô-men điện từ. Vì vậy, người ta phải thiết lập các đoạn đường nối mô-men điện từ tham chiếu theo cách như vậy giá trị hiện tại dòng tối đa không vượt quá giới hạn dòng hiện tại.

Như một hệ quả của các tài liệu tham khảo mô-men điện từ, đường cong tốc độ trình bày một mô hình bậc hai. Như vậy, theo điều kiện hoạt động cụ thể, hồ sơ cá nhân mô-men điện từ có thể được điều chỉnh, do đó, hồ sơ cá nhân tốc độ. Nó có nghĩa là, bằng cách sử dụng chuyên nghiệp - đặt ra mô-men điện từ kiểm soát chiến lược, một hồ sơ tăng tốc tốt có thể được thiết kế xung mô-men điện từ miễn phí trong giai đoạn bắt đầu toàn bộ.



**Hình 3.10:** Bắt đầu thực hiện đề xuất kỹ thuật điều khiển mô-men điện từ cho động cơ 2 có điểm tham chiếu - ban đầu động cơ mô-men điện từ của  $T = 0,1 T_n +$ , trung gian động cơ mô-men điện từ của  $T = 0,14 T_n$  cuối cùng động cơ mô-men điện từ của  $T = 0,1 T_n$ , và mô-men điện từ tải của  $T_L = 0,06 T_n$  (CH1: mô-men điện từ ước tính  $0,05 T_n / \text{div}$ ; CH2: rms dòng hiện tại,  $200 A / \text{div}$  / CH3: tốc độ,  $331 r / \text{min} / \text{div}$ ).

Điều kiện thứ ba là thể hiện trong hình 2.10. Trong trường hợp này, ba điểm tham chiếu cho TREF được xem xét. Đối với điểm đầu tiên, mô-men điện từ ban đầu được thiết kế riêng như là một đoạn đường mô-men điện từ. Sau đó, mô-men điện từ được thiết kế để có khoảng một giá trị không đổi, tức là, điểm hai và ba có giá trị tương tự.

Nó có thể được nhìn thấy, trong ví dụ này, mà hiện nay dòng rms sau hành vi tham chiếu trực mô-men điện từ. Trong trường hợp này,, người ta phải thiết lập các đoạn đường nối mô-men điện từ tham chiếu theo cách một dòng tối đa giá trị hiện tại là không vượt quá xem xét giới hạn dòng hiện tại. Đổi lại, các dạng sóng tốc độ, như một chuỗi các con - mô-men điện từ tải

liệu tham khảo thiết kế, trình bày một hành vi mịn, particularlyly trong giai đoạn bắt đầu từ ban đầu.

Cuối cùng, các kết quả bắt đầu thu được từ động cơ 2 bằng cách sử dụng hai khác nhau mềm - bắt đầu từ chiến lược.

Như đã đề cập trước đó, kỹ thuật hiện nay giới hạn có thể được sử dụng để hạn chế dòng động cơ hiện tại, nhưng mô-men điện từ có một xung không mong muốn.

Ba điểm tham chiếu cho TREF được xem xét. Trong trường hợp này, không giống như các dạng sóng được hiển thị trong, một đoạn đường mô-men điện từ của hai hình dạng khác nhau phù hợp: Trong thời gian bắt đầu đầu tiên một nửa, một đoạn đường nối tăng mô-men điện từ được định nghĩa, và sau đó, một đoạn đường nối gốc mô-men điện từ được xác định. Kết quả, các dạng sóng tốc độ trông giống như một S với một hành vi suôn sẻ ngay từ đầu và ở cuối của thời kỳ bắt đầu. Động cơ rms hiện sau hành vi tham chiếu trực mô-men điện từ.

Người ta có thể quan sát một hành vi tương tự: mô-men điện từ lao xuống bất kể các kỹ thuật điều khiển bằng cách giới hạn hiện tại hoặc mô-men điện từ. Một quan sát chi tiết hơn, làm thế nào - bao giờ hết, sẽ cho thấy rằng mô-men điện từ này - lao hành vi diễn ra ngay lập tức sau khi ngừng tăng tốc của động cơ, nói cách khác, lúc bắt đầu của trạng thái ổn định. Việc lý do cho hành vi này của mô-men điện từ là dựa trên sự thay đổi của điều kiện động cơ.

Tại thời điểm ngay trước khi bắt đầu của trạng thái ổn định, động cơ đang gia tăng, và khi bắt đầu trạng thái ổn định, số lượng điện từ các rung động mô-men điện từ được phản chiếu để trực phụ thuộc vào các thông số của các hệ thống phụ cơ khí. Ngoài ra, quan sát trong kiểm soát mô-men điện từ -

kỹ thuật, những lao nhỏ hơn đáng kể bởi vì tăng tốc được giữ (gần như) không đổi trong khi động cơ bắt đầu hoạt động.

Trong biến tần tần số, sức đề kháng stato có thể ngăn cản được khai thác bởi một thử nghiệm ở mức độ DC điện áp áp dụng cho tỷ lệ hiện tại được đo. DC hiện bằng dòng máy được đánh giá là buộc phải vào máy bằng cách áp dụng một vector điện áp không gian duy nhất, biên độ trong đó là PWM điều khiển. Tuy nhiên, thử nghiệm này không có thể được sử dụng để có được sức đề kháng stato mà không thay đổi phần cứng của người mới bắt đầu mềm tiêu chuẩn.

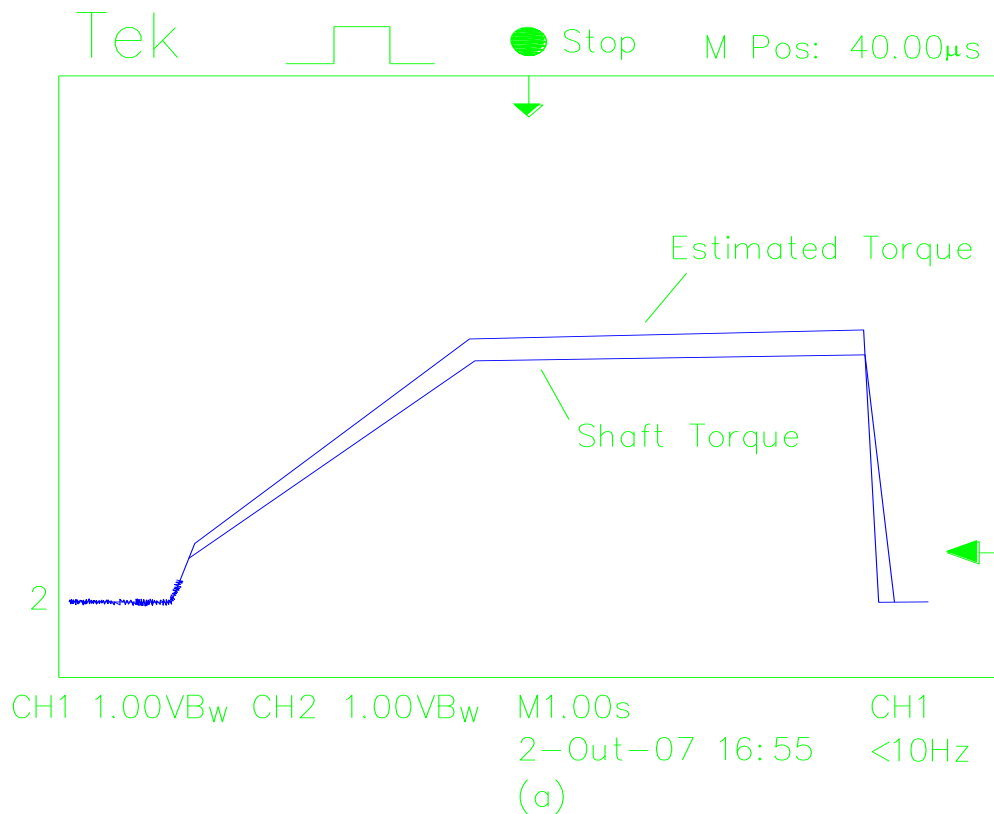
Phương pháp được sử dụng, do đó, nhận được tám động cơ dữ liệu để ước tính trung bình kháng stato như chức năng của các thiệt hại động cơ trung bình dưới ổn định hoạt động nhà nước. Trình tự của các tính toán - lations là dựa trên những tính toán hiệu suất IM .

Hình cho thấy ảnh hưởng của stato - kháng sự thay đổi và sự biến đổi năng lượng tổn thất phụ liên quan đến giá trị sử dụng để tính toán kháng stato trung bình, cho một thay đổi nhiệt độ 650C.

Các thí nghiệm đã được tiến hành để xác minh tính khả thi của mô-men điện từ được đề xuất kiểm soát kỹ thuật. Hai WEG tiêu chuẩn tin nhắn tức thì với xếp hạng điện khác nhau đã được thử nghiệm. Bảng II cho thấy dữ liệu động cơ trong các đơn vị vật lý.

Đối với động cơ 1, cài đặt thử nghiệm bao gồm WEG mềm mô hình khởi Nam - Tây Nam-06 với kiểm soát mô-men điện từ, một băng thử Magtrol cung cấp với một bộ điều khiển và tải mô-men điện từ cá - cation ngày 28 Nm (giá trị tối đa), và một dao động. Nó cũng được cung cấp với một phanh điện áp đặt một mô-men điện từ tải, một bộ điều khiển PID có thể được điều chỉnh để có được những phản ứng mong muốn năng động, và hai đầu ra

tương tự lập trình được sử dụng để chỉ ra mô-men điện từ và tốc độ (trong vòng mỗi phút) thu được trong một dao động.



**Hình 3.11:** Sơ đồ sự thể hiện sự thay đổi của stato.

Vì vậy, để giảm mô-men điện từ lỗi dự toán tối đa là, sau stato - giá trị kháng được sử dụng cho các tính toán ước tính:  $R_s = 1.1$  (tính toán).

Kiểm soát mô-men điện từ là một hạn chế của mô-men điện từ theo tham khảo áp dụng. Do đó, khi tự động đóng lại các động cơ, mô-men điện từ tăng tốc tại thời điểm đó sẽ thiết lập bắt đầu. Ví dụ, nếu tốc độ không giảm quá nhiều, ngay lập tức bị gián đoạn viltage - sẽ chỉ là một bước tiến trong đoạn đường nối tốc độ, và kết quả sẽ được tương tự như được hiển thị trong hình.

Tất cả các phương trình được sử dụng để xác định mô-men điện từ là cơ sở trên một hệ thống cân bằng. Vì vậy, một hệ thống mất cân bằng sẽ gây ra một mô-men điện từ - lỗi chỉ. Lỗi này phải được xem xét khi lựa chọn các giới hạn mô-men điện từ, mà sẽ phải là một giá trị trên mức tối thiểu cần thiết để bắt đầu tải. Rung động thông lượng ước tính do điện áp không cân bằng sẽ không cung cấp rung động mô-men điện từ tương đương bởi vì toàn bộ hệ thống là cực kỳ lợc.

### **3.5. KẾT LUẬN**

Chiến lược đề xuất loại bỏ các trục rung động mô-men điện từ trong quá trình bắt đầu, và nó có thể làm giảm thời gian bắt đầu của động cơ - bộ tải. Nó bao gồm những điều sau đây.

- 1) Một HPF để vượt qua các phép đo từ tín hiệu analog đầu vào để bù đắp một giá trị có thể chấp nhận được.
- 2) sử dụng LPF ở vị trí của một INT để tránh proble trôi hội nhập. Các lỗi biên độ và giai đoạn liên quan với stato - thông lượng dự toán được thực hiện bằng cách sử dụng một bù đơn giản là căn cứ vào hoạt động ổn định - nhà nước.
- 3) Một LPF để lọc các mô-men điện từ động cơ điện từ dự toán dòng stato. Kết quả thực nghiệm cho thấy hiệu suất tốt của echnique đề xuất được thực hiện trong một sản phẩm thương mại mà không có thêm chi phí.



## KẾT LUẬN

Qua mười hai tuần thực hiện đề tài: “**Tìm hiểu phương pháp khởi động mềm của động cơ không đồng bộ, giữ cho  $M=\text{const}$** ”, em thấy đề tài này thật bổ ích cho những sinh viên sắp ra trường như chúng em, vì thực tế động cơ không đồng bộ là nhân tố rất quan trọng trong công nghiệp, nghiên cứu về đặc điểm của nó, về những phương pháp khởi động, phương pháp điều chỉnh điện áp, tính toán những phần tử trong bộ khởi động để thiết kế mạch khởi động động cơ. Điều đó sẽ giúp ích nhiều cho công việc sau này.

Tập đồ án này mặc dù còn nhiều hạn chế, nhưng trong quá trình thực hiện đề tài đã giúp em tự đánh giá và hiểu kỹ hơn về các kiến thức chuyên môn, đó cũng là kết quả của nhiều năm học tập cùng với sự dạy dỗ rất tận tình của các thầy cô trong bộ môn điện công nghiệp và dân dụng. Em xin chân thành cảm ơn tới các thầy cô và đặc biệt là thầy giáo **GS.TSKH. Thân Ngọc Hoàn** đã chỉ bảo rất tận tình để em hoàn thành quyển đồ án này.

Em xin chân thành cảm ơn!

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- 1.GS.TSKH. Thân Ngọc Hoàn,( 2005), *Máy điện*, Nhà xuất bản Xây Dựng  
Đặng văn Đào –Trần khánh Hà – Nguyễn hồng Thanh, (2007), *Giáo trình  
máy điện*, Nhà xuất bản Giáo dục .
2. Nguyễn Bình, (1996), *Điện tử công suất*, Nhà xuất bản Khoa học kỹ thuật.
- 3.Trần Văn Thịnh, (2008), *Tính toán thiết kế thiết bị điện tử công suất*, Nhà  
xuất bản Giáo dục.
- 4.Ngô Diên Tập, (2003), *Kỹ thuật vi điều khiển với avr*, Nhà xuất bản Khoa  
học kỹ thuật.