

## **LỜI NÓI ĐẦU**

Trong các ngành công nghiệp, động cơ điện không đồng bộ được sử dụng phổ biến bởi tính chất đơn giản và tin cậy trong thiết kế chế tạo và sử dụng. Tuy nhiên khi sử dụng động cơ không đồng bộ trong sản xuất đặc biệt với các động cơ có công suất lớn ta cần chú ý tới quá trình khởi động động cơ do khi khởi động rotor ở trạng thái ngắn mạch, dẫn đến dòng điện khởi động và momen khởi động lớn, nếu không có biện pháp khởi động thích hợp có thể không khởi động được động cơ hoặc gây nguy hiểm cho các thiết bị khác trong hệ thống điện. Vấn đề khởi động động cơ điện không đồng bộ đã được nghiên cứu từ lâu với các biện pháp khá hoàn thiện để giảm dòng điện cũng và moment khởi động.

Đề tài tốt nghiệp: “Các phương pháp khởi động động cơ xoay chiều ba pha. Nghiên cứu bộ khởi động mềm MCD 3315 hãng Danfoss. Được trình bày trình bày trong ba nội dung :

Chương 1 : Các phương pháp khởi động động cơ xoay chiều ba pha.

Chương 2 : Phương pháp khởi động mềm.

Chương 3 : Nghiên cứu bộ khởi động mềm MCD 3315 hãng Danfoss

Cuối cùng em xin chân thành cảm ơn thầy giáo **PGS. TS Nguyễn Tiến Ban** đã tận tình giúp đỡ em hoàn thành đồ án này.

Hải Phòng, ngày 22 tháng 10 năm 2011.

Sinh viên thực hiện

Nguyễn Văn Luân

## CHƯƠNG 1

# CÁC PHƯƠNG PHÁP KHỞI ĐỘNG ĐỘNG CƠ XOAY CHIỀU BA PHA.

### 1.1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Theo yêu cầu của sản phẩm, động cơ điện lúc làm việc thường phải khởi động và dừng máy nhiều lần. Tùy theo tính chất của tải và tình hình của lưới mà yêu cầu về khởi động đối với động cơ điện khác nhau. Có khi yêu cầu mômen khởi động dòng lớn, có khi cần hạn chế dòng điện khởi động và có khi cần cả 2. Những yêu cầu trên đòi hỏi phải có tính năng khởi động thích ứng.

Trong nhiều trường hợp do phương pháp khởi động hay do chọn động cơ có tính năng khởi động không thích đáng nên thường gây nên những sự cố không mong muốn.

Nói chung khi khởi động một được cần xét đến để thích ứng với đặc tính cơ của tải.

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

Những yêu cầu trên thường mâu thuẫn với nhau, khi yêu cầu dòng điện khởi động nhỏ thường làm cho mômen khởi động giảm theo hoặc cần các thiết bị phụ tải đắt tiền. Vì vậy căn cứ vào điều kiện làm việc cụ thể mà chọn phương pháp khởi động thích hợp.

Với động cơ không đồng bộ hiện nay có các phương pháp sau :

- + Khởi động trực tiếp
- + Khởi động bằng phương pháp hạ điện áp đặt vào stator

động cơ :

- . Phương pháp khởi động sử dụng cuộn kháng
- . Phương pháp khởi động sử dụng biến áp tự ngẫu
- . Phương pháp khởi động đổi nối Sao – Tam giác
- + Phương pháp khởi động động cơ KĐB rotor dây quấn
- + Khởi động bằng phương pháp tần số

## **1.2. KHỞI ĐỘNG ĐỘNG CƠ XOAY CHIỀU BA PHA**

### **1.2.1. Khởi động động cơ không đồng bộ**

#### **1.2.1.1. Khởi động trực tiếp**

Khởi động là quá trình đưa động cơ đang ở trạng thái nghỉ (đứng im) vào trạng thái làm việc quay với tốc độ định mức.

Khởi động trực tiếp, là đóng động cơ vào lưới không qua một thiết bị phụ nào. Việc cấp một điện áp định mức cho stato động cơ dị bộ rô to lồng sóc hoặc động cơ dị bộ rô to dây quấn nhưng cuộn dây rô to nối tắt, khi rô to chưa kịp quay, thực chất động cơ làm việc ở chế độ ngắn mạch. Dòng động cơ rất lớn, có thể gấp dòng định mức từ 4 đến 8 lần. Tuy dòng khởi động lớn như vậy nhưng mô men khởi động lại nhỏ do hệ số công suất  $\cos\varphi_0$  rất nhỏ ( $\cos\varphi_0 = 0,1 - 0,2$ ), mặt khác khi khởi động, từ thông cũng bị giảm do điện áp giảm làm cho mô men khởi động càng nhỏ.

Dòng khởi động lớn gây ra 2 hậu quả quan trọng:

- Nhiệt độ máy tăng vì tổn hao lớn, nhiệt lượng tỏa ra ở máy nhiều (đặc biệt ở các máy có công suất lớn hoặc máy thường xuyên phải khởi động)

Vì thế trong sổ tay kỹ thuật sử dụng máy bao giờ cũng cho số lần khởi động tối đa, và điều kiện khởi động.

- Dòng khởi động lớn làm cho sụt áp lưới điện lớn, gây trở ngại cho các phụ tải cùng làm việc với lưới điện.

Vì những lý do đó khởi động trực tiếp chỉ áp dụng cho các động cơ có công suất nhỏ so với các công suất của nguồn, và khởi động nhẹ (moment cản trên trục động cơ nhỏ). Khi khởi động nặng người ta không dùng phương pháp này.

### **1.2.1.2. Khởi động dùng phương pháp giảm dòng khởi động.**

Dòng khởi động của động cơ xác định bằng biểu thức:

$$I_{ngm} = \frac{U_1}{\sqrt{(R_1 + R'_2)^2 + (X_1 + X'_2)^2}} \quad (1.1)$$

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

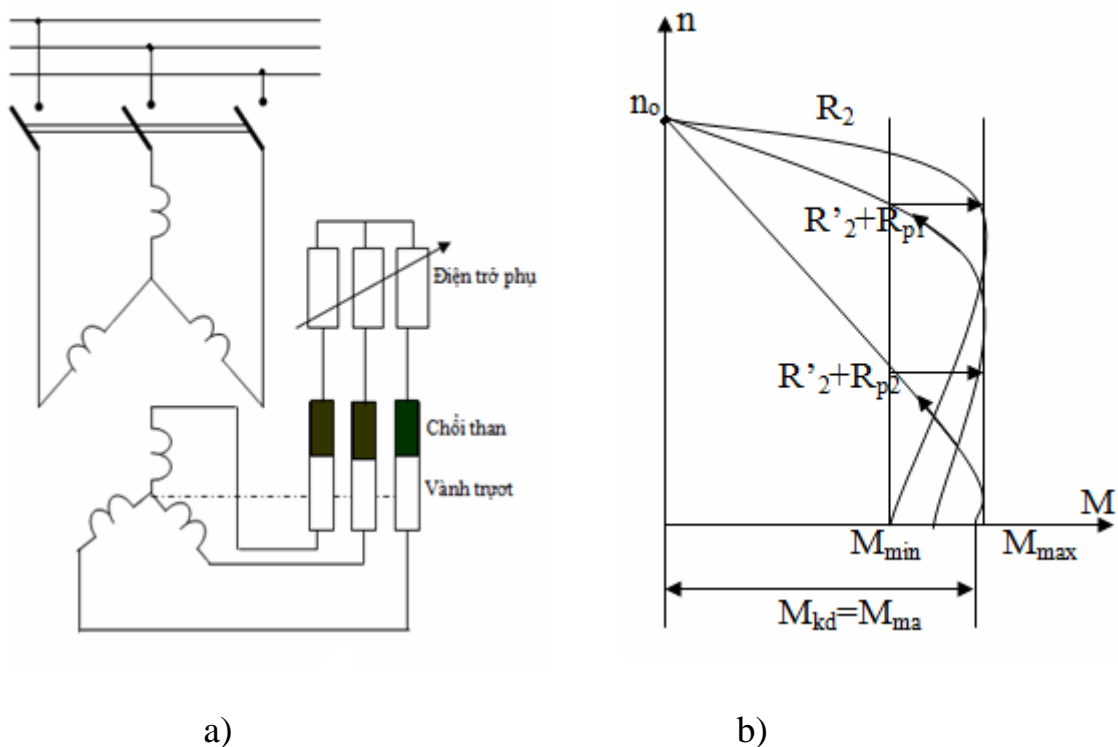
- Giảm điện áp nguồn cung cấp
- Đưa thêm điện trở vào mạch rô to
- khởi động bằng thay đổi tần số.

#### **a. 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:

$$I_{ngm} = \frac{U_1}{\sqrt{(R_1 + R_2 + R_p)^2 + (X_1 + X'_2)^2}} \quad (1.2)$$

Việc đưa thêm điện trở phụ  $R_p$  vào mạch rô to ta được 2 kết quả: làm giảm dòng khởi động nhưng lại làm tăng moment khởi động. Bằng cách chọn điện trở  $R_p$  ta có thể đạt được mô men khởi động bằng giá trị mô men cực đại *hình (1.1b)*

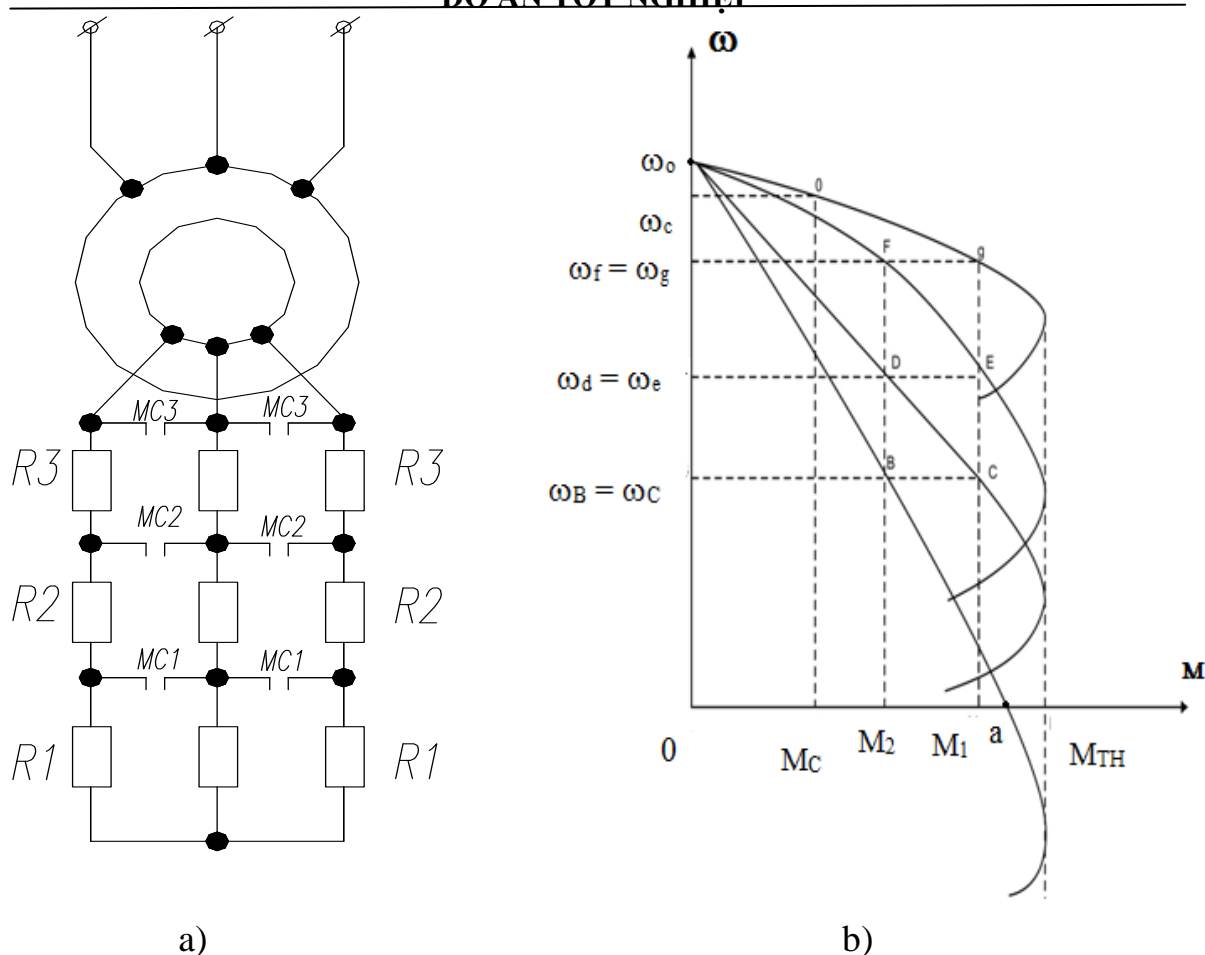


**Hình 1.1.** Khởi động cơ dị bộ rotor dây quấn a) Sơ đồ b) Đặc tính cơ

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

Phương pháp này chỉ sử dụng cho động cơ rotor dây quấn vì điện trở ở ngoài mắc nối tiếp với cuộn dây rotor.

Hình 1.6 trình bày một sơ đồ mở máy qua 3 cấp điện trở phụ  $R_1$ ,  $R_2$  và  $R_3$  ở cả ba pha ở rotor. Đây là một sơ đồ mở máy với các điện trở rotor đối xứng.



**Hình 1.2.** Sơ đồ khởi động động cơ không đồng bộ qua 3 cấp điện trở a) , b)  
 Đặc tính khởi động

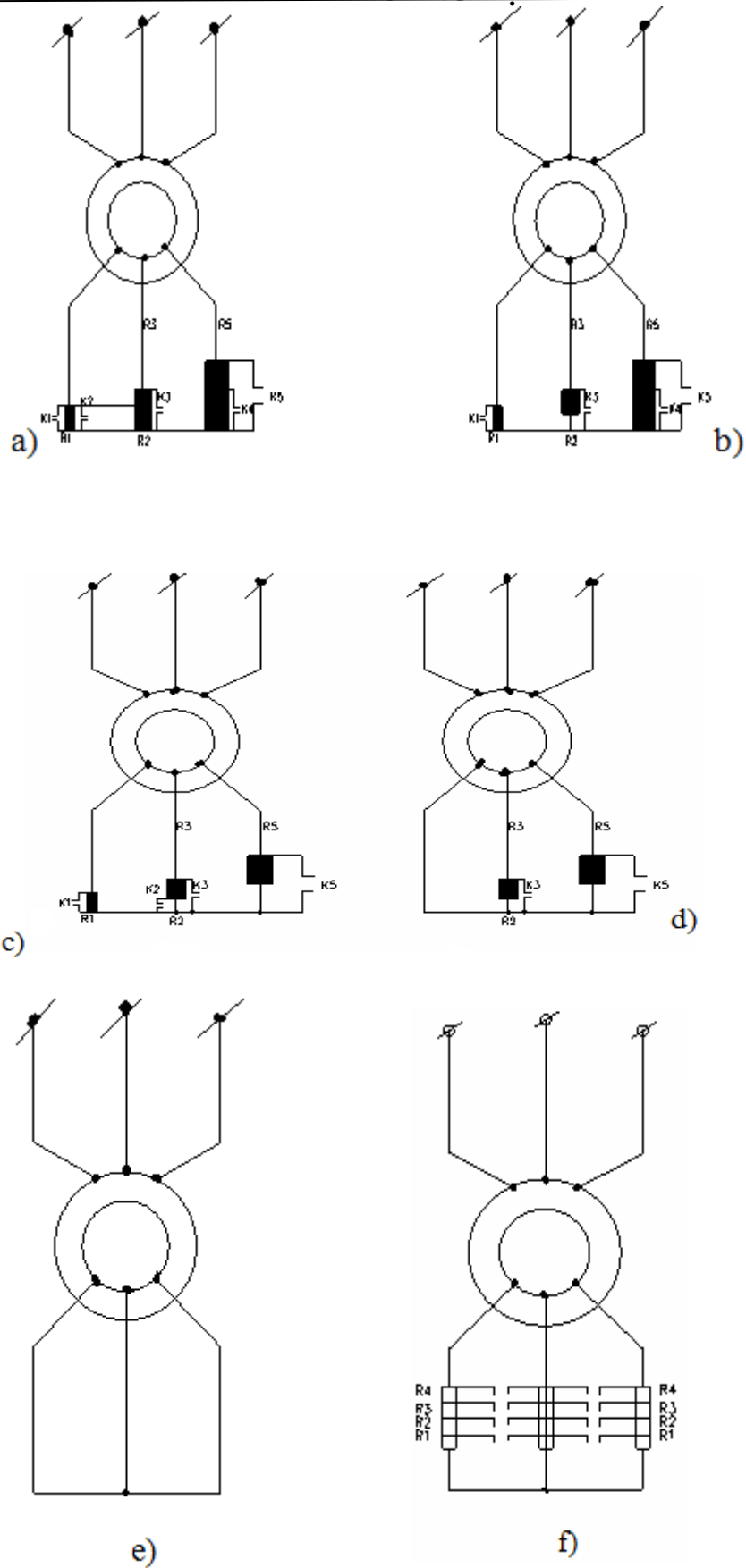
Lúc bắt đầu khởi động các tiếp điểm của công tắc tơ  $\omega_1$  ,  $\omega_2$  ,  $\omega_3$  đều mở, cuộn dây rotor được nối vào cả 3 điện trở phụ ( $R_1 + R_2 + R_3$ ) nên đường đặc tính cơ là đường 1, động cơ được khởi động với moment khởi động  $M_{mn} > M_1$  và bắt đầu tăng tốc từ điểm a trên đường đặc tính 1. Tới điểm b tốc độ động cơ đạt  $\omega_b$  và moment giảm còn  $M_2$ , các tiếp điểm  $\omega_1$  đóng lại cắt các điện trở phụ  $R_1$  ra khỏi mạch rotor. Động cơ được tiếp tục khởi động với các điện trở phụ ( $R_2 + R_3$ ) trong mạch rotor và chuyển ngang sang làm việc tại điểm c trên đặc tính 2 ít dốc hơn, moment tăng từ  $M_2$  lên  $M_1$  và tốc độ động cơ lại tiếp tục tăng. Động cơ làm việc trên đường đặc tính 2 từ c đến d. Lúc này các tiếp điểm  $\omega_2$  đóng lại, nối tắt các điện trở  $R_2$ . Động cơ chuyển sang khởi động với điện trở  $R_3$  trong mạch rotor trên đặc tính 3 tại điểm e và tiếp

tục tăng tốc tới điểm  $f$ . Lúc này các tiếp điểm  $\omega_3$  đóng lại, điện trở  $R_3$  trong mạch rotor bị loại, động cơ chuyển sang làm việc trên đường đặc tính cơ tự nhiên tại  $g$  và tăng tốc tới điểm làm việc  $A$  ứng với moment cần  $M_c$ , quá trình khởi động kết thúc.

Để đảm bảo cho quá trình khởi động như đã xét sao cho các điểm chuyển đặc tính ứng với cùng một moment  $M_2$ ,  $M_1$  thì các điện trở phụ tham gia vào mạch rotor lúc khởi động phải được tính chọn cẩn thận theo các phương pháp riêng.

Ngoài sơ đồ khởi động với điện trở đối xứng ở mạch rotor, trong thực tế còn dùng sơ đồ khởi động với điện trở không đối xứng ở mạch rotor, nghĩa là điện trở khởi động được cắt giảm không đều trong các pha rotor khi khởi động.

Giả sử động cơ rotor được khởi động với 4 cặp điện trở như *hình 1.3* với các điện trở khởi động  $R_1, R_2, R_3, R_4, R_5$  bố trí không đối xứng trong mạch rotor.



**Hình 1.3.** Sơ đồ khởi động với 4 cặp điện trở không đối xứng ở mạch rotor



Lúc mới đóng điện toàn bộ các điện trở được đưa vào mạch rotor (*h.a*). Điện trở không đối xứng trong các pha tạo ra dòng điện ba pha không đối xứng trong mạch rotor. Dòng điện này có thể phân tích thành hai hệ thống đối xứng thứ tự thuận và thứ tự ngược. Dòng điện ba pha thứ tự thuận tạo ra từ trường quay thuận cùng chiều với rotor, còn dòng điện ba pha thứ tự ngược tạo ra từ trường quay ngược với chiều rotor. Tốc độ của từ trường thuận  $\Phi_{th}$  và từ trường ngược so với rotor là:

$$(\omega_0 - \omega_r) \text{ và } -(\omega_0 - \omega_r)$$

Vậy:

$$\begin{aligned}\omega_{th} &= \omega_r + (\omega_0 - \omega_r) = \omega_0 \\ \omega_{ng} &= \omega_r - (\omega_0 - \omega_r) = -\omega_0 + 2\omega_r \\ &= -\omega_0 + 2[(1-s)\omega_0] = \omega_0(1-2s)\end{aligned}\tag{1.3}$$

Trong đó :

$\omega_0$  : tốc độ đồng bộ

$\omega_r$  : tốc độ rotor

$\omega_{th}, \omega_{ng}$ : tốc độ từ trường quay thứ tự thuận và tốc độ từ trường quay thứ tự ngược.

Từ trường thuận quay trong không gian với tốc độ đồng bộ cùng chiều quay với rotor nên so với từ trường quay của stator thì coi như đứng yên ( hai từ trường cùng quay với một tốc độ thì coi như không chuyển động với nhau). Do đó, từ trường thuận tạo ra moment quay giống như trường hợp nối các điện trở đối xứng như ở mạch rotor ( đường đặc tính *l* trên hình 1.4). Xung ở mạch rotor.

Từ trường ngược quay với stator một tốc độ là  $\omega_0(1-2s)$  sẽ sinh ra một sức điện động tần số:  $f_{ng} = f_1(1-2s)$

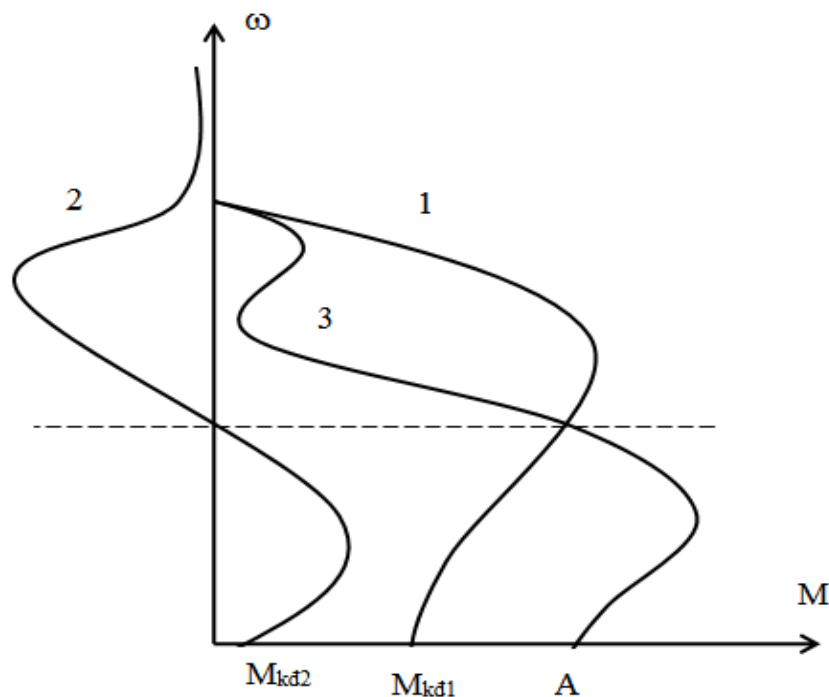
Trong đó:  $f_1$  - Tần số điện lưới

Dòng điện cảm ứng trong rotor do thành phần từ trường ngược tạo ra sẽ bị chính từ trường tác dụng một từ lực và tạo ra moment phụ ngược lại (đường 2 hình 1.8)

Moment ngược bằng 0 tại  $s = \frac{1}{2}$  vì khi  $s = 2$ , tốc độ từ trường ngược  $\omega_{ng} = 0$  và không thể có suất điện động. Đường moment ngược có vùng  $M < 0$  ( $1 > s > 0,5$ ) và vùng  $M > 0$  ( $0,5 > s > 0$ ) nên đường moment tổng (đường 3 hình 8) có vùng lõm.

Thực nghiệm chứng tỏ, khoảng lõm moment càng lớn khi điện trở rotor các pha khác nhau càng nhiều.

Nếu moment cản  $M_C < M_{l\ddot{o}m}$  thì động cơ có thể khởi động qua điện trở không đối xứng từ điểm A đến điểm làm việc trên đường 3.



**Hình 1.4.** Các đặc tính cơ khi mở máy với điện trở không đối

Nếu moment cản  $M'_C > M_{l\ddot{o}m}$  thì động cơ khởi động từ điểm A theo đường 3 tới điểm B thì moment động cơ cân bằng với moment cản ( $M_D =$

$M_C$ ) nên động cơ sẽ làm việc tại điểm  $B$  với tốc độ  $= \frac{\omega_0}{2}$ . Muốn động cơ tiếp tục tăng đến lên  $\omega_0$  thì phải đưa các điện trở về đối xứng và cuối cùng loại bỏ tất cả ra khỏi mạch rotor.

Phương pháp giảm và giữ động cơ chạy ở tốc độ thấp ( $\omega \neq \omega_0/2$ ) được dùng trong trường hợp điện trở không đối xứng ở mạch rotor để tiến hành dừng chính xác động cơ.

Phương pháp khởi động và thay đổi  $\omega$  nhờ nối điện trở không đối xứng ở mạch rotor thường dùng với các bộ không chế có thể tạo ra nhiều cấp tốc độ với số điện trở không nhiều.

Như trường hợp khởi động với bốn cấp điện trở ở hình 1.3.f trong khi dùng phương pháp điện trở không đối xứng chỉ cần tối thiểu 4 điện trở. Sơ đồ hình 1.3.a dùng 5 điện trở và khi khởi động, lần lượt các điện trở được cắt khỏi mạch rotor  $R_2, R_4, R_1$  và  $R_3, R_5$ . Hai điện trở  $R_3, R_5$  được cắt khỏi mạch rotor cùng một lúc và thuộc cùng một cấp điện trở mở máy. Cắt các điện trở là nhờ các tiếp điểm  $K_1 \dots K_5$  đóng lại.

**Ưu điểm** : Dừng động cơ rotor dây quấn có thể đạt được moment khởi động lớn, đồng thời có dòng điện khởi động nhỏ nên những nơi nào khởi động khó khăn thì dùng loại này.

**Nhược điểm** : Động cơ điện rotor dây quấn là rotor dây quấn chế tạo phức tạp hơn rotor dây quấn lồng sóc nên đắt hơn, bảo quản chúng khó khăn hơn, hiệu suất của máy cũng thấp hơn.

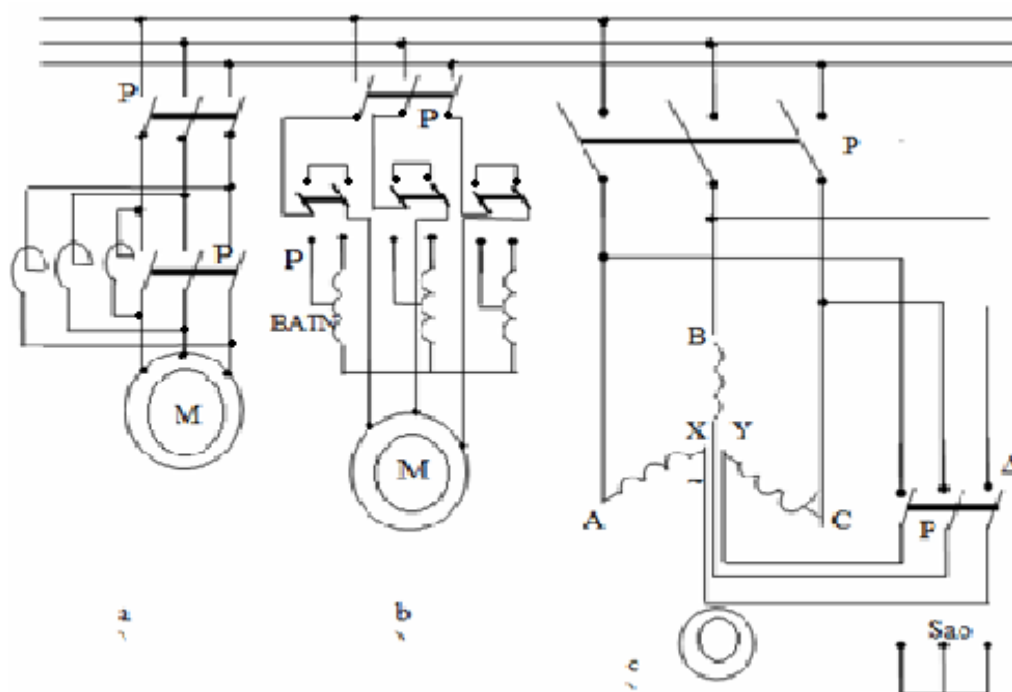
### **b. Khởi động động cơ dị bộ rô to ngắn mạch**

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 biện pháp sau:

- Giảm điện áp

Người ta dùng các phương pháp sau đây để giảm điện áp khởi động: dùng cuộn kháng, dùng biến áp tự ngẫu và thực hiện đổi nối sao-tam giác. Sơ đồ các loại khởi động này biểu diễn trên hình 1.5

Đặc điểm chung của các phương pháp giảm điện áp là cùng với việc giảm dòng khởi động, mô men khởi động cũng giảm.

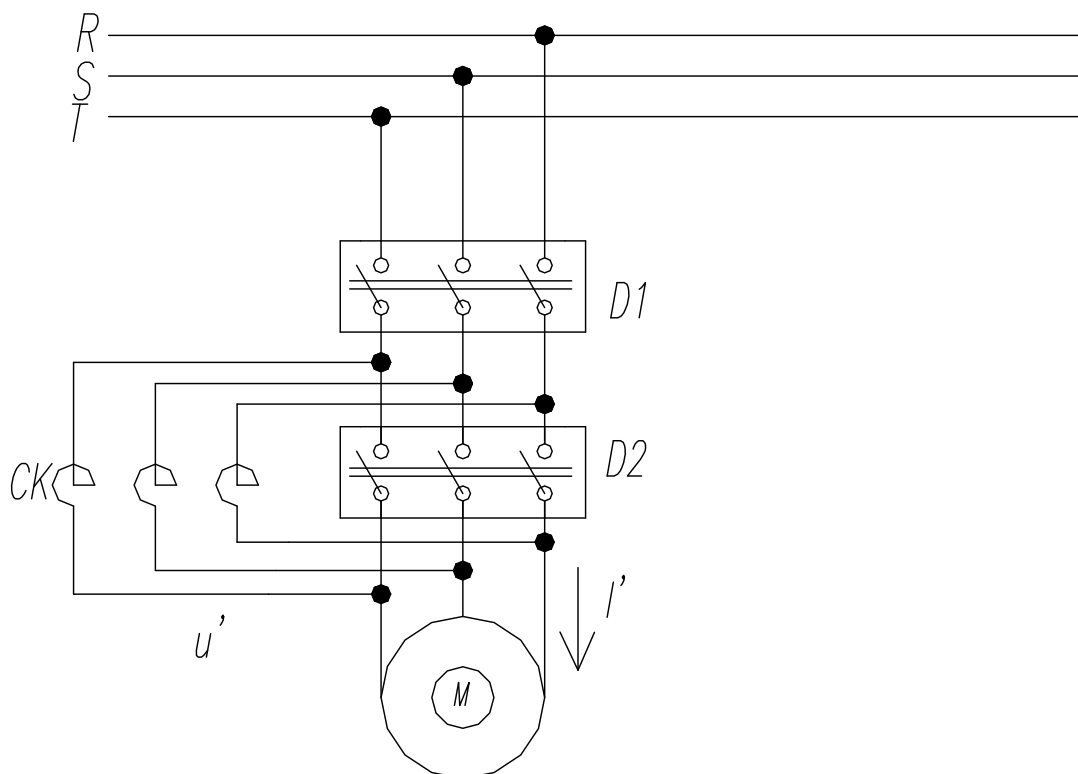


**Hình 1.5.** Các phương pháp giảm điện áp khi khởi động động cơ dị bộ a) Dùng cuộn kháng, b) dùng biến áp tự ngẫu (BATN), c) dùng đổi nối sao- tam giác.

Vì mô men động cơ tỷ lệ với bình phương điện áp nguồn cung cấp, nên khi giảm điện áp mô men giảm theo tỷ lệ bình phương, ví dụ điện áp giảm  $\sqrt{3}$  lần thì mô men giảm đi 3 lần. Việc thực hiện đổi nối sao tam giác chỉ thực hiện được với những động cơ khi làm việc bình thường thì cuộn dây stato nối tam giác. Do khi khởi động cuộn dây stato nối sao, điện áp đặt lên stato nhỏ hơn  $\sqrt{3}$  lần khi chuyển sang nối tam giác, dòng điện giảm  $\sqrt{3}$  lần mô men giảm đi 3 lần. Khi khởi động bằng biến áp, nếu hệ số biến áp là  $k_u$  thì điện áp trên tụ đầu dây của động cơ giảm đi  $k_u$  lần so với điện áp định mức,

dòng khởi động giảm đi  $k_u$ , moment khởi động sẽ giảm đi  $k_u^2$  lần. Tất cả các phương pháp khởi động bằng giảm điện áp, chỉ thực hiện được ở những động cơ có khởi động nhẹ, còn động cơ khởi động nặng không áp dụng được, người ta khởi động bằng phương pháp ‘nhóm’.

- **Phương pháp sử dụng cuộn kháng**



**Hình 1.6.** Khởi động động cơ không đồng bộ bằng cuộn kháng

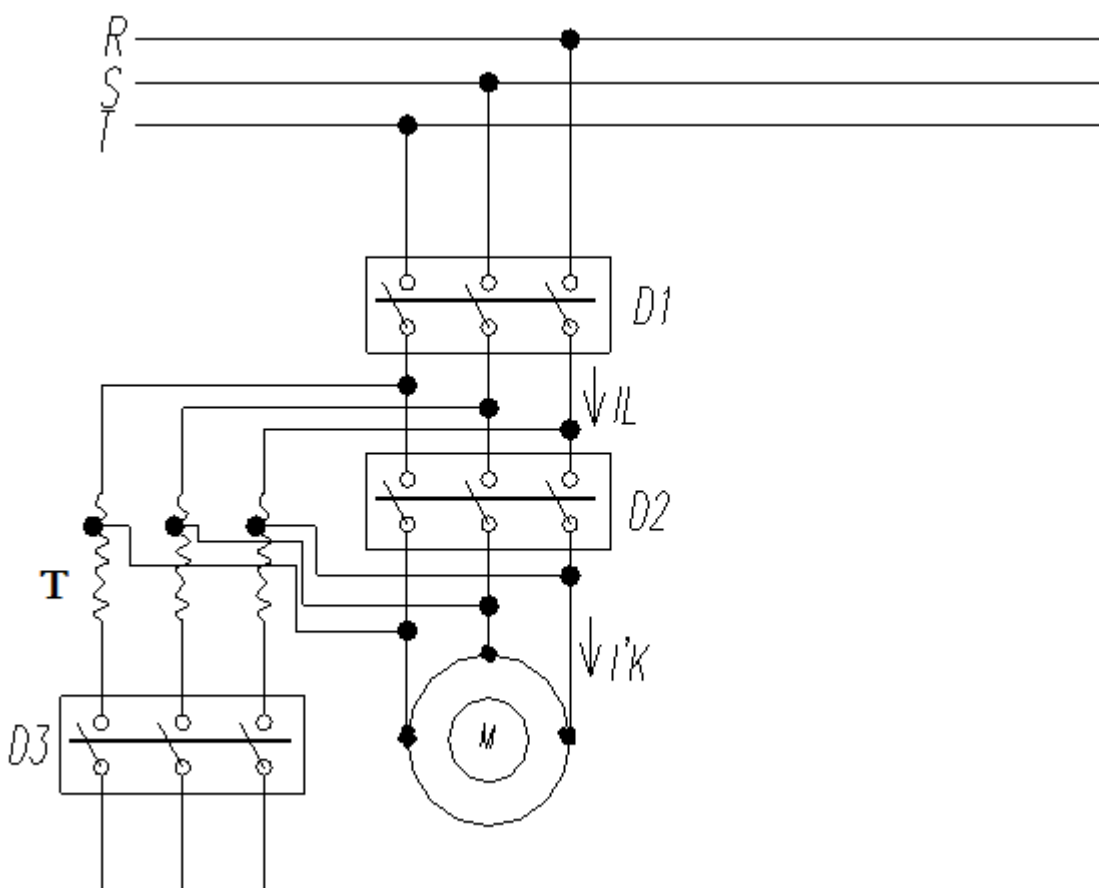
Khi khởi động trong mạch điện stator đặt nối tiếp một điện kháng. Sau khi khởi động xong bằng cách đóng cầu dao  $D2$  thì điện kháng này bị nối ngắn mạch. Điều chỉnh trị số của điện kháng được dòng điện khởi động cần thiết. Do điện áp sụt trên điện kháng nên điện áp khởi động trên đầu cực động cơ điện  $U'$  sẽ nhỏ hơn điện áp lưới  $U1$ . Gọi dòng điện khởi động và moment khởi động khi khởi động trực tiếp  $I_k$  và  $M_k$ , sau khi thêm điện kháng vào dòng điện khởi động còn lại  $I'_k = k.I_k$  trong đó  $k < 1$ . Nếu cho rằng khi hạ điện áp khởi động, tham số của máy điện vẫn giữ không đổi thì dòng điện khởi động nhỏ đi, điện áp đầu cực động cơ điện sẽ là  $U'_k = k.U_k$ . Vì moment khởi động

tỉ lệ với bình phương của điện áp nên lúc đó moment khởi động sẽ bằng  $M'_k = k^2.M_k$ .

**Ưu điểm** : Là thiết bị đơn giản

**Nhược điểm** : Khi giảm dòng điện khởi động thì moment khởi động cũng giảm xuống bình phương lần.

- **Sử dụng phương pháp tự ngẫu**



**Hình 1.7.** Khởi động cơ không đồng bộ bằng biến áp tự ngẫu

Sơ đồ lúc khởi động như hình 1.7, trong đó là  $T$  là biến áp tự ngẫu, bên cao áp nối với lưới điện, bên hạ áp nối với động cơ điện, sau khi khởi động xong thì cắt  $T$  ra (bằng cách đóng cầu dao  $D2$  và mở cầu dao  $D3$  ra). Gọi tỉ số biến đổi của máy biến áp tự ngẫu là  $k_t$  ( $k_t < 1$ ) thì  $U'_k = k_t * U1$ , đó dòng điện khởi động và moment khởi động của động cơ điện sẽ là :  $I'_K = K_T * I_K$  và  $M'_K$

$= K_T^2 * M_K$ , gọi dòng điện lấy từ lưới vào là  $I_l$  (dòng điện sơ cấp của máy biến áp tự ngẫu) thì dòng điện đó bằng  $I_l = K_T * I_K = K_T^2 * I'_K$

**Ưu điểm** : so với phương pháp trên ta thấy, khi ta chọn  $K_T = 0,6$  thì moment mở máy vẫn bằng  $M'_K = 0,36 M_K$  nhưng dòng điện khởi động lấy từ lưới điện vào nhỏ hơn nhiều :  $I_l = 0,36 I_K$ , ngược lại khi ta lấy từ lưới vào một dòng điện khởi động bằng dòng điện khởi động của phương pháp trên thì phương pháp này ta có moment khởi động lớn hơn. Đó là ưu điểm của phương pháp dùng biến áp tự ngẫu hạ thấp điện áp khởi động.

**Nhược điểm** :

- Moment có các bước nhảy do sự chuyển đổi giữa các điện áp.
- Chỉ có thể một số lượng các điện áp do đó dẫn đến sự chọn lựa các dòng điện không tối ưu.
- Không có khả năng cung cấp một điện áp khởi động có hiệu quả đối với tải trọng thay đổi.
- Trong một số điều kiện khởi động đặc biệt giá thành của bộ khởi động thường rất cao.
- **Khởi động bằng phương pháp nối sao-tam giác (Y-Δ)**

Phương pháp khởi động (Y-Δ) thích ứng với những máy làm việc bình thường đấu tam giác. Khi khởi động ta đổi thành Y, như vậy điện áp đưa vào mỗi pha chỉ còn  $\frac{U_l}{\sqrt{3}}$ .

Sau khi máy đã chạy, đổi thành đấu Δ. Sơ đồ cách đấu dây như hình 1.4, khi khởi động thì đóng cầu dao D1, còn cầu dao D2 thì đóng về phía dưới, như vậy máy đấu Y, khi máy đã chạy rồi thì đóng cầu dao D2 về phía trên, máy đấu theo Δ. Theo phương pháp (Y-Δ) thì khi dây quấn đấu Y điện áp pha trên dây là :

$$U_{kf} = \frac{1}{\sqrt{3}} U_l \quad (1.4)$$

$$I_{kf} = \frac{1}{\sqrt{3}} I_k \text{ và } M'_k = \frac{1}{3} M_k$$

Khi đấu  $Y \rightarrow I_f = I_d$  (khi ấy  $U_{kf} = U_l$  và  $I_k = \sqrt{3} I_{kf}$ ) cho nên khi khởi động đấu  $Y$  thì dòng điện bằng  $I_l = I'_{kf} = \frac{1}{\sqrt{3}} I_{kf} = \frac{1}{3} I_k$  nghĩa là dòng điện và moment khởi động đều bằng  $\frac{1}{3}$  moment khởi động trực tiếp. Trên thực tế trường hợp này cũng như dùng một máy biến áp tự ngẫu để khởi động mà tỉ số biến đổi điện áp  $K_T = \frac{1}{3}$

Trong các phương pháp hạ điện áp khởi động nói trên, phương pháp khởi động  $Y-\Delta$  là tương đối đơn giản nên được dùng rộng rãi đối với các động cơ khi làm việc đấu tam giác.

Hình 1.8, ta thấy dòng khởi động bằng 1,4 đến 2,6 lần dòng định mức.

**Ưu điểm** : Tương đối đơn giản nên được sử dụng rộng rãi với những động cơ điện đấu tam giác.

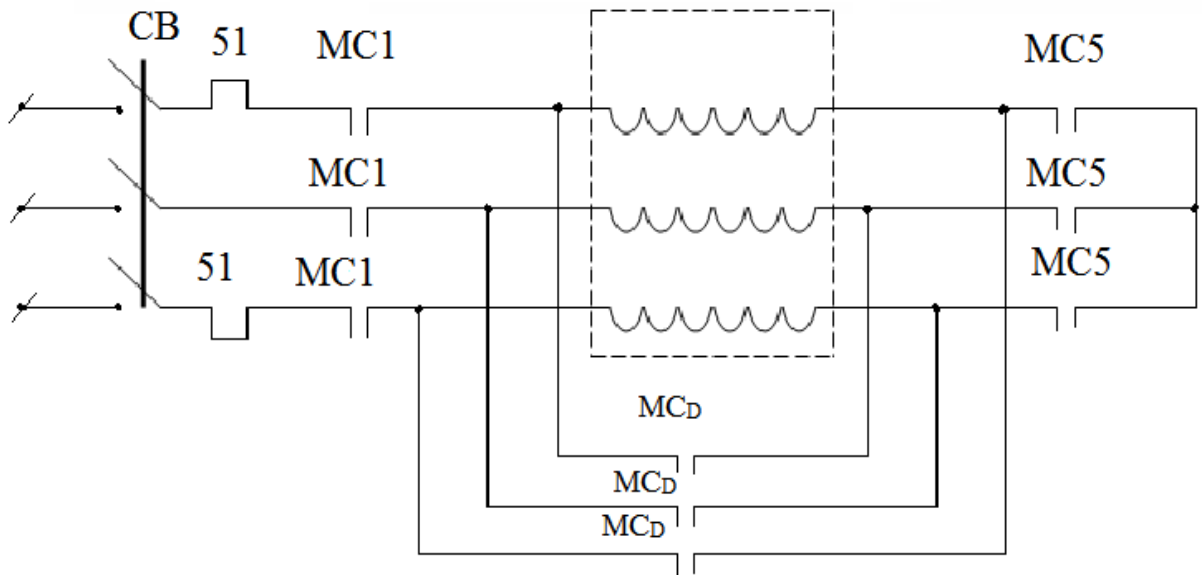
**Nhược điểm** :

- Mức độ giảm của cường độ và moment không thể điều khiển được và tương đối cố định bằng  $\frac{1}{3}$  giá trị định mức.
- Có bước nhảy lớn về cường độ và moment khi bộ khởi động chuyển đổi sao tam giác. Chính các bước nhảy này tạo ra các ứng suất cơ khí và đột biến về điện làm cho hệ thống dễ bị hư hỏng. Bước nhảy này xuất hiện do khi động cơ đang hoạt động nguồn điện bị ngắt động cơ sẽ chuyển sang chế độ máy phát với nguồn điện được tạo ra có giá trị tương đương với nguồn cung cấp.

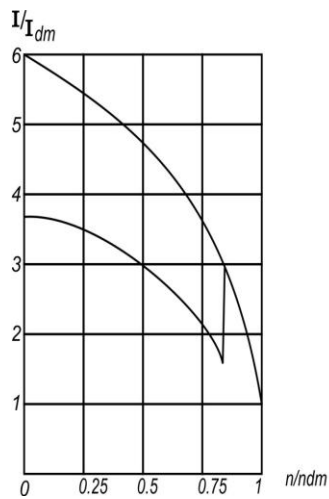
Giá trị điện áp này vẫn được duy trì khi động cơ nối lại với nguồn ở chế độ đấu sao, tại đây xảy ra hiện tượng xung pha. Kết quả tạo ra một dòng điện



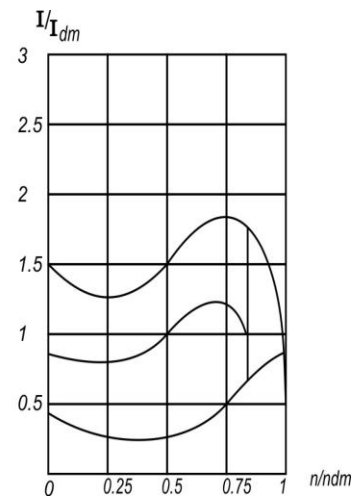
có cường độ lên đến gấp 2 lần giá trị dòng khởi động và moment lên đến 4 lần giá trị moment khởi động. *Hình 1.9.* trình bày quá trình này.



a)

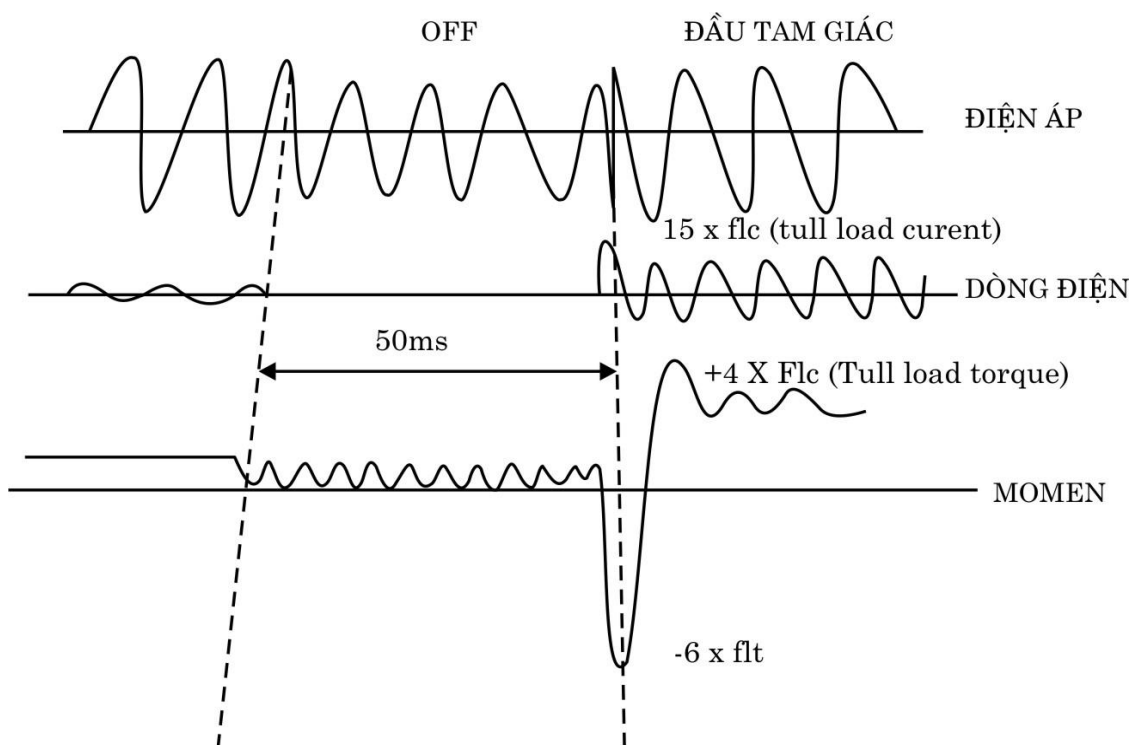


b)



c)

**Hình 1.8.** .a) Khởi động sao-tam giác ; b) Đặc tính điện - cơ;  
c) Đặc tính cơ



**Hình 1.9.** Điện áp, cường độ dòng điện khi chuyển từ sao sang tam giác

- **Khởi động bằng phương pháp tần số.**

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

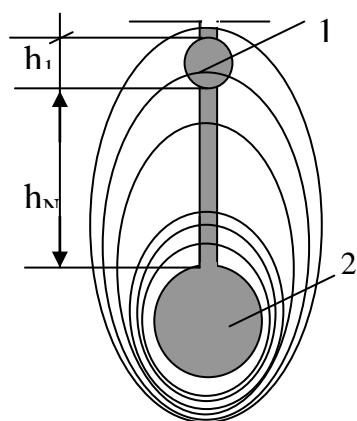
**c. Khởi động động cơ có rãnh sâu và động cơ 2 rãnh.**

Như chúng ta đã biết khởi động động cơ dị bộ bằng đưa điện trở vào mạch rô to là tốt nhất, tuy nhiên với động cơ dị bộ rô to lồng sóc thì không

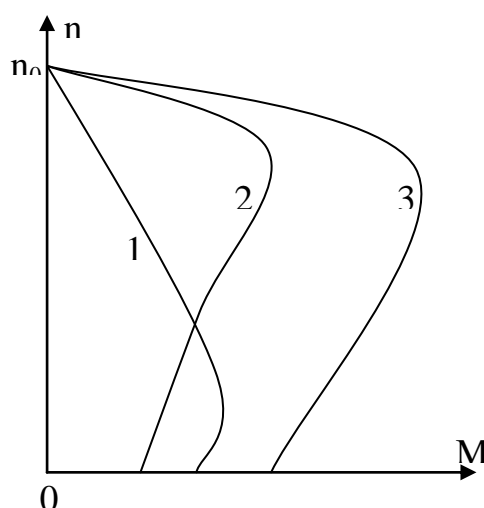
làm điều đó được. Song chúng ta có thể thực hiện khởi động động cơ dị bộ rô to lồng sóc có đưa điện trở phụ vào bằng dùng những động cơ ngắn mạch đặc biệt : Động cơ rãnh sâu và động cơ 2 rãnh.

Động cơ rotor lồng sóc 2 rãnh.

Để cải thiện khởi động đối với động cơ dị bộ lồng sóc, người ta chế tạo động cơ lồng sóc 2 rãnh: rãnh công tác làm bằng vật liệu bình thường, còn rãnh khởi động làm bằng đồng thau là kim loại có điện trở riêng lớn. (Hình 1.10).



**Hình 1.10.** Động cơ rô to lồng sóc 2 rãnh



**Hình 1.11.** Đặc tính cơ của động cơ dị bộ

Từ hình vẽ ta thấy rằng, độ dẫn từ của từ thông tản rãnh dưới lớn hơn của rãnh ngoài (trên). Như vậy trở kháng của các rãnh này rất khác nhau: trở kháng của rãnh dưới lớn hơn trở kháng của rãnh trên rất nhiều. Khi mới bắt đầu khởi động ( $s=1$ ) trở kháng của rãnh dưới lớn, nên dòng điện bị đẩy lên rãnh trên, dòng điện chạy trong nó nhỏ.

Ở rãnh trên trở kháng nhỏ nhưng điện trở thuần lại lớn, kết quả làm cho dòng khởi động nhỏ - đó là hậu quả của việc đưa thêm điện trở vào rotor. Khi tốc độ rotor tăng lên,  $s$  giảm đi, trở kháng rãnh dưới giảm, dòng điện lại

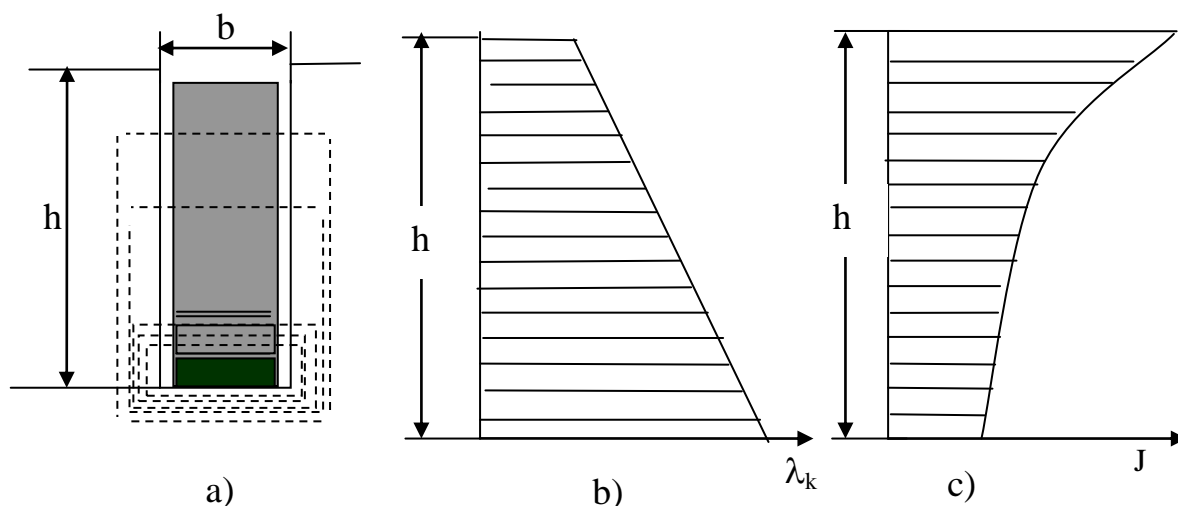
chạy từ rãnh trên xuống rãnh dưới. Khi tốc độ đạt giá trị định mức, thì dòng điện chạy trong thanh trên rất nhỏ.

Như vậy thanh trên chỉ hoạt động khi khởi động nên được gọi là thanh khởi động.

Để xác định đặc tính cơ của động cơ 2 rãnh, ta giả thiết rằng 2 rãnh hoạt động độc lập với nhau. Rãnh trên có điện trở lớn nên đặc tính cơ là đặc tính 1 trên hình 1.11 còn rãnh dưới có đặc tính cơ như đường 2. Tổng của 2 đặc tính là của động cơ 2 rãnh (đường 3).

. Động rotor lồng sóc rãnh sâu

Động cơ rãnh sâu có cấu trúc khác với động cơ rãnh thường. Chiều cao  $h$  của rãnh động cơ rãnh sâu thường gấp 15-20 lần chiều rộng của rãnh (hình 1.12). Rãnh có nhiều dạng khác nhau: Chữ nhật, hình thang hay tròn dưới, trên chữ nhật...



**Hình 1.12.** a) Rãnh của động cơ lồng sóc rãnh sâu; b) Sự phân bố độ dẫn từ theo chiều cao rãnh, c) Độ phân bố mật độ dòng điện theo chiều cao

Để nghiên cứu tính chất của máy điện rãnh sâu ta chia rãnh ra từng lớp với chiều cao  $h_i$ . Do trong rãnh có nhôm, nên độ dẫn từ thông tán quyết định bởi độ dẫn từ trong rãnh.

Độ dẫn từ của lớp 1 biểu diễn bởi:

$$\lambda_1 = \frac{\mu h_1 l}{b} = ch_1 \quad (1.5)$$

Lớp  $k$  tính như sau:

$$\lambda_k = \frac{\mu h_k l}{b} = ch_k \quad (1.6)$$

Trong đó  $l$  - độ dài lõi của rotor. Từ biểu thức này ta thấy rằng, độ dẫn từ thông tản lớn nhất ở lớp dưới cùng, còn nhỏ nhất ở lớp trên cùng. Trở kháng tản của mỗi lớp xác định như sau :

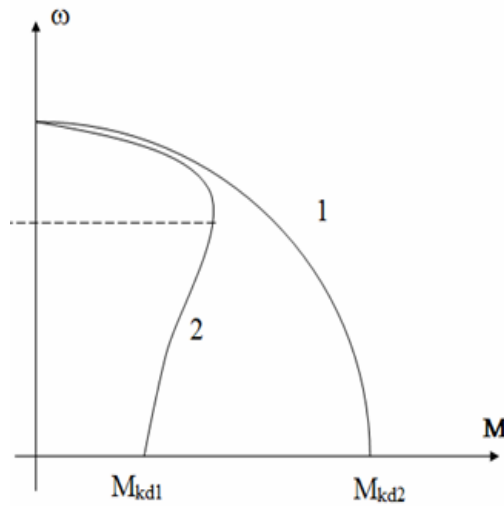
$$X_k = \omega_2 L_k = C \lambda_k f_2 \quad (1.7)$$

Đến đây, ta có thể nói về sự phân bố mật độ dòng điện theo chiều cao của thanh dẫn. Giá trị dòng điện chạy trong mỗi lớp phụ thuộc vào điện áp và tổng trở của mỗi lớp. Do sđđ cảm ứng bởi từ thông chính trong các lớp như nhau do đó sự phân bố dòng điện các lớp phụ thuộc vào tổng trở của lớp. Khi động cơ mới đóng vào lưới, tần số  $f_2 = f_1$  nên  $X_k$  lớn hơn  $R_k$  rất nhiều, ngược lại khi rô to quay với tốc độ gần bằng tốc độ định mức thì tần số  $f_2$  rất nhỏ nên  $X_k \ll R_k$ . Do đó khi mới khởi động, dòng điện chạy trong các lớp dưới rất nhỏ, ngược lại khi rô to quay với tốc độ gần định mức thì dòng điện chạy ở lớp trên rất nhỏ. Sự phân bố độ dẫn từ và mật độ dòng điện biểu diễn trên *hình 1.12.b và 1.12.c*. Ta thấy có hiện tượng đẩy dòng lên lớp trên, do đó dòng khởi động nhỏ, ta có hiện tượng giống như đưa điện trở ngoài vào mạch rô to (vì dòng điện bị đẩy lên lớp trên diện tích dẫn nhỏ, nên điện trở lớn). Như vậy khởi động với động cơ rãnh sâu mô men khởi động lớn ( $M_{kđ} = 1,2 - 1,6)M_{đm}$

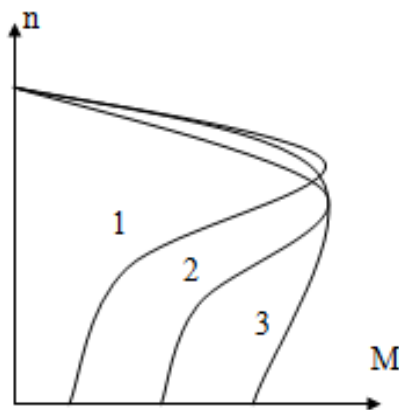
Trên *hình 1.13*. biểu diễn đặc tính moment và dòng điện của động cơ rãnh sâu, còn trên *hình 1.14*. biểu diễn đặc tính cơ của 3 loại động cơ : dây quấn, lồng sóc thường và lồng sóc rãnh sâu.

Do động cơ lồng sóc rãnh sâu có mô men khởi động lớn nên nó được dùng cho các hệ truyền động có khởi động nặng ví dụ: cần cẩu. So với động

ơ dị bộ rô to dây quấn, thì động cơ lồng sóc rãnh sâu có cấu tạo nhẹ hơn, rẻ tiền hơn.



Hình 1.13. Đặc tính cơ và đặc tính dòng điện của động cơ rãnh sâu



Hình 1.14. Đặc tính cơ của động cơ dị bộ 1) Động cơ dây quấn, 2) Động cơ rotor lồng sóc thường

### 1.2.1.3. Đặc tính cơ của động cơ không đồng bộ

#### a. Thống kê năng lượng của động cơ

Về nguyên lý, máy điện không đồng bộ có thể làm việc như máy phát điện hoặc động cơ không đồng bộ. Ở chế độ làm việc động cơ, năng lượng

điện được cung cấp từ lưới điện và chuyển sang rô to bằng từ trường quay.

Dòng năng lượng được biểu diễn như sau :

- Công suất nhận từ lưới điện:

$$P_1 = m_1 U_1 I_1 \cos \varphi_1 \quad (1.8)$$

Ở stato, năng lượng bị mất một phần do tổn hao ở điện trở cuộn dây ( $\Delta P_{Cu1}$ ) và trong lõi thép ( $\Delta P_{Fe1}$ ). Vậy công suất điện từ chuyển từ stato sang rô to như sau:

$$P_{dt} = P_1 - \Delta P_{Cu1} - \Delta P_{Fe1} \quad (1.9)$$

Trong đó  $\Delta P_{Cu1} = m_1 I_1^2 R$ ,  $\Delta P_{Fe1} = m_1 I_{Fe}^2 R_{Fe}$ . Tổn hao thép phụ thuộc vào tần số. Tổn hao lõi thép phía rô to bỏ qua, vì khi làm việc định mức tần số  $f_2 = (1 - 3)Hz$ .

Công suất điện từ chuyển sang rô to sẽ ứng với công suất tác dụng sinh ra ở điện trở  $R_2'/s$  vậy:

$$P_{dt} = m_1 I_2' \frac{R_2'}{s} = m_1 I_2'^2 R_2' + m_1 I_2'^2 R_2' \frac{1-s}{s} \quad (1.10)$$

Thành phần thứ nhất là tổn hao đồng ở cuộn dây rô to:

$$\Delta P_{cu2} = m_1 I_2'^2 R_2' = m_2 I_2^2 R_2 \quad (1.11)$$

Phần công suất còn lại được chuyển sang công cơ học trên trục động cơ vậy:

$$P_{co} = m_1 I_2'^2 R_2' \frac{1-s}{s} = m_1 I_2^2 R_2 \frac{1-s}{s} \quad (1.12)$$

Công suất cơ được chuyển sang công suất hữu ích  $P_2$  và tổn hao cơ các loại ( $\Delta P_{Co}$ ) như: ma sát ổ bi, quạt gió, ma sát rô to với không khí v.v. ngoài ra còn tổn hao phụ do sóng bậc cao, do mạch từ có răng ( $\Delta P_p$ ). Tổn hao phụ rất nhỏ ( $\Delta P_p \approx 0,005P_1$ ).

Vậy công suất hữu ích tính như sau:

$$P_2 = P_{co} - \Delta P_{Co} - \Delta P_p \quad (1.13)$$

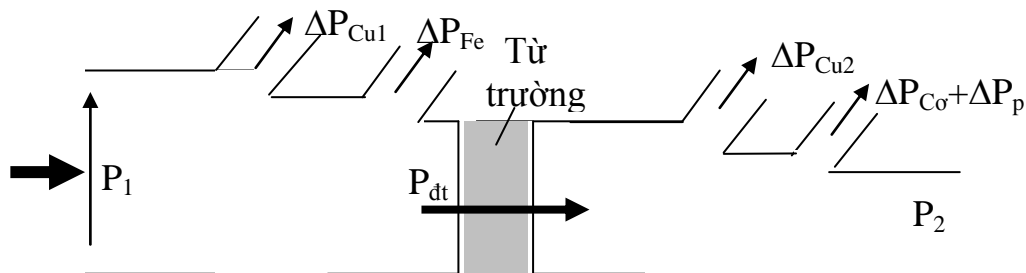
Tổng tổn hao của động cơ có giá trị:

$$\Delta P = \Delta P_{Cu1} + \Delta P_{Fe} + \Delta P_{Cu2} + \Delta P_{Co} + \Delta P_p \quad (1.14)$$

Hiệu suất của động cơ:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_1 - \Delta P}{P_1} = 1 - \frac{\Delta P}{P_1} \quad (1.15)$$

Sơ đồ năng lượng của máy điện dị bộ biểu diễn trên hình 1.15



**Hình 1.15.** Sơ đồ năng lượng của động cơ dị bộ

**b. Moment quay (moment điện từ) của động cơ dị bộ.**

Công suất cơ học của máy điện không đồng bộ phụ thuộc vào tốc độ quay của rô to (tốc độ cơ):

$$P_{co} = M \omega_{co} \quad (1.16)$$

Do đó mô men điện từ của máy điện không đồng bộ có thể tính được bằng biểu thức:

$$M = \frac{P_{dt}}{\omega_{co}} \quad (1.17)$$

Ở đây  $\omega_{co} = \frac{2\pi n}{60} = \frac{\omega_t}{p} = \frac{2\pi f_1}{p}$ , trong đó  $n$ - tốc độ quay của rô to tính

bằng vòng phút,  $\omega_t$  - tốc độ góc quay của từ trường đo bằng rad/giây,  $p$ - số đôi cực. Thay công suất điện từ bằng ta được:

$$M = m_1 I_2'^2 \frac{R_2'}{s} \cdot \frac{1}{\omega_{co}} \quad (1.18)$$



Biểu thức mô men điện từ của máy điện không đồng bộ còn có thể nhận được ở dạng khác như sau:

Thay vào một giá trị của  $I_2'$  bằng biểu thức và lưu ý  $E_2'$  có giá trị như còn  $\cos\varphi_2$  tính từ đồ thị véc tơ (hình trên) có giá trị:

$$\cos\varphi_2 = \frac{R_2' + R_2' \frac{1-s}{s}}{\sqrt{\left(R_2' + R_2' \frac{1-s}{s}\right)^2 + X_2'^2}} = \frac{R_2'}{\sqrt{R_2'^2 + X_2'^2 s^2}} \quad (1.19)$$

Ta nhận được:

$$M = \frac{pm_1}{\omega_n} \frac{E_2' s}{\sqrt{R_2'^2 + X_2'^2}} I_2' \frac{R_2'}{s} = \frac{4,44k_{cd1} W_1 \omega_1 f_1 m_1 p}{2\pi f_1} I_2' \phi \cos\varphi_2 \quad (1.20)$$

$$\text{Hay:} \quad M = k I_2' \phi \cos\varphi_2 \quad (1.21)$$

Có dạng của mô men máy điện dòng một chiều, trong đó  $k = \frac{4,44k_{cd1} W_1 \omega_1 m_1 p}{2\pi}$ . Chúng ta còn có cách khác để tính mô men điện từ của máy điện không đồng bộ.

Trước hết tính dòng  $I_2'$ . Ta dùng sơ đồ tương đương gần đúng. Theo sơ đồ ta có:

$$I_2' = \frac{U_1}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + (X_1 + X_2')^2}} \quad (1.22)$$

Thay vào (công thức trên) ta được:

$$M = \frac{pm_1}{\omega_n} \frac{U_1^2}{\left(R_1 + \frac{R_2'}{s}\right)^2 + (X_1 + X_2')^2} \frac{R_2'}{s} \quad (1.23)$$

Đây là biểu thức mô men điện từ của máy điện không đồng bộ, có giá trị đo bằng [Nm].

### **c. Đặc tính cơ của động cơ không đồng bộ ba pha.**

Đặc tính cơ được định nghĩa là mối quan hệ hàm giữa tốc độ quay và mô men điện từ của động cơ  $n = f(M)$ .

## ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

Để dựng được mối quan hệ này, trước hết ta nghiên cứu công thức là mối quan hệ  $M = f(s)$  và được gọi là đặc tính tốc độ của động cơ. Từ biểu thức ta nhận thấy mối quan hệ giữa mô men và độ trượt là mối quan hệ phi tuyến.

Để khảo sát chúng ta hãy tìm cực trị .

Đầu tiên ta tính:

$$\frac{dM}{ds} = 0 \quad (1.24)$$

Sau khi tính đạo hàm mô men rồi, cho bằng 0 ta tìm được độ trượt tới hạn có giá trị sau:

$$s_{th} = \pm \frac{R_2'}{R_1 + (X_1 + X_2')} \quad (1.25)$$

Ở đây  $s_{th}$  là độ trượt tới hạn, tức là giá trị độ trượt ở đó xuất hiện mô men cực đại và cực tiểu. Dấu '+' ứng với chế độ động cơ còn dấu '-' ứng với chế độ máy phát.

Thay  $s_{th}$  vào (công thức trên) ta có:

$$M_{max} = \pm \frac{3pU_1^2}{2\omega_u \left[ R_1 + \sqrt{R_1^2 + (X_1 + X_2')^2} \right]} \quad (1.26)$$

Dấu "+" cho chế độ động cơ, còn dấu trừ cho chế độ máy phát. Để dựng đặc tính  $M = f(s)$  ta nhận thấy, khi  $s$  nhỏ thì  $R_1 + \frac{R_2'}{s} \gg X_1 + X_2'$  do đó có thể bỏ qua  $X_1 + X_2'$  ta có mối quan hệ tuyến tính (hình 9.8), còn khi  $s$  lớn thì  $R_1 + \frac{R_2'}{s} \ll X_1 + X_2'$  nên nhận  $R_1 + \frac{R_2'}{s} = 0$ , ta được  $M = K/s$ , nó là một đường hypecbon (hình 1.16). Đường  $M = f(s)$  là đường 3 trên hình 1.16.

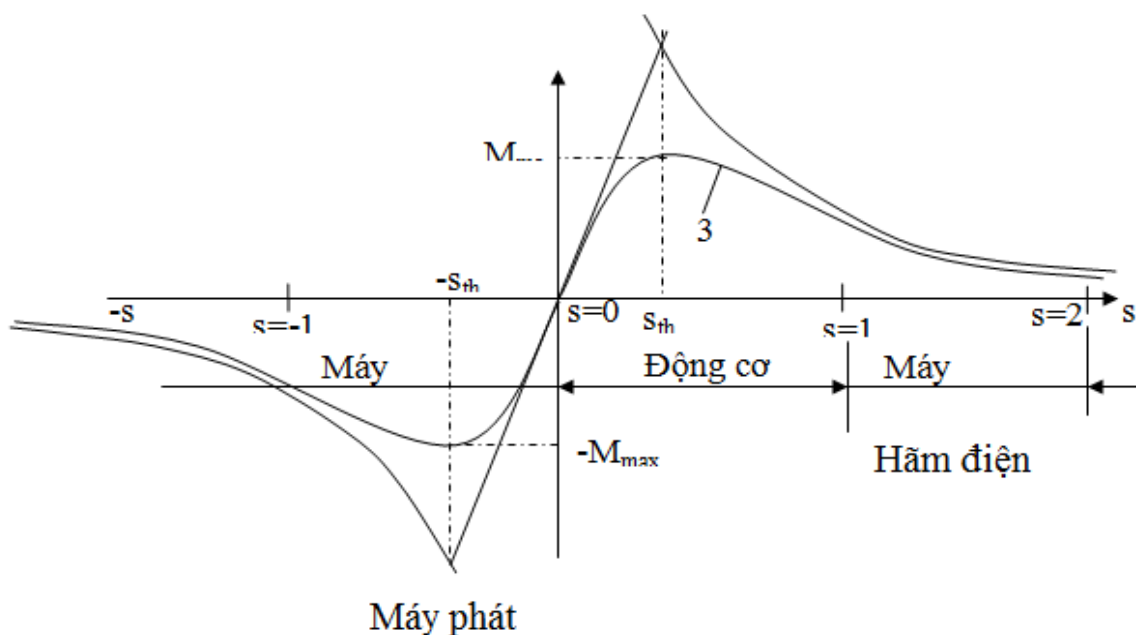
Giữa  $M$  và độ trượt còn có thể biểu diễn bởi biểu thức sau:

$$M = \frac{2M_{max}}{\frac{s}{s_{th}} + \frac{s_{th}}{s}} \quad (1.27)$$

Để dựng đặc tính tốc độ người ta thường dùng công thức này và có tên là công thức Kloss.

Hệ số quá tải là tỷ số giữa mô men cực đại đối với mô men định mức :

$$K_{qt} = \frac{M_{\max}}{M_{dm}} \quad (1.28)$$

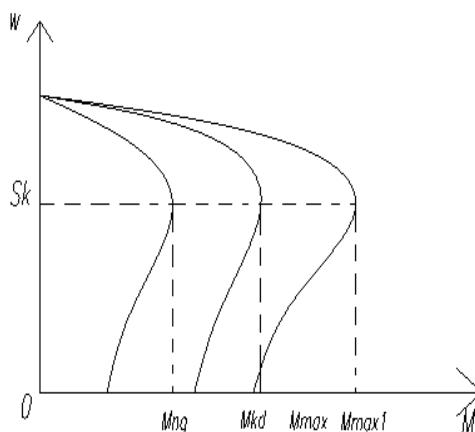


**Hình 1.16.** đặc tính  $M=f(s)$  khi  $U_1 = const, f_1 = const$

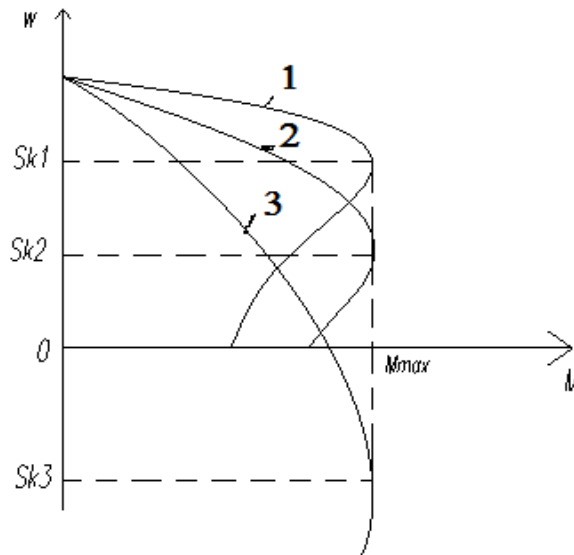
Ta hãy xét ảnh hưởng của một số thông số lên mô men động cơ:

- Ảnh hưởng của sự thay đổi điện áp mạng cấp  $U_1$

Từ biểu thức trên ta thấy khi điện áp  $U_1$  giảm thì mô men cực đại và mô men giảm theo tỷ lệ bình phương, điều đó rất dễ làm cho động cơ dừng dưới điện. (hình 1.17)



**Hình 1.17.** Ảnh hưởng của điện áp nguồn nạp đối với mô men động cơ



**Hình 1.18.** Ảnh hưởng của điện trở rotor lên mô men động cơ.

Khi thay đổi điện trở  $X$  ở mạch stato, hậu quả như giảm điện áp nguồn vì điện áp đặt lên động cơ bằng điện áp nguồn trừ đi độ sụt áp trên điện trở  $X$ .

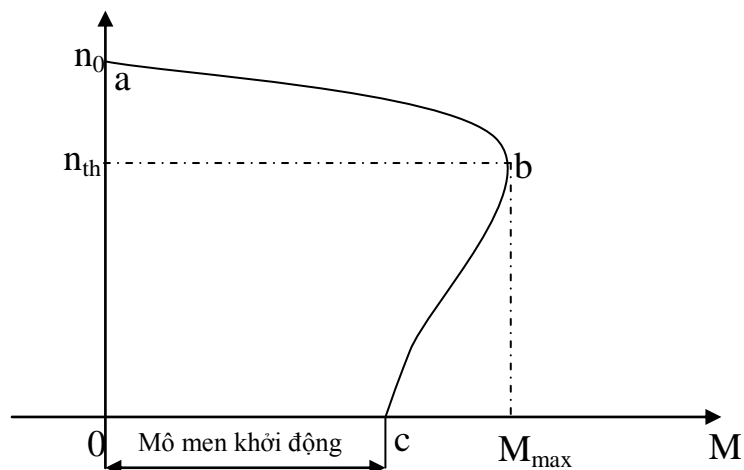
Trên hình 1.18. biểu diễn sự thay đổi của mô men khi thay đổi điện trở của rô to động cơ. Khi thay đổi điện trở  $R'_2$  sẽ làm thay đổi độ trượt tới hạn, nhưng không thay đổi mô men cực đại.

Đặc tính cơ:

Để có được đặc tính cơ  $M = f(n)$  ta dựa vào mối quan hệ

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

Cho  $s$  những giá trị khác nhau ta có giá trị của  $n$ , từ đó tính  $M$ , lập bảng mối quan hệ  $n = f(M)$  rồi dựng đồ thị mối quan hệ này hình 1.19



**Hình 1.19.** đặc tính cơ động cơ dị bộ

Từ đặc tính cơ ta có nhận xét: đặc tính cơ chia làm 2 đoạn: đoạn  $a-b$  và đoạn  $b-c$ . Đoạn  $ab$  là đoạn làm việc ổn định, vì trên đoạn này mỗi khi chế độ ổn định cũ bị phá vỡ thì nó lại thiết lập chế độ ổn định mới. Trên đoạn  $b-c$  ta không có được tính chất đó. Từ đặc tính cơ ta thấy có 2 chế độ đặc trưng:

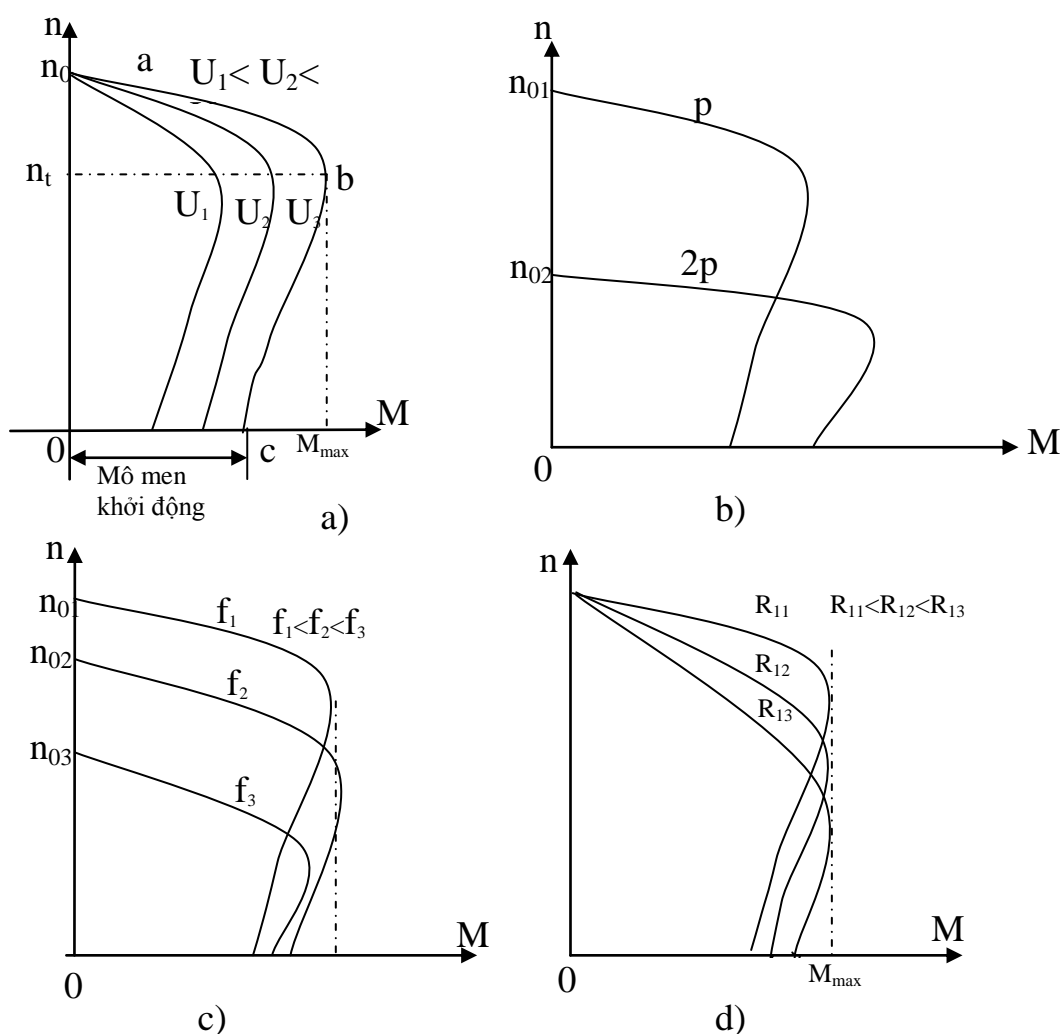
- Khi  $M=0$  thì có  $n=n_0$  ( $n_0$  là tốc độ không tải có giá trị bằng tốc độ từ trường quay). Chế độ này thực tế không có, để nghiên cứu ta phải gắn máy lại ngoài với động cơ rồi quay rô to với tốc độ bằng tốc độ quay của từ trường, ta gọi chế độ này là chế độ không tải lý tưởng.

- Khi  $n=0$ . Đây là chế độ khi vừa đưa động cơ vào lưới cung cấp, động cơ chưa kịp quay, ta gọi là chế độ khởi động, ứng với chế độ khởi động có mô men khởi động.

Ngoài ra động cơ còn có tốc độ  $n=0$  trong trường hợp động cơ không làm việc, không có điện áp cung cấp cho stato. Lúc này không có gì xảy ra, chúng ta không bàn tới.

#### **d. Đặc tính cơ tự nhiên và đặc tính cơ nhân tạo**

Đặc tính cơ tự nhiên: đây là đặc tính cơ được xây dựng khi các thông số của máy như điện áp, điện trở, tần số có giá trị định mức. Còn đặc tính cơ nhân tạo là đặc tính cơ khi có một trong các thông số trên thay đổi, các thông số khác không đổi. Trên hình 1.20. biểu diễn đặc tính cơ cho các trường hợp thay đổi điện áp, thay đổi số đôi cực, thay đổi tần số nguồn cung cấp và thay đổi điện trở rô to.



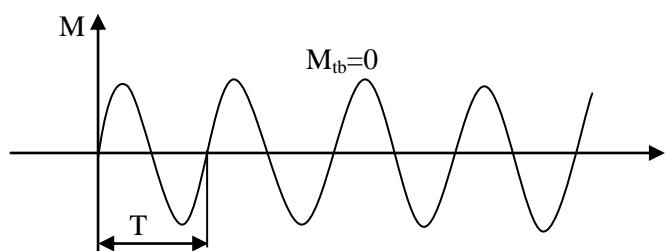
**Hình 1.20.** Đặc tính cơ nhân tạo của động cơ dị bộ

Qua đặc tính chúng ta thấy: khi  $U_1 = var$  thì mô men cực đại thay đổi, còn khi số đôi cực thay đổi, tốc độ không tải thay đổi, mô men cực đại cũng thay đổi. Khi thay đổi tần số, tốc độ không tải thay đổi, ở phạm vi  $f = f_{đm}$  nếu điều chỉnh tần số theo nguyên tắc  $U_1/f_1 = const$  thì mô men cực đại không đổi, còn ở ngoài phạm vi trên mặc dầu điều chỉnh tần số theo nguyên tắc  $U_1/f_1 = const$  vẫn làm cho mô men cực đại giảm. Thay đổi điện trở rô to thì mô men cực đại không thay đổi.

### 1.2.2. Khởi động động cơ đồng bộ

Trước hết ta hãy xét một máy điện đồng bộ không có một thiết bị phụ đặc biệt nào. Cuộn kích từ được nối vào nguồn 1 chiều, còn cuộn phần ứng được nối vào lưới điện 3 pha tạo ra từ trường quay với tốc độ  $n_{tt} = \frac{60f}{p}$

. Trong điều kiện này ở trong máy đồng bộ xuất hiện mômen biến đổi *hình 1.21*



**Hình 1.21.** Moment máy đồng bộ khi rotor không quay

Chu kỳ biến đổi của mômen xác định:

$$T_M = \frac{1}{f_M} = \frac{60}{p(n_{tt}\mu n)} = \frac{1}{\frac{f(n_{tt}\mu n)}{n_{tt}}} \quad (1.29)$$

Trong đó:  $n$  - Tốc độ tức thời của rôto; dấu “-“ khi nó quay thuận chiều quay, còn dấu “+” khi quay ngược chiều quay. Khi  $n=0$  thì  $f_M = f_l = 50Hz$ . Một mômen biến đổi với tần số như vậy thì do rô to có quán tính lớn sẽ không chuyển động. Có thể nói gọn lại là máy điện đồng bộ không có moment khởi động ( $M_{tb} = 0$ ). Do đó ta phải tìm cách khởi động động cơ đồng bộ.

#### 1.2.2.1. Khởi động bằng máy ngoài

Thực chất của quá trình này là đồng bộ hoá hay tự đồng bộ. Ta dùng một máy lai ngoài (động cơ dị bộ, hoặc động một chiều,...) quay rôto động cơ đồng bộ tới tốc độ cần thiết để hoà vào lưới. Phương pháp này có nhược điểm là cần dùng một động cơ ngoài nên tốn kém vì vậy ít được dùng.

### **1.2.2.2 Phương pháp khởi động dị bộ**

Đây là phương pháp giống như khởi động động cơ dị bộ. Để thực hiện được phương pháp này người ta đặt ở mặt cực một cuộn dây ngắn mạch làm bằng các thanh đồng (đồng thường hay đồng đỏ) giống như cuộn dây của máy điện không đồng bộ rô to ngắn mạch. Nếu bỏ qua cuộn kích từ thì khi nối cuộn dây 3 pha vào lưới sẽ có dòng 3 pha chạy vào và tạo ra từ trường quay làm rô to quay như máy điện dị bộ. Khi đã đạt được tốc độ nhất định nếu ta cấp dòng kích từ cho cuộn kích từ thì giữa từ trường một chiều và từ trường quay sẽ tác động lên nhau và tạo ra mômen có biên độ tăng dần. Chu kỳ  $T_M$  của mô men này khi độ trượt nhỏ có giá trị lớn (ví dụ  $f = 50\text{Hz}$ ,  $s = 0,005$  thì  $T_M = 4s$ ), nên mô men sinh ra trong máy đồng bộ có thể giúp cho rô to tăng tốc để bước vào đồng bộ. Cuộn dây khởi động của máy có thể là bản thân các lá thép cực từ với kích thước nhất định, khi từ trường biến thiên trong nó sẽ xuất hiện dòng xoáy và tạo ra mômen đủ lớn để khởi động máy. Để giảm dòng khởi động người ta sử dụng các phương pháp như ở máy dị bộ.

Cho tới lúc này chúng ta đã bỏ qua cuộn kích từ. Nếu cuộn kích từ hở mạch thì ở thời kỳ đầu của quá trình khởi động, từ trường quay do stato tạo ra sẽ quay so với rotor một tốc độ rất lớn ( $n_{tt} - n = sn_{tt}$ ) sẽ cảm ứng trong cuộn kích từ hở một sđđ có giá trị rất lớn gây nguy hiểm cách điện cuộn kích từ và cho người vận hành. Để tránh hiện tượng quá điện áp ta nối cuộn dây qua một điện trở thích hợp. Việc nối điện trở này lại tạo ra một hiện tượng khác gọi là hiện tượng *Gorgesa*. Bản chất hiện tượng này như sau:

- Từ trường quay của stato làm xuất hiện dòng xoáy chiều ở mạch kích từ có tần số:

$$f_2 = \frac{p(n_{tt} - n)}{60} = f_1 s \quad (1.30)$$

Dòng biến đổi này tạo ra một từ trường biến đổi mà theo nguyên tắc ta có thể tách ta làm 2 từ trường quay bằng nhau có cùng tốc độ nhưng chiều



quay ngược nhau. Một từ trường quay có chiều quay cùng chiều rôto còn từ trường kia ngược chiều (xem động cơ dị bộ 1 pha). Tốc độ 2 từ trường đó so với rôto như sau:

Từ trường cùng chiều quay rotor :

$$n_{2q} = \frac{60f_2}{p} \quad (1.31)$$

Từ trường ngược:

$$n'_{2q} = -\frac{60f_2}{p} \quad (1.32)$$

Và so với stato:

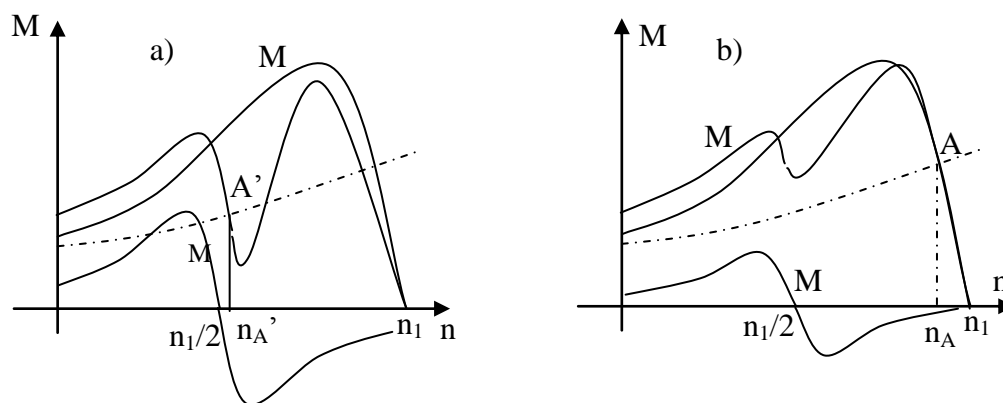
Từ trường quay thuận:  $n_{qs} = n + n_{2q} = n_{tt}$

Từ trường quay ngược:  $n'_{qs} = n + n'_{2q} = n - n_{tt} + n = 2n - n_{tt}$

Ta thấy từ trường thuận có tốc độ so với stato không đổi, vậy nó tạo ra mômen dị bộ tác động lên rôto theo chiều của mômen do cuộn khởi động tạo ra.

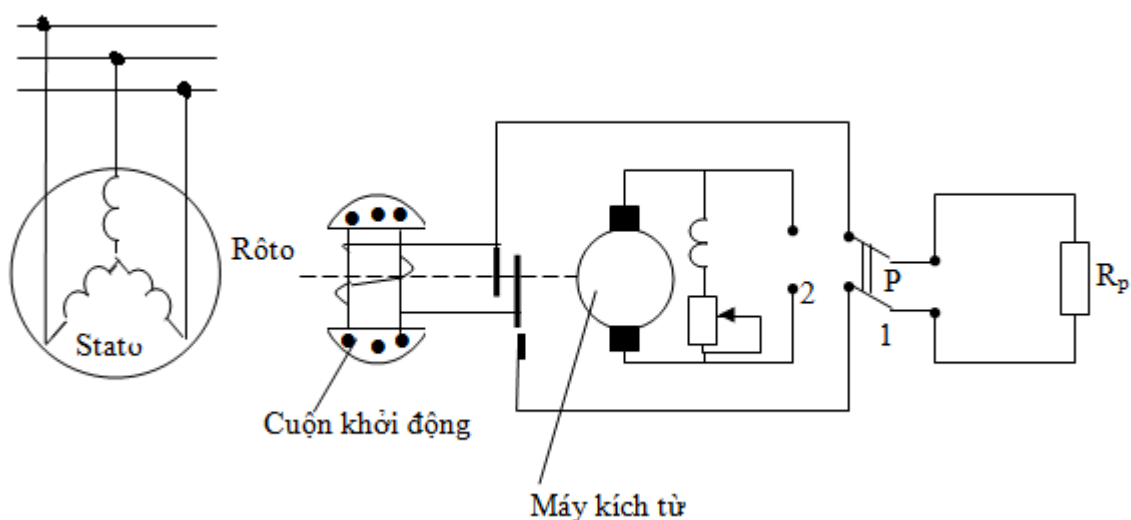
Từ ta thấy tốc độ của từ trường ngược  $n'_{qs}$  phụ thuộc vào tốc độ quay của rôto, nó có giá trị và hướng thay đổi. Qua phân tích thấy rằng: Ở phạm vi  $0 \leq n \leq \frac{n_{tt}}{2}$  từ trường ngược quay so với stato sang trái moment do nó tạo ra có chiều sang phải trùng với chiều mômen dị bộ và mômen tạo ra bởi từ trường thuận. Khi  $n = \frac{n_{tt}}{2}$  từ trường ngược ở trạng thái không chuyển động so với stato nên trong cuộn dây không cảm ứng một sđđ nào cả và không tạo ra mômen phụ. Khi  $n > \frac{n_{tt}}{2}$  hướng quay của từ trường ngược so với stato sẽ ngược với trường hợp  $n < \frac{n_{tt}}{2}$  nên mômen do nó sinh ra sẽ ngược với chiều của mômen tạo ra do cuộn khởi động và từ trường thuận. Trên hình 1.21. biểu diễn đặc tính cơ của các loại từ trường tạo ra. Đặc tính mômen do từ trường

ngược tạo ta có: Khi  $n = \frac{n_{tt}}{2}$  thì  $M_{q's} = 0$ , khi  $n < \frac{n_{tt}}{2}$  thì  $M_{as} > 0$  và khi  $n > \frac{n_{tt}}{2}$  thì  $M_{q's} < 0$ .



**Hình 1.21.** Đặc tính mô men khi khởi động động cơ đồng bộ bằng phương pháp dị bộ a) Mạch kích từ bị nối tắt, b) mạch kích từ nối qua một điện trở.

Đặc tính khởi động sẽ là tổng mômen ấy. Từ đồ thị ta thấy đặc tính cơ khởi động có vùng yên ngựa (hiện tượng *Gorgesa*). Nếu vùng yên ngựa lớn (do dòng xoay chiều cuộn kích từ lớn) thì có thể xảy ra trường hợp mômen khởi động nhỏ hơn mômen cản hình 1.21.a, khởi động không thành công. Để giảm sự tác động của từ trường ngược, ta đưa vào cuộn kích từ một điện trở phụ có giá trị khoảng 10 lần giá trị điện trở mạch kích từ:  $R_p \approx 10R_{kt}$  (hình 1.21.) . Nếu chọn  $R_p$  lớn quá sẽ gây xuyên thủng cách điện, còn nếu chọn  $R_p$  nhỏ quá thì không giảm được hiện tượng *Gorges*, gây dừng máy không khởi động được.



**Hình 1.22.** Sơ đồ nối dây khởi động động cơ đồng bộ bằng phương pháp dị bộ

Nắm được tính chất này của máy đồng bộ sẽ có lợi cho trường hợp động cơ dị bộ 3 pha dây quấn bị đứt một pha ở rô to. Khi động cơ dị bộ 3 pha dây quấn đứt 1 pha ở rôto có hiện tượng giống như trường hợp vừa nghiên cứu.

### 1.2.2.3. Khởi động bằng phương pháp tần số

Nếu ta cấp cho stator một nguồn điện có khả năng điều chỉnh tần số, khi tăng dần tần số nguồn điện cung cấp từ 0 đến tần số đồng bộ, nếu mạch kích từ của động cơ đồng bộ được cấp dòng thì cùng với tăng tần số nguồn cung cấp, tốc độ động cơ cũng tăng, đến khi đạt tốc độ đồng bộ ta nối động cơ vào lưới và ngắt nguồn cung cấp có tần số ra khỏi động cơ.

## CHƯƠNG 2

### PHƯƠNG PHÁP KHỞI ĐỘNG MỀM

#### 2.1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Động cơ không đồng bộ 3 pha dùng rộng rãi trong công nghiệp, vì chúng có cấu trúc đơn giản, làm việc tin cậy, nhưng có nhược điểm dòng điện khởi động lớn, gây ra sụt áp trong lưới điện. Phương pháp tối ưu hiện nay là dùng bộ điều khiển điện tử để hạn chế dòng điện khởi động, đồng thời điều chỉnh tăng mô men mở máy một cách hợp lý, vì vậy các chi tiết của động cơ chịu độ dòn nén về cơ khí ít hơn, tăng tuổi thọ làm việc an toàn cho động cơ. Ngoài việc tránh dòng đỉnh trong khi khởi động động cơ, còn làm cho điện áp nguồn ổn định hơn không gây ảnh hưởng xấu đến các thiết bị khác trong lưới.

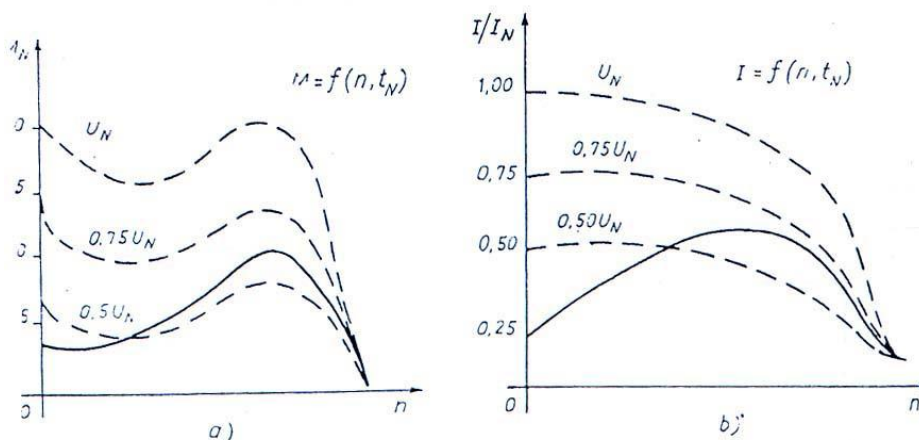
#### 2.2. NGUYÊN LÝ KHỞI ĐỘNG MỀM

##### 2.2.1. Khái niệm về khởi động mềm

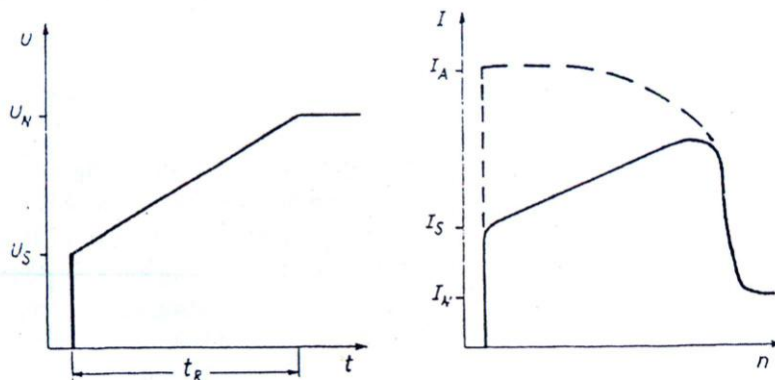
Khởi động mềm là phương pháp thường dùng cho động cơ có công suất trung và lớn. Có nhiều cách nhưng chủ yếu nhất là điều áp xoay chiều và biến tần. Ưu điểm là điều chỉnh trơn, phạm vi điều chỉnh rộng, có thể sử dụng dùng mềm, hiện nay với phát triển của điện tử công suất thì giá cũng không cao lắm và hoạt động cũng khá ổn định, có thể dùng kết hợp để điều chỉnh tốc độ động cơ. Nhược điểm là khó thi công, khó bảo trì bảo dưỡng, điện áp và dòng điện sau điều chỉnh không sin hoàn toàn, càng điều chỉnh càng bị méo và biên độ sóng hài cũng cao hơn.

Phương pháp khởi động được áp dụng ở đây là cần hạn chế điện áp ở đầu cực động cơ, tăng dần điện áp theo một chương trình thích hợp để điện áp tăng tuyến tính từ một giá trị xác định đến điện áp định mức. Đó là quá trình khởi động mềm (ramp) toàn bộ quá trình khởi động được điều khiển đóng mở thyristor bằng bộ vi xử lý 16 bit với các cổng vào ra tương ứng, tần số giữ không đổi theo tần số điện áp lưới. Ngoài ra còn cung cấp cho chúng ta những giải pháp tối ưu nhờ nhiều chức năng như khởi động mềm và dừng mềm,

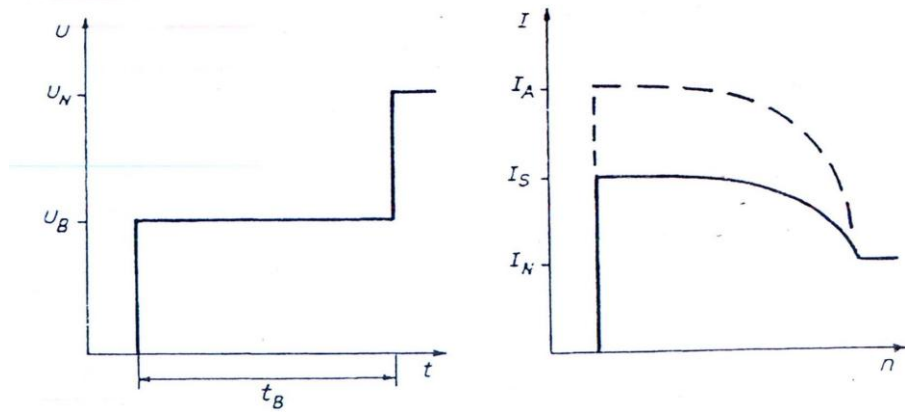
dùng đột ngột, phanh dòng trực tiếp, tiết kiệm năng lượng khi non tải. Có chức năng bảo vệ động cơ như bảo vệ quá tải, mất pha ..



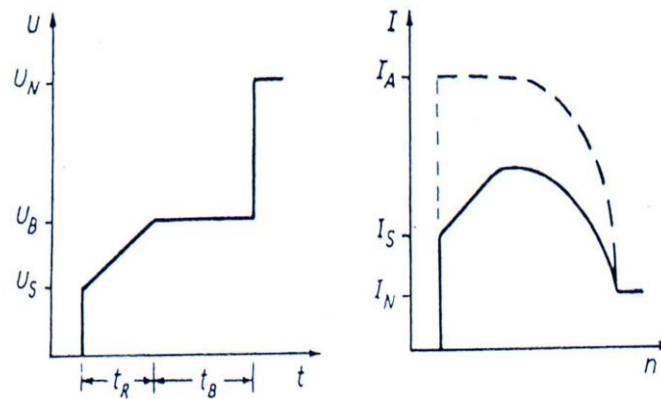
**Hình 2.1.** Đồ thị công mômen và dòng điện tại mỗi giá trị hằng của điện áp.



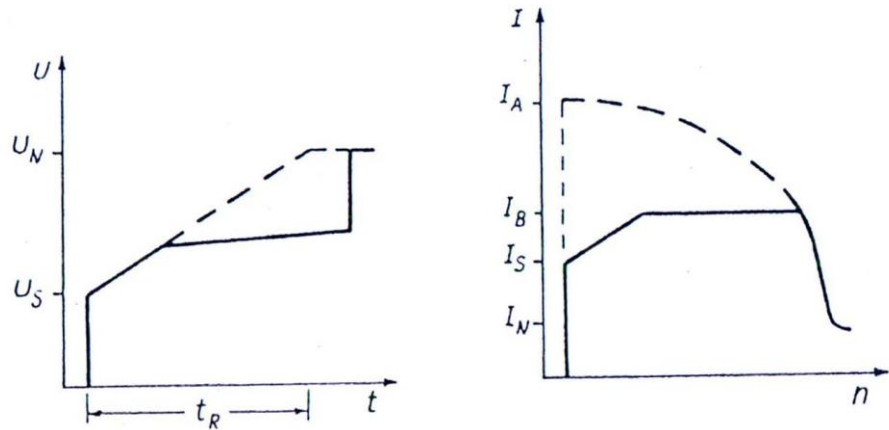
**Hình 2.2.** Điện áp và dòng điện của động cơ khi khởi động mềm có ramp điện áp



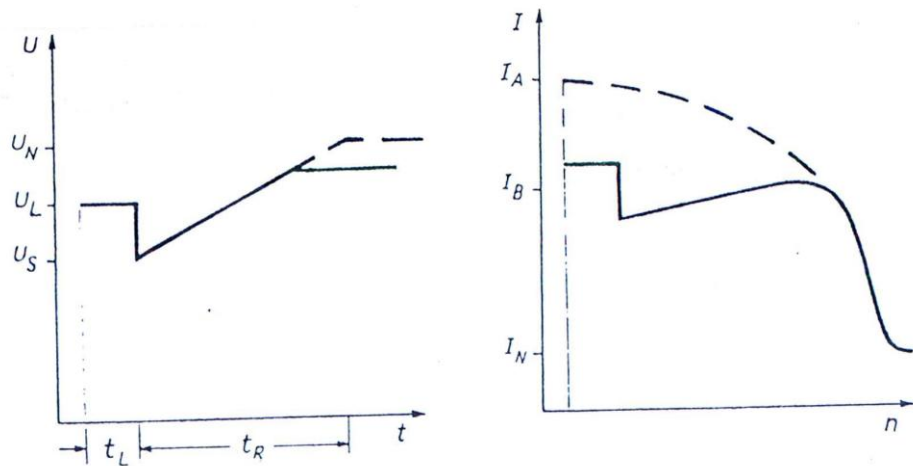
**Hình 2.3.** Điện áp và dòng điện của động cơ khi khởi động mềm có hạn chế điện áp



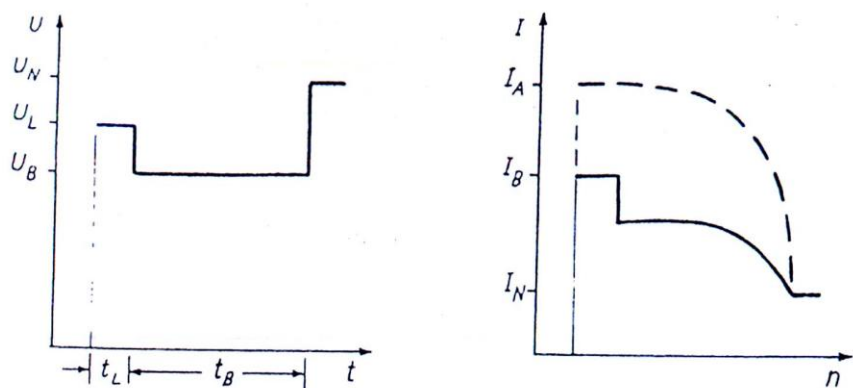
**Hình 2.4.** Điện áp và dòng điện của động cơ khi khởi động mềm có ramp điện áp và hạn chế điện áp.



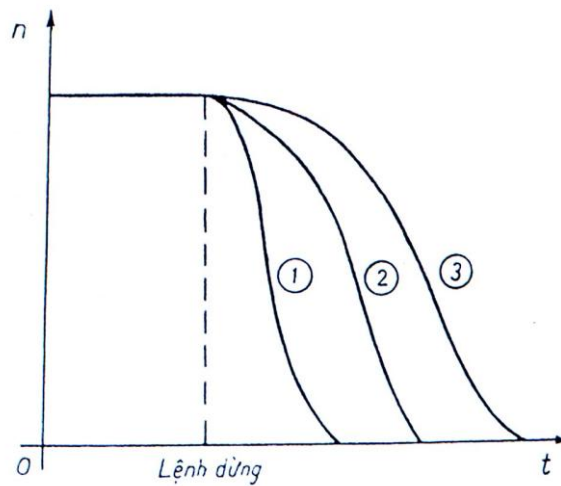
**Hình 2.5.** Điện áp và dòng điện của động cơ khi khởi động mềm có ramp điện áp và hạn chế dòng điện



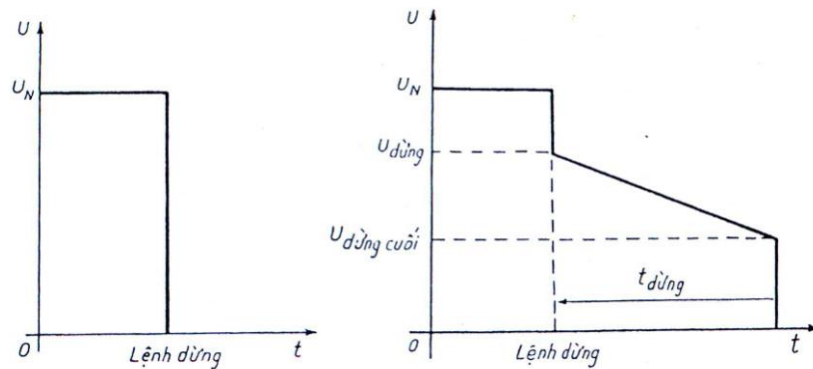
**Hình 2.6.** Điện áp và dòng điện của động cơ khi khởi động xung có ramp điện áp và hạn chế dòng điện



**Hình 2.6.** Điện áp và dòng điện của động cơ khi khởi động xung có hạn chế điện áp



**Hình 2.7.** Đường cong tốc độ động cơ với các chức năng  
1. Hãm động năng; 2 dừng tự do; 3. Dừng mềm



**Hình 2.8.** Điện áp động cơ      **Hình 2.9.** Điện áp động cơ khi dừng mềm  
khi dừng tự do

- Những ứng dụng điển hình của bộ khởi động mềm :
  - Động cơ điện cho chuyên chở vật liệu.
  - Động cơ bơm.
  - Động cơ vận hành non tải lâu dài.



- Động cơ có bộ chuyển đổi (ví dụ hộp số, băng tải ..)
- Động cơ có quán tính lớn (quạt, máy nén, bơm, băng truyền, thang máy, máy nghiền, máy ép, máy khuấy, máy dệt ...)

- Những đặc điểm khác :

- Bền vững tiết kiệm không gian lắp đặt.
- Có chức năng điều khiển và bảo vệ.
- Khoảng điện áp sử dụng 200 – 500 V, tần số 45 – 65 Hz.
- Có phần mềm chuyên dụng đi kèm.
- Lắp và đặt chức năng dễ dàng.

## **2.2.2. Nguyên lý hoạt động của khởi động mềm**

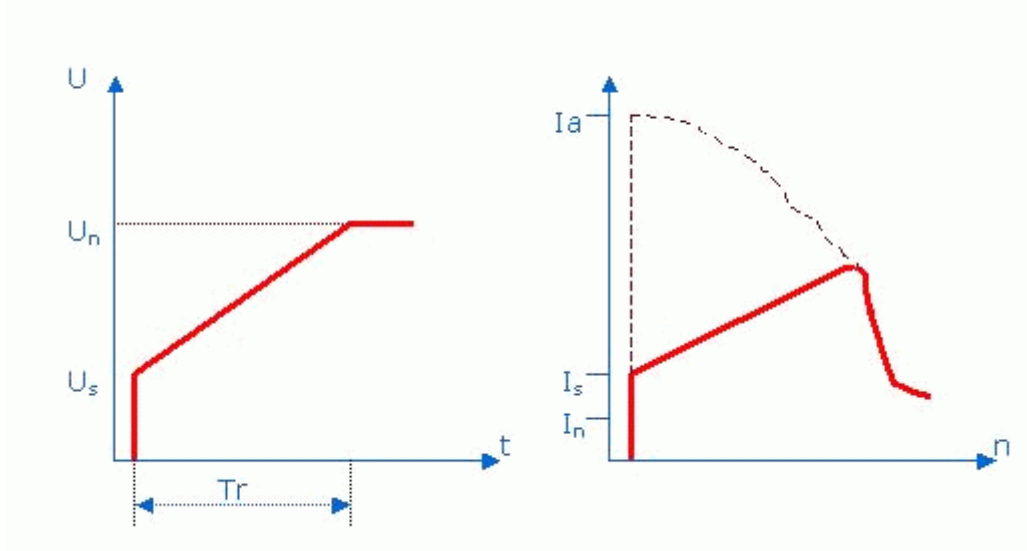
### **2.2.2.1. Kỹ thuật khởi động và dừng**

#### **a. Những nét chính**

Mạch lực của hệ thống khởi động mềm gồm 3 cặp thyristor đấu song song ngược cho 3 pha. Vì mô men động cơ tỉ lệ với bình phương điện áp, dòng điện tỉ lệ với điện áp, mô men gia tốc và dòng điện khởi động được hạn chế thông qua điều chỉnh trị số hiệu dụng của điện áp. Quy luật điều chỉnh này trong khi khởi động và dừng nhờ điều khiển pha (kích, mở 3 cặp thyristor song song ngược) trong mạch lực.

Như vậy, hoạt động của bộ khởi động mềm hoàn toàn dựa trên việc điều khiển điện áp khi khởi động và dừng, tức là trị số hiệu dụng của điện áp là thay đổi.

Nếu dừng động cơ, mọi tín hiệu kích mở thyristor bị cắt và dòng điện dừng tại điểm qua không kế tiếp của điện áp nguồn.



Hình 2.10. Điện áp và dòng điện khi khởi động mềm theo ramp

Giải thích :

IA – Dòng điện ban đầu khi khởi động trực tiếp.

IS – Dòng điện bắt đầu có ramp điện áp.

In – Dòng điện định mức của động cơ.

$U_{s\rightarrow}$  – Điện áp bắt đầu ramp.

$U_n$  – Điện áp định mức của động cơ.

tr - Thời gian ramp.

n - Tốc độ động cơ.

Nếu phát hiện động cơ đạt tốc độ yêu cầu trước khi hết thời gian đặt của bộ khởi động mềm, điện áp vào lập tức được tăng lên 100% điện áp lưới, đó chính là chức năng phát hiện tăng tốc.

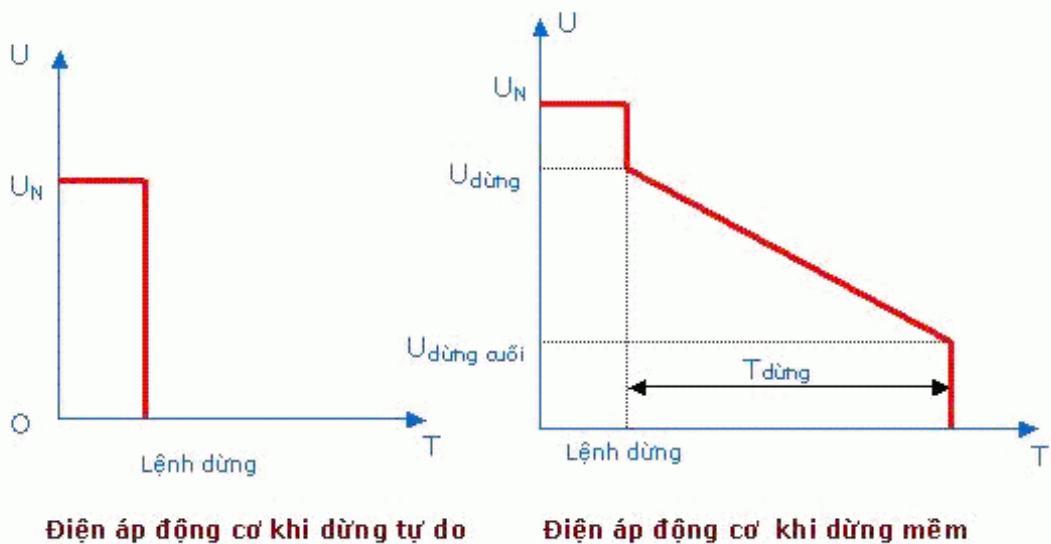
### b. Dừng tự do theo quán tính

Nếu điện áp cấp bị cắt trực tiếp, động cơ chạy theo quán tính cho tới khi dừng trong khoảng thời gian xác định. Thời gian dừng với mômen quán tính nhỏ có thể rất ngắn, cần tránh trường hợp này để phòng sự phá hủy về cơ và sự dừng tải đột ngột không mong muốn.

**c. Dừng mềm**

Không nên cắt trực tiếp các động cơ có mômen quán tính nhỏ như băng truyền, thang máy, máy nâng để đảm bảo không nguy hiểm cho người, thiết bị và sản phẩm.

Nhờ chức năng dừng mềm mà điện áp động cơ được giảm từ từ trong khoảng từ 1 đến 20 giây tùy thuộc vào yêu cầu. Điện áp ban đầu cho dừng mềm  $U_{stop} = 0,9U_n$  và điện áp cuối quá trình vào khoảng 0,85 điện áp ban đầu. Thời gian ramp điện áp tới 1000 giây cùng điện áp đầu và cuối quá trình dừng mềm đặt theo chương trình.



Hình 2.11: Điện áp khi động cơ có dừng tự do và dừng mềm

Như vậy, thực chất dừng mềm là cố ý kéo dài quá trình dừng bằng cách giảm từ từ điện áp nguồn cung cấp vào động cơ. Nếu trong quá trình dừng mà có lệnh khởi động, thì quá trình dừng này lập tức bị huỷ bỏ và động cơ được khởi động trở lại.

**d. Tiết kiệm năng lượng khi non tải**

Nếu động cơ điện vận hành không tải hay non tải, trong trường hợp này khởi động mềm giúp tiết kiệm điện năng nhờ giảm điện áp động cơ tới

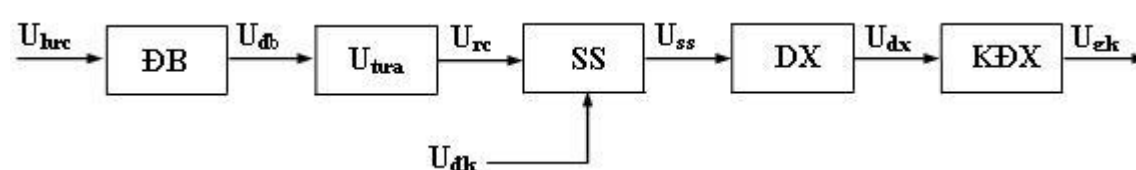
gia trị  $U_0$ , việc giảm điện áp do đó làm giảm dòng điện, dẫn đến giảm bớt cả tổn hao đồng và tổn hao sắt %.

Theo mình biết thì khởi động động cơ có 2 phương pháp là khởi động cứng và khởi động mềm.

- Khởi động cứng là phương pháp thường thấy ở những động cơ có công suất nhỏ (đôi nối sao/tam giác, khởi động bằng điện trở ....). Ưu điểm là rẻ tiền, dễ kiểm tra, đấu nối, bảo trì bảo dưỡng, lắp đặt, hoạt động ổn định, dòng điện còn dạng sin. Nhược điểm là chỉ dùng cho đ/c công suất nhỏ, phạm vi hạn dòng khởi động không rộng, dòng điện khởi động được điều chỉnh có cấp, không trơn.

- Khởi động mềm là phương pháp thường dùng cho đ/c có công suất trung và lớn. Có nhiều cách nhưng chủ yếu nhất là điều áp xoay chiều và biến tần. Ưu điểm là điều chỉnh trơn, phạm vi điều chỉnh rộng, có thể sử dụng dùng mềm, hiện nay với phát triển của điện tử công suất thì giá cũng không cao lắm và hoạt động cũng khá ổn định, có thể dùng kết hợp để điều chỉnh tốc độ động cơ. Nhược điểm là khó thi công, khó bảo trì bảo dưỡng, điện áp và dòng điện sau điều chỉnh không sin hoàn toàn, càng điều chỉnh càng bị méo và biên độ sóng hài cũng cao hơn.

- Với khởi động mềm, nguyên lý điều khiển là điều chỉnh góc mở của van để điều chỉnh dòng điện cung cấp cho đ/c và góc điều chỉnh này giảm dần đến khi góc mở của van = 0 tương ứng với dòng điện cấp cho đ/c là lớn nhất (dùng mềm thì ngược lại). Mình nói sơ về điều áp xoay chiều nhé. sơ đồ điều khiển có 2 nguyên tắc là điều khiển hàng ngang và điều khiển dọc. Điều khiển dọc và cũng là thông dụng nhất theo sơ đồ sau:



Hình 2.12: Sơ đồ chức năng hệ điều khiển cho đ/c mềm

- Với nguyên tắc này, tín hiệu đồng bộ được lấy qua biến áp đồng pha (hoặc opto) để tạo tín hiệu đồng bộ sau đó được điều chế tạo điện áp tựa. Điện áp tựa này được so sánh với mạch tạo điện áp điều khiển (thường được xây dựng trên mạch PI) cho ra điện áp so sánh để làm tín hiệu cho mạch tạo xung đơn (có trường hợp là xung chùm). Xung đơn được tạo ra này là xung quyết định thời điểm mở của van. Nếu dùng điều áp xoay chiều là 6 SCR đấu // ngược thì cần có xung kép do đó có thêm mạch tạo xung kép. Khi có xung kép thì toàn bộ được khuếch đại, qua biến áp xung và điều khiển góc mở của van.

- Sơ lược là vậy, còn về công suất thì với đ/c từ khoảng vài chục k trở lên. Nhưng trong cuộc sống hàng ngày, chính cái dimmer điều chỉnh quạt trần hay đèn cũng là 1 bộ điều áp xoay chiều rồi đó.

#### **2.2.2.2. Các đặc tính**

Các đặc tính tổng quát:

- Khởi động và hãm mềm động cơ theo phương pháp điều khiển mo-men TCS Bảo vệ quá nhiệt cho động cơ
- Bảo vệ cho động cơ khởi qua tải và non tải với ngưỡng bảo vệ và thời gian có thể hiệu chỉnh được, bảo vệ trường hợp Roto bị khoá, điều khiển chiều quay (thứ tự pha)

Đã cài đặt sẵn các tham số ngầm định để có thể khởi động ngay

- Có thể cài đặt thông số theo yêu cầu một cách đơn giản qua màn hình tích hợp sẵn hoặc bằng phần mềm (Powersuite)
- Điều khiển kết hợp Contactor nối tắt khi khởi động xong để tránh tổn hao nhiệt
- Có thể kết nối dạng cấu hình kép (2 động cơ)
- Các ngõ vào/ra đa chức năng
- Có thể khởi động và hãm mềm nhiều động cơ (dạng nối tầng)
- Tích hợp hình thức giao tiếp mạng kiểu Modbus

- Giao tiếp mạng kiểu FIPIO, Profibus DP, DeviceNet, Ethernet.

### **2.3. Đánh giá về khởi động mềm**

Khởi động mềm và tiết kiệm điện năng

Về mặt công nghệ, có thể dễ dàng tích hợp vào khởi động mềm chức năng dịch lui pha của sóng điện áp để tiết kiệm điện năng khi động cơ làm việc ở chế độ nhẹ tải. Tuy nhiên, trên thực tế động cơ có thể tiêu tốn nhiều điện năng hơn khi sử dụng chức năng này.

Chức năng tiết kiệm điện năng của khởi động mềm, nếu có, thực chất là nhằm vào việc cải thiện hiệu suất động cơ. Thực tế chế độ làm việc ảnh hưởng đến phân nửa tổn hao của động cơ, nửa kia là tổn hao cơ (ma sát và thông gió). Như vậy, với động cơ có hiệu suất 95%, điện năng tiết kiệm được tối đa là 2.5%.

Theo kết quả thực nghiệm, để đạt được mức tiết kiệm trên, động cơ phải giảm xuống dưới 50% tải trong ít nhất 25% khoảng thời gian của chu trình làm việc. Những thiết bị cần thiết phải tiết kiệm điện năng như quạt và bơm lại hiếm khi làm việc dưới 80% tải. Trong những ứng dụng này, việc tiết kiệm điện năng thực sự chỉ đạt được bằng cách giảm tốc độ động cơ.

Đối với những ứng dụng khác mà việc tiết kiệm điện năng có thể cần tính đến như máy nén khí và băng tải, chu trình vận hành thường có xu hướng buộc động cơ đột ngột quay lại trạng thái đầy tải. Việc áp toàn mômen tải lên trục động cơ lập tức như vậy có thể làm cho động cơ đang ở trạng thái non kích từ (để tiết kiệm điện năng) hút dòng lớn trong quá trình phục hồi mômen điện từ. Do đó, một phần hoặc tất cả điện năng được tiết kiệm trong lúc non tải sẽ tiêu hao trong quá trình quá độ này.

Ngoài ra, để chức năng tiết kiệm điện năng hoạt động, chúng ta không thể sử dụng công tắc tơ nối tắt phần điện tử công suất trong khởi động mềm và do đó chịu thêm tổn hao và ảnh hưởng của hòa tần bậc cao. Thông thường

khởi động mềm tiêu tán 3 watt cho mỗi ampe của dòng động cơ và cần phải trừ đi tổn hao này từ phần điện năng tiết kiệm được khi tính hiệu quả thực.

Như vậy, mặc dù nhiều nhà sản xuất giới thiệu chức năng tiết kiệm điện năng của khởi động mềm, thực tế rất khó đánh giá và hiệu quả kinh tế khi đưa vào vận hành vẫn cần xem xét lại.

## **2.4. Một số loại khởi động mềm**

### **a. Một số loại khởi động mềm**



Hình 2.13. Bộ khởi động mềm PSR

### **b. Khởi động mềm loại PSR**

Khởi động mềm loại PSR cho motor từ 3 đến 105 A

- Dòng định mức 3,9 đến 45A
- 1,5 đến 55kW tại 400 V.
- Điện áp motor 208 đến 600 V.
- Điện áp điều khiển 24 V DC hoặc 100 đến 240 V AC.
- Kết hợp Contactor By-pass.
- Công suất động cơ :
  - 1 pha 230V : 0,75kW-11kW.
  - 3pha 400V : 1,5kW-22kW.
  - 500V : 2,2kW-30kW.
- Khởi động và dừng mềm với khoảng điều chỉnh Start Ram :  
1...10s Stop Ram : 0...20s.

- Thực hiện 10 lần khởi động/giờ và 20 lần/giờ nếu có quạt làm mát.
- Cấp bảo vệ IP20.
- Dễ dàng lắp đặt và điều chỉnh.
- Lắp tay vis hay trên DIN rail.



Hình 2.14. Bộ khởi động mềm PSR

**c. Khởi động mềm loại PSS**

- Giải điện áp rộng 208-690 V AC.
- Điện áp điều khiển 100-120 và 220-240 V AC.
- Dòng làm việc 18...300 A (trực tiếp) và 30...515A (sao-tam giác).
- Có thể sử dụng khởi động trực tiếp hay sao-tam giác.
- Bao gồm chức năng đặt điện áp khởi động, thời gian khởi động, thời gian dừng.
- Chức năng cài đặt giới hạn dòng.



Hình 2.15. Bộ khởi động mềm Altistar



**d. Khởi động mềm ATS48 soft starter Altistar 48**

Với giải pháp điều khiển mô-men TCS được cấp bằng phát minh độc quyền, Altistart 48 là một giải pháp lý tưởng cho một hệ thống máy yêu cầu khả năng điều khiển hoàn hảo quá trình khởi động và hãm, đặc biệt cho hệ thống máy bơm và máy quạt. Altistart 48 hạn chế tổn hao năng lượng và giảm sự phát nóng của động cơ. Ngoài ra Altistart 48 còn dễ dàng tích hợp vào các hệ thống tự động hoá.

Cho các ứng dụng trong dãy công suất từ 4 đến 1200kW

- Bộ khởi động và dừng mềm, từ 17A đến 1200A
  - Tích hợp nhiều chức năng và giao thức truyền thông
  - Điện áp cung cấp: 220 đến 415VAC
    - Hệ thống máy bơm
    - Hệ thống máy quạt và các loại máy có quán tính lớn
    - Máy nén khí
    - Băng chuyền
    - Các đặc tính tổng quát
    - Khởi động và hãm mềm động cơ theo phương pháp điều khiển mô-men TCS
      - \* Bảo vệ quá nhiệt cho động cơ
    - Bảo vệ cho động cơ khởi qua tải và non tải với ngưỡng bảo vệ và thời gian có thể hiệu chỉnh được, bảo vệ trường hợp Roto bị khoá, điều khiển chiều quay (thứ tự pha)
    - Đã cài đặt sẵn các tham số ngầm định để có thể khởi động ngay
      - \* Có thể cài đặt thông số theo yêu cầu một cách đơn giản qua màn hình tích hợp sẵn hoặc bằng phần mềm (Powersuite)
    - Điều khiển kết hợp Contactor nối tắt khi khởi động xong để tránh tổn hao nhiệt
- Có thể kết nối dạng cấu hình kép (2 động cơ)
- Các ngõ vào/ra đa chức năng
  - Có thể khởi động và hãm mềm nhiều động cơ (dạng nối tầng)
  - Tích hợp hình thức giao tiếp mạng kiểu Modbus

- Giao tiếp mạng kiểu FIPIO, Profibus DP, DeviceNet, Ethernet.

### **Ứng dụng:**

Hệ thống máy bơm

- Khử bỏ các hiện tượng quá áp suất và áp lực tác động lên hệ thống  
Bảo vệ chống vận hành khô (không tải), mất pha, đảo thứ tự pha hoặc ngay cả trong trường hợp hiện tượng Roto bị kẹt
- Giảm sự phát nóng động cơ: tự động chuyển sang chế độ dừng tự nhiên khi lưu lượng bơm giảm xuống mức thấp

### **Hệ thống máy quạt và máy có quán tính lớn**

- Khởi động mềm, giảm độ căng của giầy xích truyền động hoặc hiện tượng trượt dây cua-roa
- Hạn chế hiện tượng quá dòng và sụt áp lúc khởi động
- Nhận biết được trường hợp Roto quay ngược để có quá trình khởi động thích hợp
- Tạo mô-men hãm khi hãm dừng



Hình 2.16. Bộ khởi động mềm công suất lớn

### **e. Khởi động mềm loại PSS**

- Dòng định mức : 3A-515A.

- Công suất động cơ :
  - 3 pha 400V : 7,5kW-257kW.
  - 500V : 11kW-355kW.
- Công suất động cơ :
  - 3 pha 400V : 160kW.
  - 500V : 200kW.
  - 690V : 15kW-400kW.
  - Dòng định mức : 18A-515A.
- Điện áp cấp : 110-120V hoặc 220-240V , 50-60Hz.
- Tiếp điểm phụ : 1NO.
- Khởi động và dừng mềm :
  - Có by-pass công tắc tơ.
  - Cấp bảo vệ IP20



Hình 2.17. Bộ khởi động mềm công suất lớn

**f. Khởi động mềm loại PST30...300 , PSTB370...1050**

- Khởi động mềm loại PST được thiết kế với kỹ thuật tiên tiến nhất cho việc khởi động và dừng mềm động cơ. Khởi động mềm PST có chức

năng bảo vệ động cơ cao cấp và tiêu chuẩn. Bốn phím nhấn với cấu trúc menu logic giúp dễ dàng trong lắp đặt, vận hành và sử dụng.

- Khởi động mềm loại PST có thể sử dụng trực tiếp hay sử dụng contactor By-pass.
- Loại lớn PSTB370 ... PSTB1050 (200...560kW) đã được tích hợp sẵn contactor By-pass bên trong.

## **2.5. CÁC KHÁI NIỆM VỀ CÔNG SUẤT KHỞI ĐỘNG MỀM**

Công suất cực đại của khởi động mềm được tính toán sao cho nhiệt độ của linh kiện công suất (SCR) không vượt quá  $125^{\circ}$ . Năm thông số hoạt động tác động đến nhiệt độ của SCR là cường độ dòng điện của motor, dòng điện khởi động, thời gian khởi động, số lần khởi động trong một thời gian, thời gian tắt. Công suất hiệu dụng của khởi động mềm phải được xem xét dựa trên tất cả các yếu tố này. Bản thân chỉ một yếu tố về cường độ dòng điện không thể hiện được đầy đủ khả năng của khởi động mềm.

Tiêu chuẩn IEC 60947-4-2 mô tả loại khởi động mềm AC53. Có hai loại AC53 như sau:

1. AC53a : Đối với khởi động mềm sử dụng không có công tắc mạch vòng (bypass). Ví dụ, AC53a sau mô tả một khởi động mềm có khả năng cung cấp một dòng điện cường độ 256A và dòng khởi động  $4.5 \times \text{FLC}$  (dòng điện đầy tải) trong 30s, mười lần khởi động trong 1 giờ khi motor chạy 70% của mỗi chu kỳ hoạt động (chu kỳ hoạt động = 60 phút/ số lần khởi động trong 01 giờ).

- Cường độ dòng điện định mức : cường độ dòng điện định mức cực đại khi đầy tải của motor khi kết nối với khởi động mềm được cho theo các thông số quy định trong mã AC53a.
- Dòng điện khởi động : dòng điện khởi động cực đại.

- Thời gian khởi động : thời gian motor tăng tốc.
- Chu kỳ tải: phần trăm của mỗi chu kỳ hoạt động của khởi động mềm.
- Số lần khởi động trong một giờ: số chu kỳ hoạt động trong một giờ

2. AC53b: Đối với các loại khởi động mềm sử dụng công tắc bypass. Ví dụ: mã số AC53b mô tả một khởi động mềm có khả năng bypass, cung cấp một dòng điện 145A và dòng khởi động 4.5xPLC trong 30s với một khoảng thời gian tối thiểu 570s giữa thời điểm cuối của lần khởi động trước và thời điểm đầu tiên của lần khởi động kế tiếp.

Tổng kết, một khởi động mềm có nhiều cấp cường độ dòng điện hoạt động khác nhau. Các cấp cường độ dòng điện khác nhau tùy thuộc vào dòng khởi động các tính năng yêu cầu trong từng trường hợp cụ thể. Để có thể so sánh được cấp cường độ dòng điện của các khởi động mềm khác nhau điều cần chú ý là phải bảo đảm các thông số hoạt động khác giống nhau.

Lựa chọn loại khởi động mềm chú ý để có thể hiểu được quá trình chọn lựa khởi động mềm điều quan trọng là phải có một kiến thức ban đầu về cấp độ hoạt động của khởi động mềm. Lựa chọn khởi động mềm có thể được thực hiện theo hai quy trình sau. Quy trình phổ biến nhất là tùy từng trường hợp cụ thể của từng ứng dụng khác nhau và cùng với sự tham vấn của nhà cung cấp.

## **Chương 3 : Thiết kế khởi động cho 2 động cơ công suất 775kw sử dụng khởi động mềm MCD 3315 hãng danfoss**

### **3.1 Giới thiệu chung về hãng danfoss**

Với truyền thống, kinh nghiệm hơn 40 năm và phương châm "Không ngừng hiện đại hoá cuộc sống", uy tín và chất lượng sản phẩm của Danfoss đã được tin cậy ứng dụng rộng rãi trong hầu hết các ngành công nghiệp và dân dụng. Danfos sở hữu các công nghệ tiên phong như: thiết bị điều khiển thông minh hệ thống lạnh, khởi động mềm, bộ biến tần, máy nén gas lạnh không CFC và các bộ điều nhiệt thiết bị lạnh gia dụng. TĐHNN giới thiệu với bạn đọc về sản phẩm nổi tiếng nhất của Danfoss cùng những ứng dụng mới của nó trong đời sống, đó là Biến tần.



Hình 3.1. Bộ khởi động mềm công suất lớn lắp đặt với động cơ

Vì sao biến tần được ứng dụng rộng rãi?

Trước hết ta điem qua những hệ thống công nghiệp, nơi biến tần được đưa vào ứng dụng những năm gần đây. Hệ thống băng chuyền, băng tải, cầu

trục,... hệ thống điều hoà không khí sử dụng cho: bơm, quạt, tháp giải nhiệt, máy nén, máy thổi khí, hệ chiller,... hệ thống cung cấp nước, xử lý nước thải sử dụng cho bơm cấp nước, bơm điều áp,... hệ thống tự động như chế biến thực phẩm, nước giải khát như: máy trộn, máy khuấy, máy nghiền,... hệ thống điều khiển động cơ thông minh theo nhu cầu lưu lượng, áp suất thực tế...

Biến tần được đánh giá là một công nghệ tiên tiến, mang lại những thay đổi lớn trong các ngành công nghiệp thế kỷ XX. Biến tần đã được ứng dụng rộng rãi trên thế giới, dù mới được đưa vào Việt Nam trong một vài năm gần đây nhưng nó đã được các nhà sản xuất công nghiệp ưa chuộng, coi như giải pháp không thể thiếu trong quá trình đổi mới công nghệ hoặc đầu tư mới hệ thống trang thiết bị. Với đặc tính khởi động mềm, dòng khởi động thấp, điều khiển vô cấp tốc độ động cơ, giúp hệ thống khởi động dễ dàng, không va đập, không gây sụt áp lưới điện, giảm sự mài mòn, hỏng hóc, bảo vệ động cơ, dây chuyền, thiết bị và đặc biệt là tiết kiệm điện, biến tần không chỉ giúp tăng tuổi thọ thiết bị mà còn giảm ảnh hưởng đến lưới điện, có thể điều khiển tối ưu theo đúng nhu cầu tiêu thụ, cho phép tiết kiệm điện năng rất lớn.

Nguyên lý hoạt động cơ bản của biến tần

Nguyên lý làm việc của bộ biến tần cũng khá đơn giản. Đầu tiên, nguồn điện xoay chiều một pha hay ba pha được chỉnh lưu và lọc thành nguồn một chiều bằng phẳng. Điện áp một chiều này lại được biến đổi thành điện áp xoay chiều ba pha đối xứng thông qua hệ IGBT (transistor lưỡng cực có cổng cách ly) bằng phương pháp điều chế độ rộng xung (PWM). Nhờ tiến bộ của công nghệ vi xử lý và công nghệ bán dẫn lực hiện nay, tần số chuyển mạch xung có thể lên tới dải tần số siêu âm nhằm giảm giảm sóng hài bậc cao và giảm tổn thất trên lõi sắt động cơ. Hệ thống điện áp xoay chiều ba pha ở đầu ra có thể thay đổi giá trị biên độ và tần số vô cấp tùy theo chế độ điều khiển. Theo lý thuyết, giữa tần số và điện áp có một quy luật nhất định tùy theo chế độ điều

khởi động. Đối với tải có momen không đổi, tỉ số điện áp tần số là không đổi. Tuy vậy với tải bơm và quạt, quy luật điều chỉnh tần số là rất phù hợp. Bộ biến tần làm việc theo nguyên tắc thay đổi tần số (cùng với thay đổi điện áp) nên luôn đảm bảo momen khởi động đủ vượt tải ngay cả khi ở tốc độ rất thấp. Chính vì vậy, không làm sụt áp lưới khi khởi động, đảm bảo các ứng dụng khác không bị ảnh hưởng.

Bản chất tiết kiệm điện năng khi sử dụng biến tần là do đặc tính khởi động của biến tần cho phép khống chế dòng khởi động hợp lý của động cơ, do đó tiết kiệm điện năng khi khởi động. Với những ứng dụng đặc tính tải thay đổi, như băng tải, khi đầy tải, khi non tải. Biến tần điều chỉnh tốc độ động cơ cho phù hợp với yêu cầu tải thực tế, tối ưu được việc sử dụng điện năng.

Những đặc tính ưu việt của biến tần Danfoss

Biến tần Danfoss được sản xuất đầu tiên năm 1968, đến nay đã trở thành một thương hiệu nổi tiếng toàn cầu và được chứng minh về chất lượng. Biến tần DANFOSS đáp ứng được dải công suất rộng, đặc tính momen thay đổi cũng như cố định, phù hợp với tất cả các loại động cơ điện trong công nghiệp.

Những thế hệ

mới nhất của biến tần Danfoss ngày nay mang nhiều tính năng mới thông minh, linh hoạt, thân thiện, có độ tin cậy cao và đặc biệt, theo ngôn ngữ của Danfoss thì họ đã "tạo cho biến tần hoạt động đơn giản như trò chơi Lego của trẻ con".





Hình 3.2. Cấu trúc bên trong bộ khởi động mềm

Mới đây nhất, ngày 17/12/2010, tại Hà Nội, Danfoss đã tổ chức giới thiệu những thế hệ biết tần mới nhất với hàng loạt những tính năng mới và ưu việt, đáp ứng gần như mọi yêu cầu của sản xuất công nghiệp hiện đại.

1 Dây công suất rộng đến 1400kW, có thể sử dụng cho hầu hết các chủng loại thiết bị điện trong các mỏ hầm lò, lộ thiên và các nhà máy sàng tuyển than, cũng như trong các công trình công nghiệp nặng khác. Điện áp sử dụng 3 x 200-690V.

- Cấp bảo vệ từ IP00 đến IP66 (phù hợp với điều kiện vận hành trong các môi trường khắc nghiệt nhất, có thể đặt ngoài trời).

- Sở hữu những tính năng thông minh như dừng khẩn cấp, tự động điều chỉnh động cơ, tự động phân tích đặc tính, tích hợp sẵn bộ điều khiển logic thông minh, dễ dàng lập trình hoặc gỡ bỏ, ngôn ngữ dễ sử dụng (có 8 ngôn ngữ được tích hợp sẵn và 27 ngôn ngữ có thể nạp vào thông qua máy tính).

- Có công cụ phần mềm hỗ trợ cho PC, có thể thực hiện nhiều công việc như Explorer, lập trình tùy chọn, có chức năng oscilloscope, có thể lập trình khi máy đang chạy

## ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

- Nguyên lý làm việc Chủ - Tớ chính xác và có thể tạo cơ cấu đồng bộ tốc độ. Đảm bảo độ dừng chính xác, khởi động và dừng êm, không bị giật, có chức năng dự báo tải, tải nhỏ thì tăng tốc giúp tăng năng suất (ứng dụng tính năng này với các trường hợp cầu trục, tời và thang máy).
- Được tích hợp hệ thống sao lưu động năng, không bị ngắt quãng hoạt động trong quá trình sản xuất, dừng đồng bộ trong trường hợp nguồn điện bị sự cố giúp giảm thiểu rủi ro hư hại nguyên vật liệu và máy móc thiết bị.
- Tương thích với bất kỳ loại động cơ hay ứng dụng nào, ứng dụng công nghệ plug-and-play thông minh, giao diện trực giác hoàn chỉnh, các thông số được quản lý theo trình tự dễ hiểu.
- Hiện thị tới 5 thông số cơ bản dưới nhiều dạng dữ liệu, ký hiệu, đồ thị, biểu tượng quốc tế.
- Sử dụng 5 loại menu để cài đặt và hiển thị theo yêu cầu, có thể lưu lại 10 lỗi gần nhất giúp khâu khắc phục sự cố tìm hiểu nguyên nhân.
- Thiết kế thân thiện với người sử dụng, dễ dàng lắp đặt, cài đặt và vận hành, phù hợp với mọi trình độ quản lý vận hành của công nhân trực tiếp sản xuất. Có thể lắp cạnh nhau, thuận tiện cho việc thiết kế lắp đặt và phù hợp với các khoảng không gian tối thiểu có sẵn, không làm thay đổi kết cấu lớn.
- Được thiết kế có bộ lọc sóng hài, đáp ứng tiêu chuẩn EN 61000-3-2/3-12, tích hợp bên trong bộ lọc DC, có thể sử dụng lắp đặt ở bất kỳ nơi nào, không gây ảnh hưởng đến điều kiện làm việc của các loại thiết bị điện tử tin học, viễn thông khác trong dây chuyền sản xuất.
- Có chế độ tự động cập nhật thông số động cơ AMA nhằm tối ưu hoạt động của hệ thống. Có bộ điều khiển PID. Có chế độ Sleep mode cho phép tiết kiệm năng lượng. Các chân vào/ra kỹ thuật số, vào/ra tương tự với chức năng

lập trình được. Giao thức truyền thông nối tiếp RS485, cho phép truyền thông với PLC hoặc máy tính.

- Có đủ các chức năng bảo vệ cần thiết: Bảo vệ quá nhiệt động cơ bằng điện tử chống quá tải. Giám sát nhiệt độ của bộ tản nhiệt nhằm bảo vệ khi nhiệt độ bộ tản nhiệt tăng tới 800C. Bảo vệ ngắn mạch trên động cơ. Bảo vệ chạm đất, chạm vỏ động cơ. Giám sát mạch trung gian nhằm bảo vệ điện áp DC quá cao hoặc quá thấp. Bảo vệ mất pha động cơ. Bảo vệ mất pha nguồn.

- Ngoài ra các bộ biến tần thế hệ mới còn được tích hợp những tính năng quản lý nhiệt thông minh, có thể chịu nhiệt độ môi trường cao, không cần chọn biến tần lớn hơn tải, giúp tiết kiệm chi phí.

- Biến tần Danfoss ứng dụng được cho tất cả các nguồn điện với dịch vụ đồng nhất trên toàn cầu, dễ dàng đặt hàng và phụ tùng với phương châm "một chủng loại biến tần cho tất cả các vùng lãnh thổ".

- Biến tần công suất lớn và các giải pháp cho sóng hài

- Giảm nhẹ sóng hài cho biến tần là một biện pháp kỹ thuật được đặc biệt quan tâm, nhất là khi sử dụng biến tần trong các môi trường có nhiễu. Danfoss bằng những nỗ lực cải tiến công nghệ đã thu được thành công trong việc thiết kế các chủng loại thiết bị này.

- Biến tần công suất lớn (HPD) là loại biến tần trong dải từ 90kW đến 1.2MW quá tải cao (150%, 60 sec); 110kW đến 1.4MW quá tải thường (110%, 60 sec). Điện áp 380V - 690V, 50 / 60 Hz . Danfoss cung cấp các loại sau:

VLT® AutomationDrive; VLT® AQUA Drive và VLT® HVAC Drive. HPD có chung nền tảng phần cứng, tuy dãy công suất khác nhưng đặc tính phần mềm & các tùy chọn ứng dụng giống như dãy công suất nhỏ.

Khi thiết kế HPD, Danfoss đặc biệt cân nhắc các giải pháp chống nhiễu, giao

diện với hệ thống, tích hợp tùy chọn biết bị đóng cắt nguồn chính, hiệu suất, bảo vệ xâm hại vào trong và giải nhiệt, bảo vệ ăn mòn bảng mạch PCB và các chi phí lắp đặt, vận hành và bảo trì, chiều dài cáp động cơ, chủng loại và tiết diện dây, tuổi thọ động cơ...

HPD cũng như các biến tần công suất thấp, hiển thị đồ họa & chữ số thân thiện với người sử dụng, các ngõ vào/ra tiêu chuẩn linh hoạt để phù hợp nhất với giao diện hệ thống. HPD được thiết kế với hiệu suất cao (>98%) với thế hệ IGBTs mới nhất với tổn thất chuyển mạch thấp hơn, tối ưu hoá tần số chuyển mạch, loại bỏ các cuộn cảm chia tải ngõ ra (các cuộn cảm trên DC-link tổn thất thấp hơn cuộn cảm AC), tổn thất <2%.

HPD được thiết kế chống nước, bụi, các chất khí ăn mòn và nhiệt có thể ảnh hưởng đến độ tin cậy và tuổi thọ của biến tần, có thể bảo vệ sự xâm nhập của các chất gây ô nhiễm và kênh làm mát được tách biệt phía sau. Hai luồng không khí làm mát sử dụng quạt riêng biệt & ống dẫn trên mỗi phần điện chính, không khí dẫn vào và ra theo phía sau, 85% nhiệt tỏa ra bởi biến tần được truyền tản ra phía sau. Do đó chi phí giải nhiệt cho tủ điều khiển thấp hơn, các chất khí gây ô nhiễm ít xâm nhập vào, giảm bảo trì, tuổi thọ biến tần tăng đáng kể, chu kỳ bảo dưỡng dài hơn.

HPD được tích hợp sẵn bảo vệ quá/thấp áp, mất cân bằng và mất pha (tự động giảm tải khi mất pha). Dây dòng cắt lỗi ngắn mạch cao, khả năng chịu dòng ngắn mạch đến 100kA mà không cần thêm cuộn kháng đầu vào.

Các loại nhiễu thông thường gồm: nhiễu điện từ, nhiễu tần số Radio và nhiễu do sóng hài. HPD của Danfoss sử dụng các kỹ thuật giảm nhẹ sóng hài bằng cách tích hợp sẵn các cuộn cảm AC (DC đã tích hợp sẵn), tích hợp bộ lọc chủ động độc lập AAF005 hoặc sử dụng biến thể lệch pha bên ngoài, lắp thêm tùy chọn thụ động...

Các kỹ thuật giảm nhẹ sóng hài cho biến tần gồm: Lọc thụ động (sử dụng hoặc DC-Inductors, AC-Inductors, chỉnh lưu 12-pulse hay Advanced Harmonic Filters - AHF và lọc chủ động (sử dụng hoặc Active filter - AAF, Low Harmonic Drive (LHD) hay Active Front End with PWM-rectifier - AFE).

Các cuộn cảm AC và DC giúp nạp thêm điện kháng cảm ứng vào trong mạch điện. Điện kháng cảm ứng được nạp vào làm giảm tổng điện kháng gây ra bởi bộ chỉnh lưu và các tụ điện DC. Hệ số chuyển đổi công suất hoặc  $\cos\Phi \approx 1$ . Điện kháng nạp vào này cũng làm giảm méo bởi lệch pha dòng hài. Tất cả các biến tần Danfoss đều được lắp sẵn cuộn kháng DC trong mạch trung gian. Lý do cần cuộn kháng DC là do sụt áp nhỏ hơn cuộn kháng AC và giúp kéo dài tuổi thọ của tụ DC, đồng thời tạo đặc tính tốt hơn cho điều khiển động cơ, kích thước cũng nhỏ hơn cuộn kháng AC. Sử dụng cuộn kháng DC cho biến tần sẽ tăng tuổi thọ và nâng cao hiệu suất.

Trong quá trình sản xuất, việc điều chỉnh tần số của lưới điện là điều không thể được, nên cho đến nay tại các xí nghiệp, nhà máy thường sử dụng biến tần để điều khiển các hệ thống động cơ. Hiệu quả kinh tế cao khi sử dụng biến tần đã khiến giải pháp công nghệ này được ứng dụng mạnh mẽ và thu hút được sự quan tâm đặc biệt của các nhà quản lý công nghệ .

### **3.2 Thiết kế khởi động cho 2 động cơ công suất 775kW**

#### **3.2.1 Đề suất sơ đồ hệ thống**

Để thực hiện mục đích sử dụng một bộ khởi động mềm cho hai động cơ cần một số các thiết bị động lực và điều khiển để xây dựng hệ thống cụ thể.

Sơ đồ đề xuất như hình 3.1

- Nguyên lý hoạt động :

+ Khởi động động cơ P1 :

Bước 1: Mở cầu dao Q1 & Q10, công tắc tơ K20, K21, K22 phải mở

Bước 2: thao tác đóng Q<sub>1</sub>, Q<sub>10</sub>

Bước 3: ấn nút để đóng K<sub>10</sub>, K<sub>12</sub>.

Bước 4: điều khiển cho động cơ mềm hoạt động để khởi động cho động cơ. bộ khởi động mềm sẽ tự khởi động khi quá trình khởi động kết thúc thành công thì tiến hành thao tác tiếp theo.

Bước 5: đóng công tắc tơ K<sub>11</sub>.

Bước 6: Mở 2 công tắc tơ K<sub>10</sub> & K<sub>12</sub> động cơ trực tiếp làm việc với lưới. Đồng hồ ampe chỉ giá trị dòng của động cơ

+ Khởi động động cơ P<sub>2</sub> :

Sau khi P<sub>1</sub> khởi động xong các công tắc tơ K<sub>10</sub> & K<sub>12</sub> đã được mở nếu P<sub>2</sub> có nhu cầu khởi động thì ta sẽ tiến hành theo các bước sau :

Bước 1: Đóng Q<sub>2</sub> & Q<sub>20</sub>.

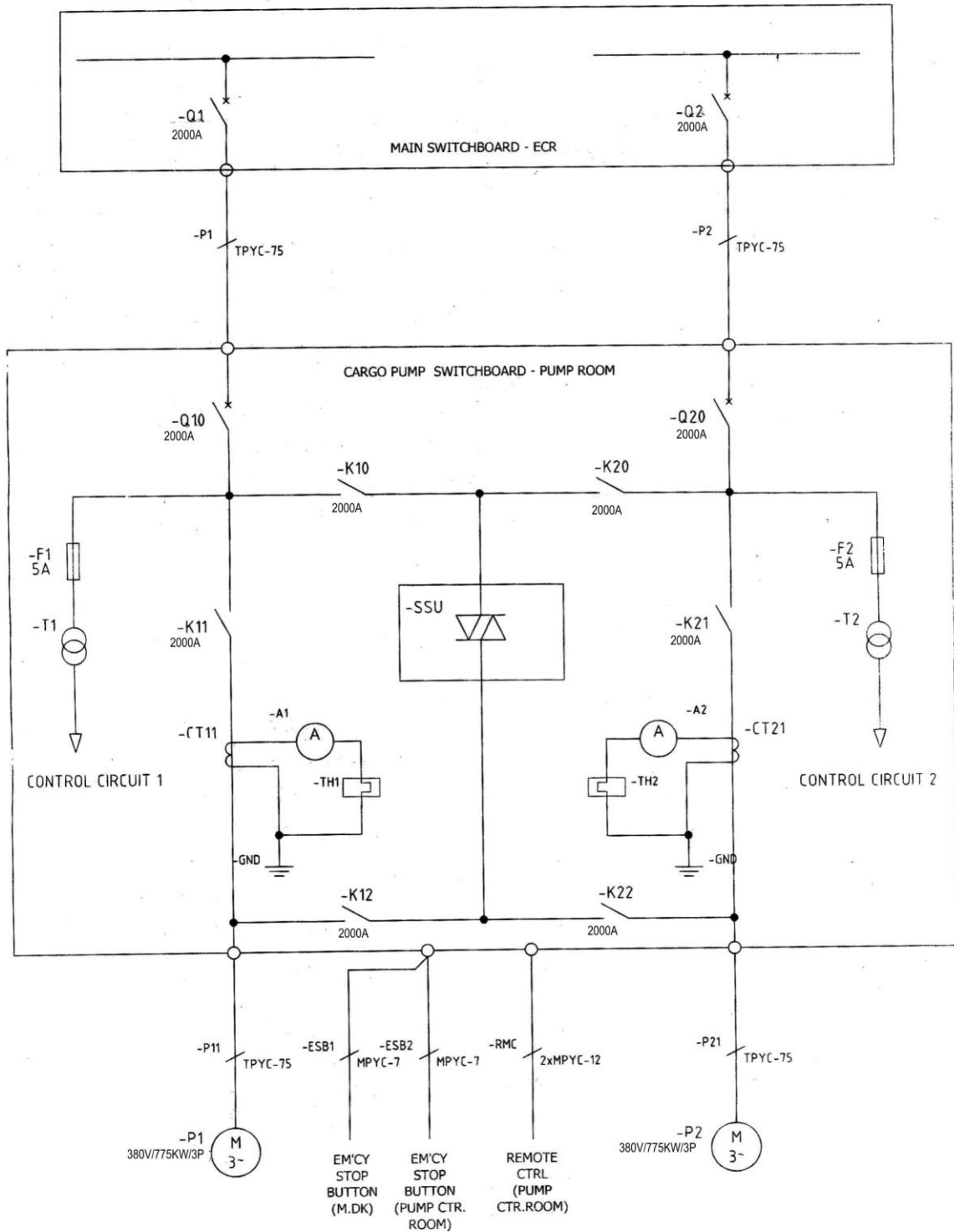
Bước 2: Mở công tắc tơ K<sub>21</sub>, đóng công tắc tơ K<sub>20</sub> & K<sub>22</sub>.

Bước 3: Ấn nút KĐM hoạt động. KĐM sẽ tự khởi động động cơ theo chương trình.

Bước 4: Điều khiển đóng công tắc tơ K<sub>21</sub>

Bước 5: Mở công tắc tơ K<sub>20</sub> & K<sub>22</sub>. Động cơ làm việc với lưới. đồng hồ ampe chỉ giá trị dòng của động cơ.

**ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP**



Hình 3.1

Sơ đồ mạch động lực một bộ khởi động mềm làm việc với 2 động cơ  
 Trong đó :

-  $P_1, P_2$  là hai động cơ công suất 775kW hai động cơ không đồng bộ xoay chiều ba pha điện áp 380 (V) tần số 50 (Hz)

- SSU là bộ khởi động mềm

$Q_1, Q_2$  là các Aptomat CB trên bảng điện chính

$$P = \sqrt{3}UI \cos \varphi \quad (3.1)$$

$$\rightarrow I = \frac{P}{\sqrt{3} \cos \varphi U} = \frac{775000}{\sqrt{3} \cdot 0,8 \cdot 380} = 1437 \text{ (A)}$$

- Chọn  $Q_{10} = 2000 \text{ (A)}$

-  $Q_{10}, Q_{20}$  là hai Aptomat CB

-  $K_{10}, K_{20}, K_{11}, K_{21}, K_{12}, K_{22}$  là các công tắc tơ

-  $A_1, A_2$  là hai đồng hồ ampe đo dòng điện

-  $TH_1, TH_2$  là rơle nhiệt bảo vệ quá tải

-  $CT_{11}, CT_{21}$  là hai biến dòng

-  $T_1, T_2$  là hai biến áp cấp nguồn cho mạch điều khiển ngoài ra còn một số linh kiện phụ tải như cầu chì  $F_1, F_2$  các nút ấn điều khiển Stop, Ctrl...

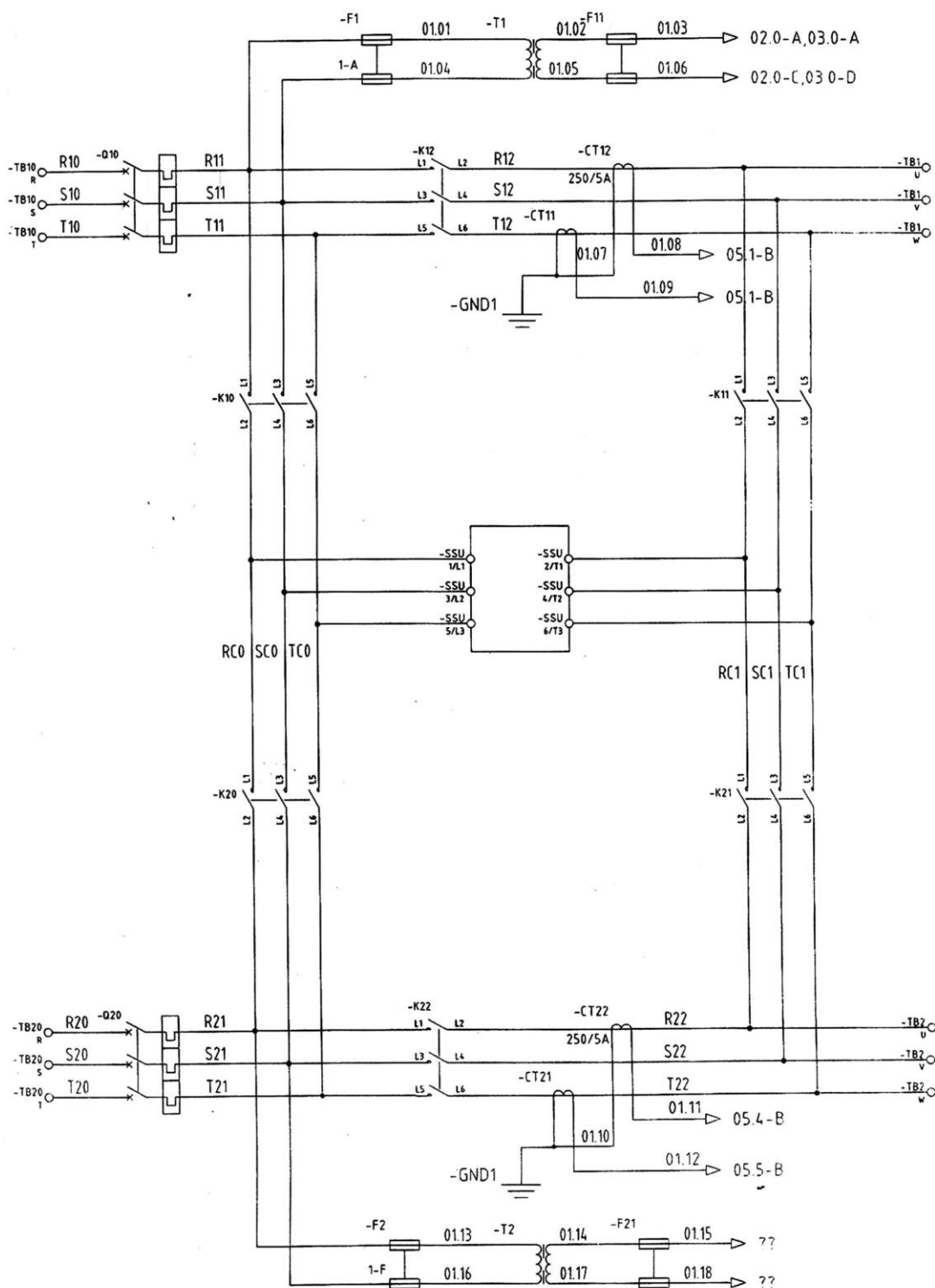
Hình 3.2. là sơ đồ ba dây của hệ thống khởi động một bộ khởi động mềm hai động cơ.

### **3.2.2. Thiết kế mạch động lực**

Sơ đồ hình 3.2. trình bày mạch động lực 3 dây với một bộ khởi động mềm làm việc với 2 động cơ



## ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP



Hình 3.2

Sơ đồ mạch 3 dây hai động cơ làm việc với một biến tần

### 3.2.3. Tính chọn mạch động lực

$$\text{- Tính chọn Aptomat CB} = 1.5 I = 1.5.1437 = 2155(\text{A}) \quad (3.2)$$

Chọn  $Q_{10}, Q_{20} = Q_1; Q_2 = 2000(A)$

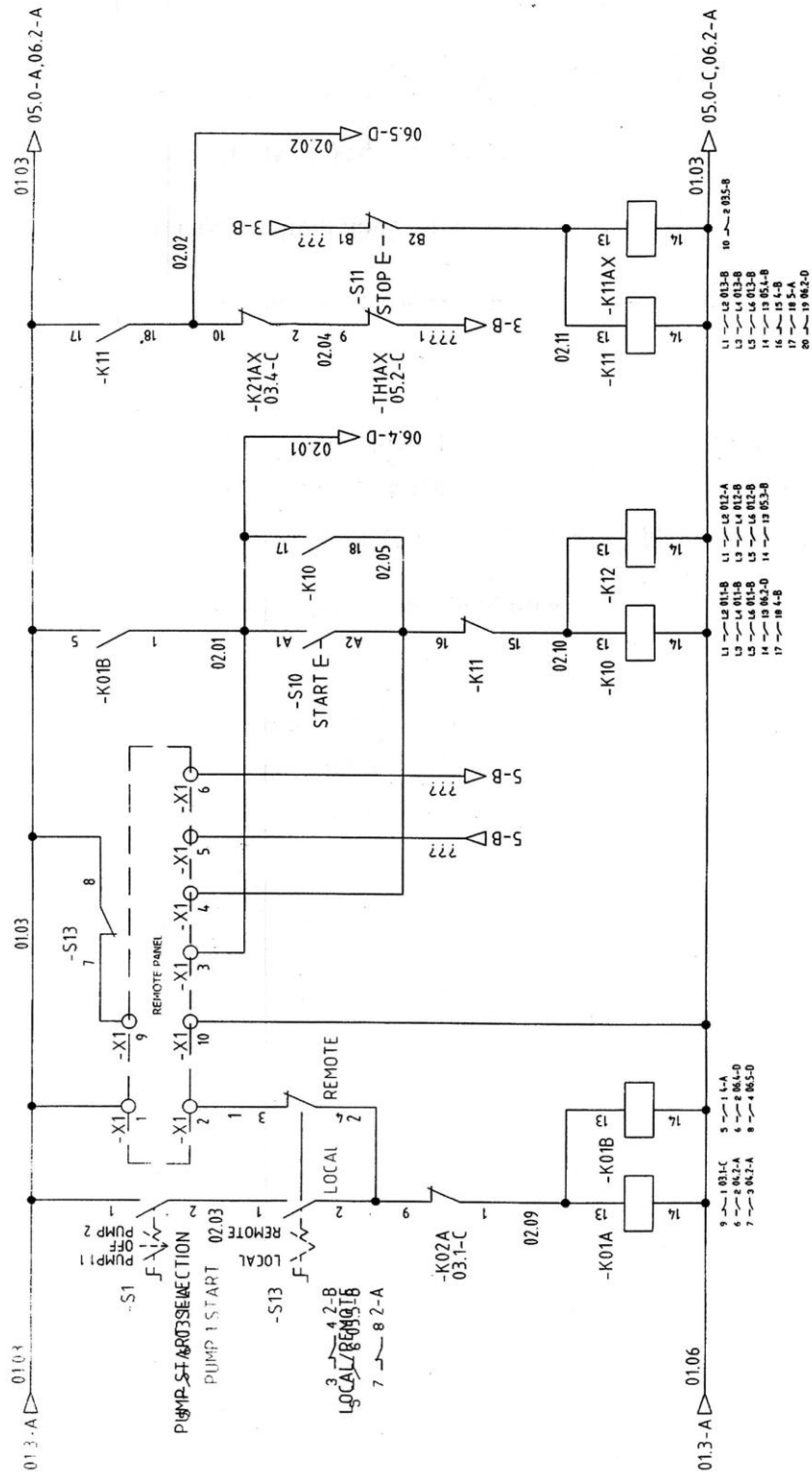
Chọn cáp :  $I_{max} = S/\sqrt{3}.U_{dm} = P/3.U_{dm} = 775/3.380 = 1501(A)$  (3.3)

$$F_{kt} = 1501/3.1 = 484 \text{ mm}^2$$

Chọn cáp đồng có tiết diện  $500\text{mm}^2$

### 3.2.4. Thiết kế mạch điều khiển

- Sơ đồ hình 3.3. là sơ đồ mạch điều khiển cho bơm số một.
- Trong đó  $K_{10a}, K_{01b}$  là rơ le đóng điều khiển cho các động công tắc tơ  $K_{10}, K_{12}$
- $K_{10}, K_{12}$  : Là công tắc tơ
- $K_{11}, K_{1ax}$  : Là rơle điều khiển cho các công tắc tơ  $K_{10}, K_{12}$
- Các công tắc lựa chọn  $S_1, S_{13}$ 
  - $S_1$  : Là điều khiển chọn bơm có thể chọn bơm số 1 hoặc số 2 tùy ý chọn bằng tay.
  - $S_{13}$  : Là công tắc lựa chọn vị trí điều khiển có thể chọn vị trí điều khiển tại chỗ, hoặc từ xa.
- Remote panel : Là khối điều khiển từ xa.
- $S_{10}$  : là nút khởi động
- $S_{11}$  : là nút stop

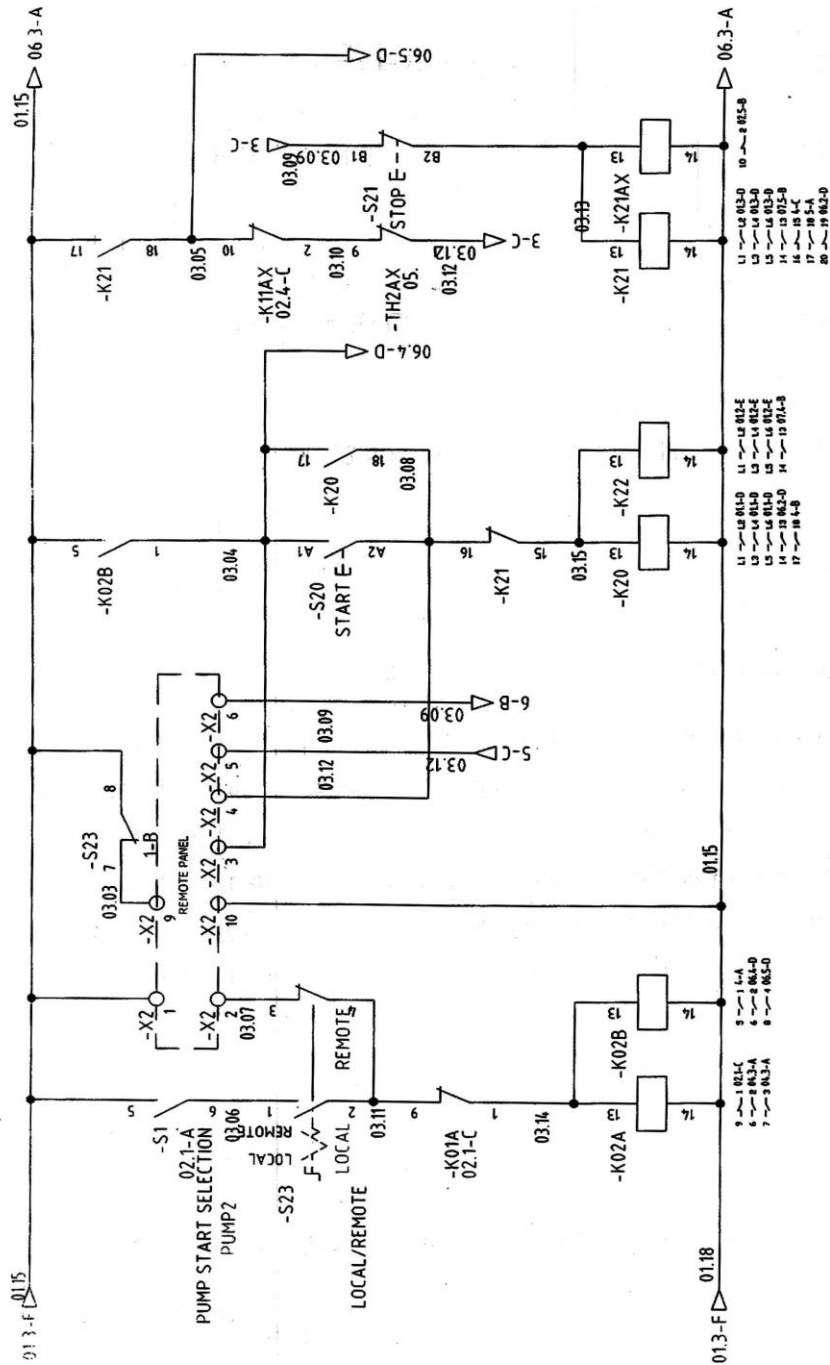


Hình 3.3

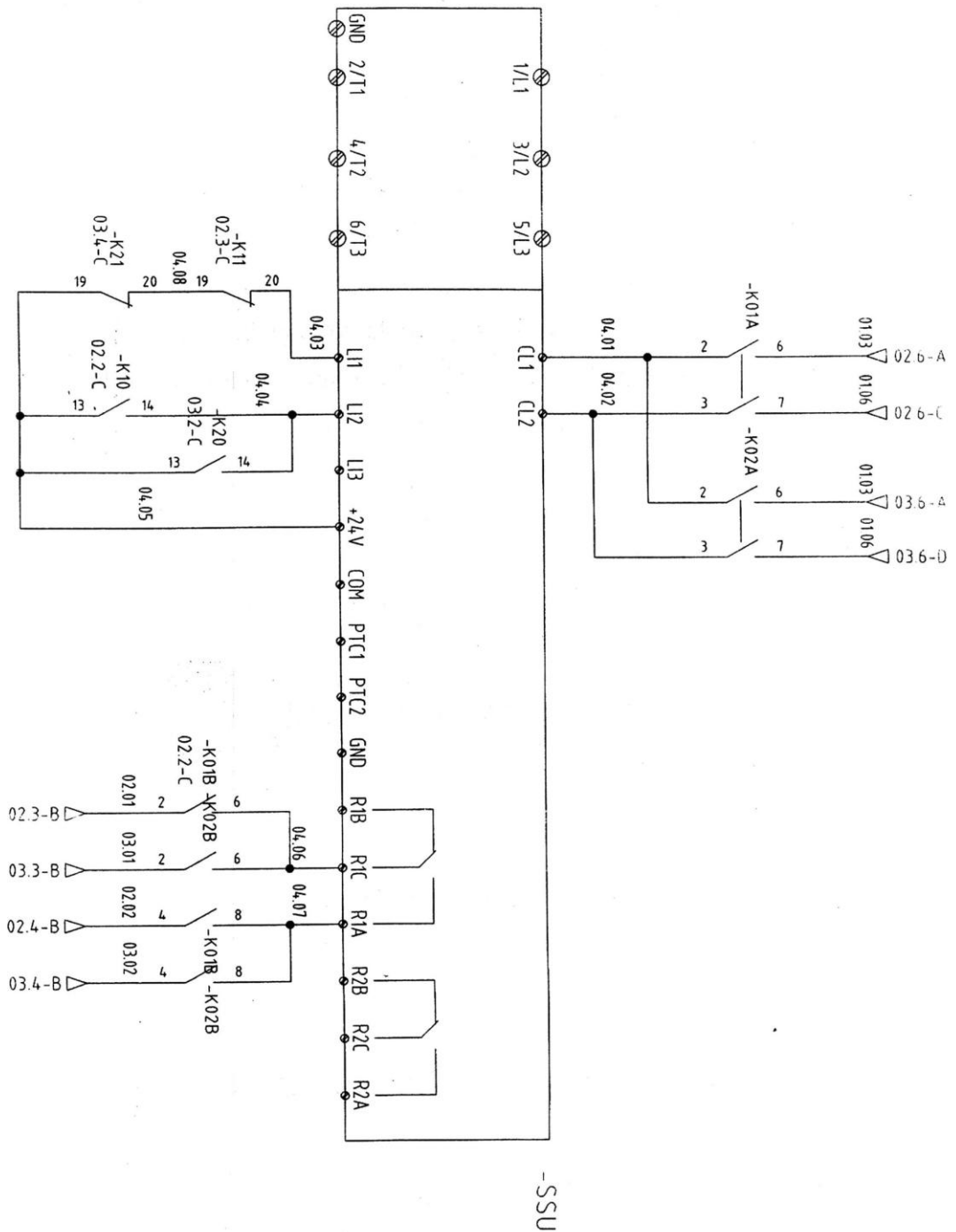
Sơ đồ mạch điều khiển cho bơm số một

**ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP**

- Sơ đồ 3.4. là sơ đồ khởi động cho bơm số 2 trong đó  $K_{20}$  và  $K_{22}$  là công tắc tơ chính đã điều khiển cho các công tắc tơ này thì phải sử dụng các role  $K_{02a}$ ,  $K_{02b}$ ,  $K_{21}$ ,  $K_{21ax}$  Tương tự.



Hình 3.4  
Sơ đồ khởi động cho bơm số 2



Hình 3.5:  
Sơ đồ đấu nối nội bộ khởi động mềm với các đầu vào/ ra

Như sơ đồ hình 3.3

- Sơ đồ 3.5 là sơ đồ mạch vào /ra của bộ khởi động mềm SSU

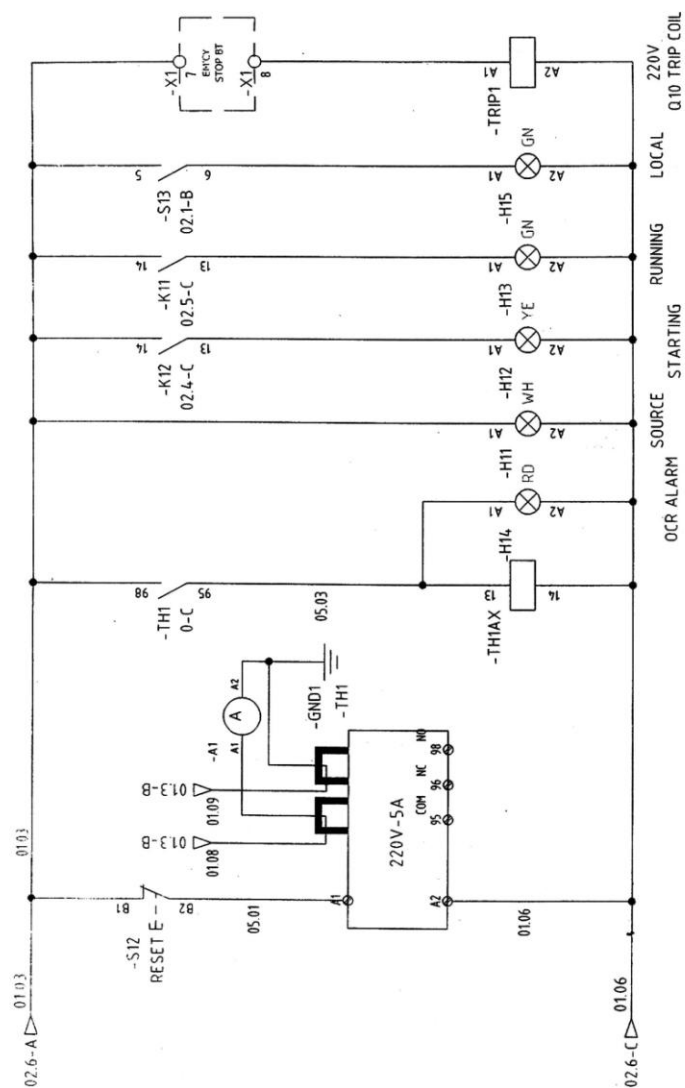
Trong đó :

$\frac{1}{L_1}, \frac{3}{L_2}, \frac{5}{L_3}$  là ba đầu nguồn đến.

$\frac{2}{T_1}, \frac{4}{T_2}$  là đầu nguồn ra.

- GND : nối đất

- Sơ đồ hình 3.6. Sơ đồ báo hiệu và bảo vệ

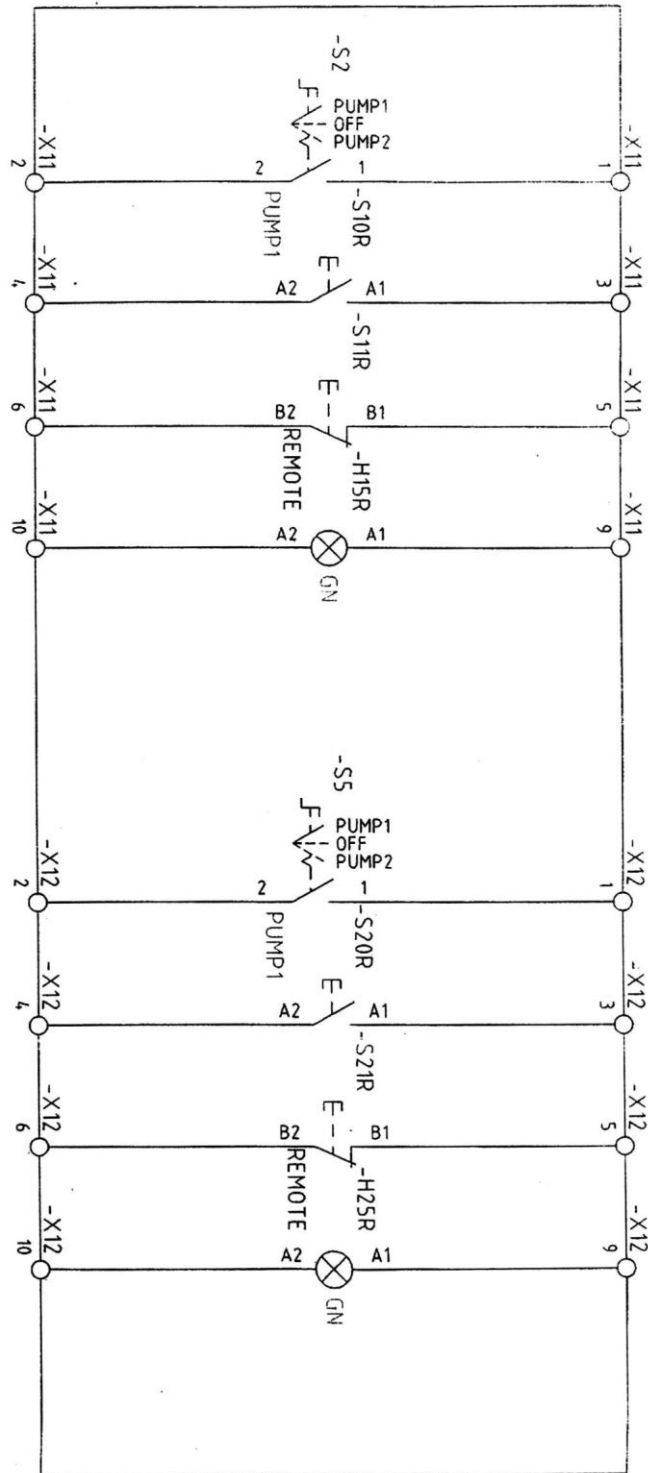


**Hình 3.6**  
Sơ đồ đo lường và bảo vệ bơm số 1

là sơ đồ đo lường và bảo vệ với 220V-5A chính là bộ bảo vệ quá tải cho động cơ cung cấp tín hiệu dòng cho các role nhiệt  $TH_{1ax}$  là cuộn tác động còn  $T_{Ry1}$  là cuộn nhả.

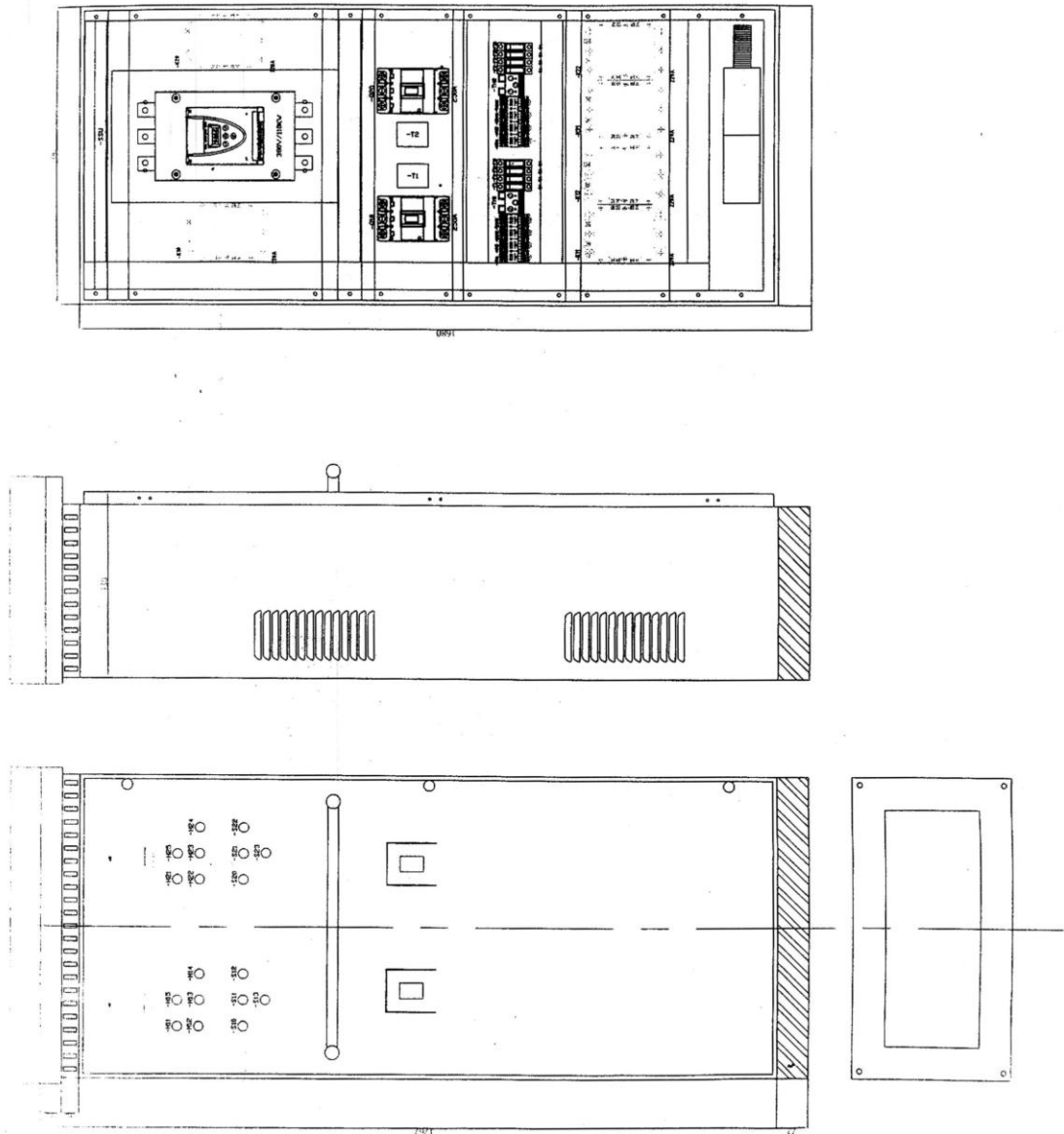
Ở đây sơ đồ này bảo vệ bơm số 1

- Sơ đồ hình 3.7. sơ đồ đo lường bảo vệ cho bơm số 2 hoàn toàn giống với hình 3.6.



Hình 3.7  
Sơ đồ điều khiển và báo hiệu cho bơm số 2





Hình 3.8

Sơ đồ bảng điều khiển và điều khiển từ xa cho bộ khởi động mềm làm việc với 2 động cơ

### **3.2.5. Kiểm nghiệm đánh giá thiết kế**

Trên lý thuyết tương đối hoàn chỉnh về bộ khởi động mềm với những tính năng :

- Hạn chế dòng khởi động động cơ.
- Điều khiển tăng áp từ từ cho đến khi giá trị định mức của nó.
- Bảo vệ động cơ, tăng tuổi thọ cho động cơ.
- Có thể kết hợp với những khí cụ điện khác để tránh quá nhiệt, quá tải cho động cơ.

Ứng dụng bộ khởi động mềm sẽ được ứng dụng rộng rãi trong công nghiệp đặc biệt là hệ thống bơm, hệ thống quạt, động cơ quán tính lớn, băng chuyền... Các doanh nghiệp có thể tiết kiệm điện năng lớn và tăng tuổi thọ động cơ khi sử dụng bộ khởi động mềm. Tuy nhiên bộ khởi động mềm mà chúng em nghiên cứu so với bộ khởi động mềm được bán trên thị trường thì thiết kế của chúng em còn rất nhiều hạn chế cả về tính năng và chất lượng. Qua thời gian em nghiên cứu đã hiểu tính năng và ứng dụng rất tốt của bộ khởi động mềm trên thị trường hiện nay.

### **Kết luận**

Đề tài: “Các phương pháp khởi động động cơ xoay chiều ba pha. Nghiên cứu bộ khởi động mềm MCD 3315 hãng DanFoss” đã được hoàn thành với một số kết quả:

- Nghiên cứu các phương pháp khởi động động cơ xoay chiều 3 pha.
- Nghiên cứu bộ khởi động mềm MCD 3315 hãng DanFoss.
- Đề xuất phương án sử dụng một bộ khởi động mềm cho 2 động cơ.

Khởi động mềm đã trở thành 1 thiết bị có nhiều ưu điểm và đang được lựa chọn cho nhiều giải pháp kỹ thuật khi thực hiện đầu tư phát triển.

Đề tài có một khối lượng lớn về kiến thức lý thuyết và công nghệ, chính vì vậy trong quá trình nghiên cứu tác giả gặp rất nhiều khó khăn. Trong đồ án đã cố gắng thực hiện một số những ý tưởng thực tế trong đó việc sử dụng một bộ khởi động mềm sử dụng cho 2 động cơ trong quy trình khởi động tuần tự là một giải pháp mang tính hiệu quả cao. Do nhiều điều kiện chủ quan và khách quan, đồ án không tránh khỏi những sai sót. Rất mong được sự lượng thứ của thầy cô và bạn bè đồng nghiệp.

Xin trân trọng cảm ơn !

