

# THIẾT KẾ MẠCH BẢO VỆ TỰ ĐỘNG CHỐNG MẤT PHA VÀ ĐẢO PHA NGUỒN ĐIỆN CHO ĐỘNG CƠ

## Designing an automatic protection circuit to avoid phase loss and reverted phase for motors

Phạm Việt Sơn<sup>1</sup>, Ngô Thị Tuyền<sup>1</sup>

### SUMMARY

Automatic protection for motors in production is of importance. The situation when the motor losses a phase or changes its phase sequence often takes place in reality. In such a situation the motor will be burnt or revert its rotating direction, which causes considerable damages to production process and human beings. This article is mainly concerned about designing an automatic protection circuit for a motor when it losses a phase or changes its phase sequence, using semiconductor components. This circuit had a simple design, high accuracy, quick and selective responses, compact character, ease for use and repair, high reliability and high durability.

**Key words:** motor, automatic protection, phase loss, reverted phase.

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay động cơ điện được sử dụng rộng rãi trong các ngành kinh tế quốc dân: Công nghiệp, nông nghiệp, giao thông vận tải, sinh hoạt... với công suất từ vài chục oát (W) đến hàng nghìn kilo oát (kW). Trong quá trình làm việc động cơ rất dễ bị mất pha do một số lý do hoặc do công nhân vận hành thao tác nhầm khi nối nguồn cấp điện cho động cơ nên thứ tự pha của nguồn bị thay đổi. Trong cả hai trường hợp đều làm cho động làm việc không bình thường gây ra những sự cố nghiêm trọng trong sản xuất. Từ trước cho đến nay, người ta thường dùng các rơ le điện từ (Bùi Hồng Huế, 2003) hoặc rơ le số để bảo vệ cho động cơ khi bị mất pha. Nhược điểm của rơ le điện từ là độ tin cậy không cao, quán tính lớn, không có khả năng hiển thị thông tin cho người sử dụng, còn rơ le số có cấu tạo phức tạp, khó khăn cho vận hành và sửa chữa, giá thành cao.

Để khắc phục một số nhược điểm nêu trên của rơ le điện từ và rơ le số, chúng tôi nghiên cứu lắp ráp mạch điện tự động bảo vệ cho động cơ chống mất pha và tự động đảo pha khi thứ tự pha của nguồn bị thay đổi bằng các linh kiện bán dẫn.

### 2. VẬT LIỆU, PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

#### 2.1. Vật liệu nghiên cứu

Động cơ không đồng bộ ba pha, các linh kiện bán dẫn: diốt, tranzito, các tụ, các điện trở lắp ráp thành các mạch ổn áp, các mạch logic cơ bản: AND (Và), NOT (Đảo), NAND (Đảo – Và), mạch vi, tích phân...

#### 2.2. Phương pháp nghiên cứu

Thiết kế tính toán mạch điện trên lý thuyết: tổ hợp các tín hiệu phát hiện mất pha và đảo pha trên chính các pha của nguồn, từ hai pha liên tiếp nhau để đảm bảo đúng thứ tự các pha. Việc tổ hợp các tín hiệu này được thực hiện trên các mạch logic của Nhật: 1011, 4049, 4081.

Tiến hành lắp ráp khảo nghiệm trong thực tế để hiệu chỉnh lại mạch

### 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

#### 3.1. Ảnh hưởng của hiện tượng nguồn bị mất pha hoặc thay đổi thứ tự pha đến quá trình làm việc của động cơ

Khi vận hành động cơ ba pha, có sự cố đứt một pha, hai pha dây quấn còn lại của động cơ sẽ tạo thành dây quấn một pha. Lúc đó động cơ ba pha sẽ chuyển sang làm việc ở chế độ một pha. Nếu động cơ kéo tải không đổi thì công suất điện đưa vào động cơ ở hai chế độ một pha và ba pha là như nhau (Vũ Gia Hạnh, 2001):

<sup>1</sup> Khoa Cơ Điện – Trường ĐHNHI

$$P_{3p} = P_{1p}$$

$$\text{Hay: } \sqrt{3} U_d I_3 \approx U_d I_1$$

Trong đó:

$I_3$  – Dòng điện stato ở chế độ ba pha;

$I_1$  – Dòng điện stato ở chế độ một pha;

$U_d$  - Điện áp dây của nguồn đặt vào động cơ  $U_d = 380V$ .

Từ biểu thức trên ta có:

$$I_1 = \sqrt{3} I_3$$

Như vậy dòng điện ở động cơ ba pha làm việc ở chế độ một pha đã tăng lên  $\sqrt{3}$  lần so với khi làm việc ở chế độ bình thường (ba pha). Khi đó tổn hao sẽ tăng lên ba lần, nếu không cắt động cơ ra khỏi lưới điện, động cơ sẽ bị cháy.

Trường hợp thứ tự pha của nguồn vào động cơ thay đổi, động cơ vẫn quay nhưng chiều quay của động cơ bị thay đổi do từ trường quay đổi chiều (Bùi Hồng Huế, 2003). Như vậy quy trình sản xuất bị đảo lộn (ví dụ băng tải đang chạy tiến lại chạy lùi, cần trục đang nâng thì lại hạ...). Điều này có thể gây ra những hậu quả nghiêm trọng dẫn đến những thiệt hại không nhỏ về người và của.

### 3..2. Thiết kế sơ đồ tự động bảo vệ động cơ chống mất pha và thứ tự pha của nguồn điện thay đổi

Trong nghiên cứu này chúng tôi chỉ trình bày cách tiến hành lắp ráp mạch tự động bảo vệ cho động cơ xoay chiều ba pha khi bị mất pha hoặc thứ tự pha của nguồn điện bị thay đổi với sơ đồ nguyên lý như ở hình 1.

#### 3.2.1. Nguyên lý hoạt động của sơ đồ

a) Khi nguồn điện bình thường (có cả ba pha theo đúng thứ tự pha A, B, C)

Tín hiệu được lấy trực tiếp từ các pha của nguồn xoay chiều ba pha có  $U_d = 380V$ ;  $U_p = 220V$ . Động cơ được cấp điện từ nguồn ba pha qua một khối động từ kép được điều khiển bởi mạch bảo vệ điện tử.

Trong sơ đồ này, các điốt  $D_1$ , điện trở  $R_1$ , và điốt ổn áp  $D_{Z1}$  của pha A tạo thành các mạch chỉnh lưu và ghim điện áp. Trên đầu vào 2 của phân tử NAND  $V_1$  (ứng với nửa chu kỳ dương của điện áp pha A) sẽ có xung với biên độ 12V và độ rộng xung bằng một nửa chu kỳ điện áp nguồn. Các phần tử tương ứng ở các pha B và C cũng tạo nên các xung tương tự nhưng lệch pha nhau 1/3 chu kỳ (tương ứng với góc pha  $120^\circ$ ). Tổ hợp các phần tử  $V_1$ , mạch tích phân  $C_1R_4$ , phần tử NOT  $V_4$  và  $V_7$  tạo nên một tín hiệu ứng với sườn âm của xung tạo bởi mạch chỉnh lưu, ghim pha A, có biên độ bằng 12V và độ rộng xung chỉ phụ thuộc vào tham số của mạch tích phân, đưa vào đầu vào 1 của mạch AND  $V_{10}$ . Tín hiệu này được tổ hợp với tín hiệu xung 12V độ rộng xung T/2 ứng với nửa chu kỳ dương của pha B. Trên đầu ra của  $V_{10}$  sẽ có một tín hiệu giống như trên đầu vào 1 của nó nếu nguồn đủ pha và các pha của nguồn đúng thứ tự định trước. Quá trình diễn ra tương tự ở pha B và pha C nhưng khoảng thời gian lần lượt chậm sau 1/3 chu kỳ tính từ pha A. Lần lượt các đầu ra của mạch AND  $V_{11}$ ,  $V_{12}$  có xung ra (ở mức cao), các xung này lệch nhau về thời gian 1/3 chu kỳ (về góc pha là  $120^\circ$ ).

Điốt  $D_4$  đóng vai trò mạch cộng đưa tín hiệu của ba xung qua tụ lọc  $C_4$ . Tụ lọc  $C_4$  có tác dụng san bằng điện áp trung bình của ba xung này để đưa vào cực bazo của tranzito T. Tranzito T được tính toán sao cho dòng điện vào  $I_B$  thỏa mãn điều kiện  $U_{BE} \geq U_{Bebh}$  thì T làm việc ở chế độ mở bão hòa. Lúc này cuộn dây rơ le  $RL_1$  sẽ được cấp điện đóng tiếp điểm thường mở cung cấp điện cho cuộn dây công tắc tơ  $K_1$ , công tắc tơ  $K_1$  đóng các tiếp điểm thường mở cấp điện nguồn cho động cơ theo đúng thứ tự A, B, C.

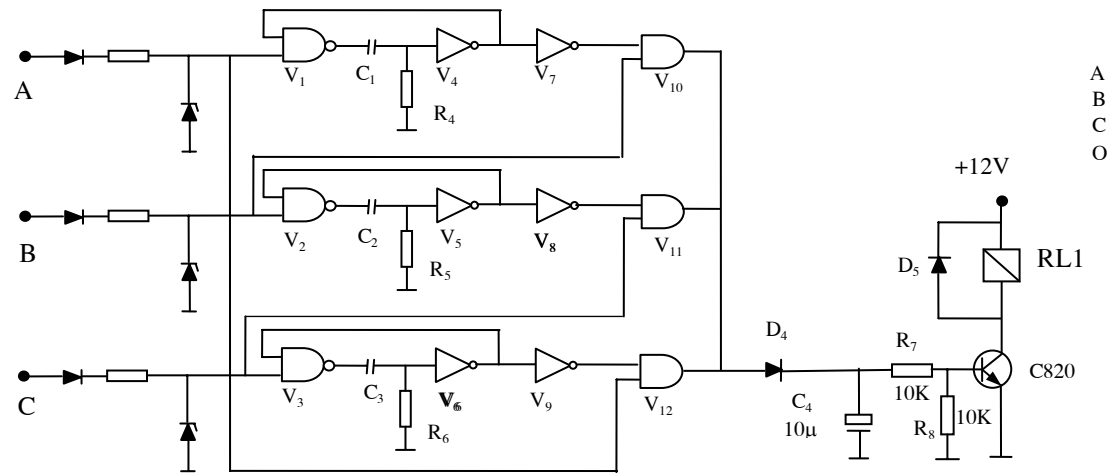
b) Khi nguồn mất một pha

Ta vẫn xét trong một chu kỳ T, giả sử mất pha C.

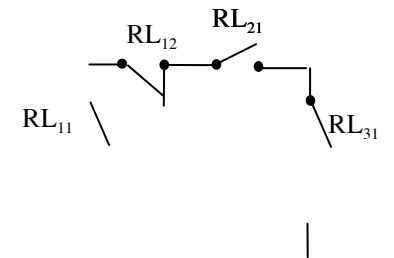
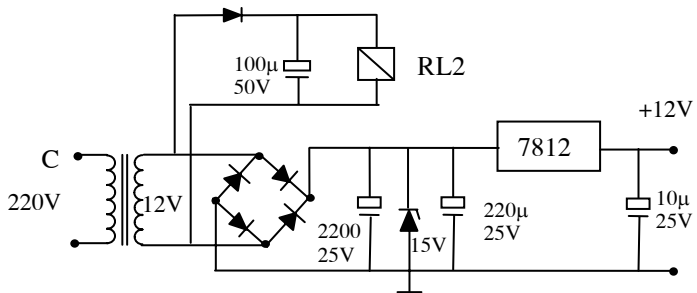
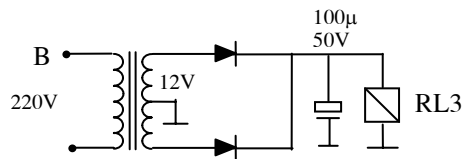
Ở pha A, quá trình diễn ra như khi nguồn cấp điện bình thường (có cả ba pha), tức là sau 1/3 chu kỳ thì đầu ra của mạch AND  $V_{10}$  có một xung ra (ở mức cao).

Ở pha B, do mất pha C nên không có tín hiệu đưa đến đầu vào 2 của mạch AND  $V_{11}$  do đó tại đầu ra của  $V_{11}$  không có xung ra.

Ở pha C, không có tín hiệu đưa vào chân 1 của  $V_{12}$  nên tại đầu ra của  $V_{12}$  không có xung ra



A  
B  
C  
O



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý của mạch tự động bảo vệ cho động cơ khi bị mất pha hoặc thứ tự pha bị thay đổi



Như vậy, mạch cộng  $D_4$  chỉ có một xung duy nhất của pha A qua tụ lọc  $C_4$  đưa vào cực bazơ của tranzito T, tín hiệu này không đủ để T mở, T bị khóa lại nên không cung cấp điện cho cuộn dây rơ le  $RL_1$ , tiếp điểm thường mở của rơ le mở ra không cấp điện cho cuộn dây công tắc tơ  $K_1$ , đồng thời lúc này do mất pha C nên cuộn dây của rơ le  $RL_2$  không được cấp điện, tiếp điểm thường mở của  $RL_2$  mở ra nên cuộn dây của công tắc tơ  $K_2$  cũng không được cấp điện, các tiếp điểm thường mở của nó mở ra, động cơ bị cắt khỏi lưới điện, ngừng hoạt động.

Với phân tích tương tự như trên, nếu xảy ra mất các pha khác, động cơ sẽ không được cấp điện nên ngừng hoạt động.

c) *Khi thứ tự pha bị thay đổi*

Giả sử thứ tự pha lúc này là ACB

Pha A khi có tín hiệu đưa vào đầu vào 1 của  $V_{10}$ , thì đầu vào 2 của  $V_{10}$  không có tín hiệu vì lúc này pha C đang ở nửa chu kỳ âm, do đó đầu ra của  $V_{10}$  không có tín hiệu ra.

Tại pha B khi có tín hiệu đưa vào đầu vào 1 của  $V_{12}$  thì do pha A đang ở nửa chu kỳ âm nên không có tín hiệu đưa vào chân 2 của  $V_{12}$ , đầu ra của  $V_{12}$  không có xung ra.

Pha C: khi có tín hiệu đưa vào đầu vào 1 của  $V_{11}$  thì do pha A đang ở nửa chu kỳ âm nên không có tín hiệu đưa vào chân 2 của  $V_{11}$ , đầu ra của  $V_{11}$  không có xung ra.

Như vậy khi thứ tự pha của nguồn thay đổi thì không có xung ra ở các đầu ra của các  $V_{10}$ ,  $V_{11}$ ,  $V_{12}$  do đó tụ  $C_4$  không được nạp điện nên T bị khóa, cuộn dây rơ le  $RL_1$  mất điện, tiếp điểm thường đóng của rơ le  $RL_1$  đóng lại, cấp điện cho cuộn dây của công tắc tơ  $K_2$  qua các tiếp điểm thường mở của các rơ le  $RL_3$  và  $RL_2$ , đảo lại thứ tự pha của nguồn điện (đang bị đảo thứ tự pha) động cơ vẫn quay theo chiều như cũ.

Trong sơ đồ, điốt  $D_5$  có tác dụng loại trừ điện áp ngược đặt lên tranzito và ngắt mạch cuộn dây của rơ le  $RL_1$  đảm bảo an toàn cho tranzito.

### 3.2.2. *Tính toán các thông số của mạch*

Trên cơ sở tính toán (Vũ Đức Thọ, 2001), (Đỗ Xuân Thọ, 2001) chúng tôi có được trị số của các linh kiện như sau:

$$R_1 = R_2 = R_3 = 16,8 \text{ K}$$

$$R_4 = R_5 = R_6 = 6,8 \text{ K}$$

$$C_1 = C_2 = C_3 = 470 \text{ nF}$$

$$R_7 = 51 \text{ K}$$

$$R_8 = 10 \text{ K}$$

Các mạch NAND chọn loại 4011

Các mạch NOT chọn loại 4049

Các mạch AND chọn loại 4081

Các điốt chọn loại 1N4007

Các rơ le chọn loại 5A – 12V của OMRON

### 3.3. **Khảo nghiệm**

Qua quá trình vận hành, mạch bảo vệ tự động chống mất pha và đảo pha nguồn điện cho động cơ hoạt động thông suốt, đảm bảo tin cậy các yêu cầu đặt ra.

### 4. KẾT LUẬN

Qua nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm, chúng tôi đã lắp đặt thành công mạch điện tự động bảo vệ cho động cơ chống mất pha và tự động đảo pha khi thứ tự pha của nguồn bị thay đổi bằng các linh kiện bán dẫn. So với phương pháp dùng các rơ le điện từ và rơ le số, sơ đồ này có rất nhiều ưu điểm:

- Tác động tin cậy;
- Độ chính xác cao;
- Tác động nhanh, có chọn lọc;
- Đơn giản, gọn nhẹ, dễ vận hành, dễ sửa chữa, độ bền cao.

### Tài liệu tham khảo

Vương Cộng (1979). *Kỹ thuật xung*. Nxb Đại học và Trung học chuyên nghiệp, Hà Nội, tr. 11-12.

Vũ Gia Hanh (chủ biên) (2001). Máy điện tập I, II. Nxb Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội 2001, tr. 226-230.

Bùi Hồng Huế (chủ biên) (2003). Điện công nghiệp. Nxb Xây dựng, Hà Nội 2003, tr. 178 - 182.

Vũ Đức Thọ (người dịch) (2001). Đại học Thanh Hoa, Bắc Kinh.

Đỗ Xuân Thụ (chủ biên) (2001). Kỹ thuật Điện tử. Nxb Giáo dục, Hà Nội.