

□□□□..o0o□□□□..

ĐỒ ÁN KHÍ CỤ ĐIỆN ÁP

ĐỀ TÀI: “THIẾT KẾ CÔNG TẮC TƠ”



GVHD: ĐẶNG CHÍ DŨNG
SVTH: NGỌC VĂN TÚ

Mục lục

Lời nói đầu	5
Chương I Chọn kết cấu và thiết kế sơ bộ	6
I. Khái niệm chung	6
1.Tác dụng và cấu tạo của công tắc tơ	6
2.Nguyên lý hoạt động	6
II. Chọn kết cấu và thiết kế sơ bộ	7
1.Hệ thống mạch vòng dẫn điện	7
2.Hệ thống dập hồ quang	7
3.Nam châm điện.....	7
4.Hệ thống các lò xo nhả, lò xo tiếp điểm và lò xo hoãn xung	8
5.Hình dáng của công tắc tơ	8
Chương II Tính toán mạch vòng dẫn điện	9
I. Khái niệm chung	9
II. Mạch vòng dẫn điện chính	9
1.Thanh dẫn.....	9
2.Đầu nối.....	13
3.Tiếp điểm	14
III. Mạch vòng dẫn điện phụ	21
1.Thanh dẫn.....	21
2.Tiếp điểm	22
Chương III Tính và dựng đặc tính cơ	23
I. Tính toán lò xo	23
1.Vật liệu làm lò xo	23
2.Lò xo ép tiếp điểm chính	23
3.Lò xo tiếp điểm phụ.....	25
4.Lò xo nhả	26
II. Đặc tính cơ	27
1.Lập sơ đồ động.....	27

2.Tính toán các lực	28
3. Đặc tính cơ	29
Chương IV Tính toán và kiểm nghiệm nam châm điện	30
I. Khái niệm.....	31
II. Tính toán thiết kế nam châm điện.....	31
1.Xác định K_{kc}	31
2.Chọn vật liệu dẫn từ	31
3.Chọn từ cảm, hệ số từ rò , hệ số từ cảm	32
4.Tính tiết diện lõi mạch từ.....	32
5.Xác định kích thước cuộn dây	33
6.Kích thước mạch từ	35
III. Tính toán kiểm nghiệm nam châm điện.....	36
1.Sơ đồ thay thế mạch từ	36
2.Tính từ dẫn khe hở không khí.....	38
3.Tính từ thông.....	41
4.Tính số vòng dây	42
5.Tính đường kính dây	42
6.Tính toán vòng ngắn mạch	43
7.tính toán vòng ngắn mạch.....	46
8.Tính toán kiểm nghiệm cuộn dây.....	46
9.Tính và dựng đặc tính lực điện từ	48
Chương V Tính và kiểm nghiệm buồng dập hồ quang.....	48
I. Vật liệu	52
1.Vật liệu làm vỏ buồng dập hồ quang	52
2.Vật liệu làm các tấm dập	52
II. Tính toán và kiểm nghiệm.....	52
Chương VI Hoàn thiện kết cấu	56
I. Mạch vòng dẫn điện	56

1.Mạch vòng dẫn điện chính.....	56
2.Mạch vòng dẫn điện phụ.....	57
II. Lò xo tiếp điểm, lò xo nhả	57
1. Lò xo tiếp điểm chính	57
2. Lò xo tiếp điểm phụ.....	57
3. Lò xo nhả.....	57
III. Nam châm điện.....	58
1. Mạch từ	58
2. Kích thước cuộn dây.....	58
3.vòng ngắn mạch	58
4.Buồng dập hồ quang.....	58
IV. Vỏ và các chi tiết khác.....	59
Chương VII Ví dụ minh họa ứng dụng công tắc tơ trên.....	59
I. Sơ đồ nguyên lý.....	59
II. Nguyên tắc hoạt động.....	60
1.Mạch chính điều khiển động cơ.....	60
2.Mạch kiểm tra.....	60

Lời nói đầu

Đất nước đang càng ngày càng phát triển, quá trình công nghiệp hoá, hiện đại hoá đang diễn ra mạnh mẽ. Để thực hiện được thì phải có nguồn năng lượng, mà điện năng chiếm một vai trò rất quan trọng. Điện năng cung cấp cho mọi ngành, mọi lĩnh vực, mọi đối tượng. Tuy nhiên, trong quá trình sử dụng điện thì không thể tránh khỏi những sự cố, rủi ro xảy ra như hiện tượng quá điện áp, quá dòng điện, hiện tượng ngắn mạch... Để đảm bảo vấn đề an toàn tính mạng cho con người, bảo vệ các thiết bị điện và tránh những tổn thất kinh tế có thể xảy ra thì khí cụ điện ngày càng được đòi hỏi nhiều hơn, chất lượng tốt hơn và luôn đổi mới công nghệ.

Cùng với sự phát triển của khoa học kỹ thuật thì các loại khí cụ điện hiện đại được sản xuất ra luôn đảm bảo khả năng tự động hoá cao, trong đó công tắc tơ cũng không nằm ngoài mục đích đó. Chính vì vậy mà nghiên cứu, thiết kế công tắc tơ là đặc biệt quan trọng nhằm tránh những sự cố đáng tiếc có thể sẽ xảy ra.

Được sự giúp đỡ và hướng dẫn của các thầy cô trong nhóm khí cụ điện, thuộc bộ môn Thiết bị điện - Điện tử, khoa điện. Đặc biệt là sự hướng dẫn giúp đỡ và đóng góp của thầy Đặng Chí Dũng, em đã hoàn thành được đồ án môn học với đề tài thiết kế Công tắc tơ xoay chiều 3 pha.

Mặc dù đã có nhiều cố gắng song do hiểu biết kiến thức còn có nhiều hạn chế, thời gian có hạn và kinh nghiệm thực tế còn ít, nên trong quá trình thiết kế đồ án em còn mắc những sai sót nhất định. Vì vậy em rất mong có được sự chỉ bảo và đóng góp ý kiến thầy cô và các bạn sinh viên.

Em xin chân thành cảm ơn bộ môn Thiết bị điện - điện tử và thầy Đặng Chí Dũng.

Chương I

Chọn kết cấu và thiết kế sơ bộ

I. Khái niệm chung

1. Tác dụng và cấu tạo của công tắc tơ

Công tắc tơ là khí cụ điện dùng để đóng, cắt thường xuyên các mạch điện động lực, từ xa, bằng tay hay tự động. Việc đóng cắt công tắc tơ có tiếp điểm có thể thực hiện bằng nam châm điện, thủy lực hay khí nén. Thông thường ta gặp loại đóng cắt bằng nam châm điện. Công tắc tơ gồm các bộ phận chính sau

- Hệ thống mạch vòng dẫn điện.
- Hệ thống dập hồ quang.
- Hệ thống các lò xo nhỏ, lò xo tiếp điểm và lò xo hoãn xung.
- Nam châm điện.
- Vỏ và các chi tiết cách điện.

2. Nguyên lý hoạt động

Khi cho điện vào cuộn dây, luồng từ thông sẽ được sinh ra trong nam châm điện. Luồng từ thông này sẽ sinh ra một lực điện từ. Khi lực điện từ lớn hơn lực cơ thì nắp mạch từ được hút về phía mạch từ tĩnh, trên mạch từ tĩnh có gắn vòng ngắn mạch để chống rung, làm cho tiếp điểm động tiếp xúc với tiếp điểm tĩnh. Tiếp điểm tĩnh được gắn trên thanh dẫn, đầu kia của thanh dẫn vít bắt dây điện ra, vào. Các lò xo tiếp điểm có tác dụng duy trì một lực ép tiếp điểm cần thiết lên tiếp điểm. Đồng thời tiếp điểm phụ cũng được đóng vào đối với tiếp điểm phụ thường mở và mở ra đối với tiếp điểm thường đóng. Lò xo nhỏ bị nén lại.

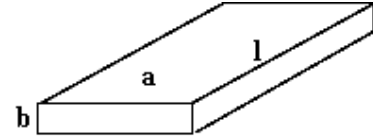
Khi ngắt điện vào cuộn dây, luồng từ thông sẽ giảm xuống về không, đồng thời lực điện từ do nó sinh ra cũng giảm về không. Khi đó lò xo nhỏ sẽ đẩy toàn bộ phần động của công tắc tơ lên và cắt dòng điện tải ra. Khi tiếp điểm động tách khỏi tiếp điểm tĩnh của mạch từ chính thì hồ quang sẽ xuất hiện giữa hai

tiếp điểm. Nhờ các tấm dập trong buồng dập hồ quang, hồ quang sẽ được dập tắt.

II. Chọn kết cấu và thiết kế sơ bộ

1. Hệ thống mạch vòng dẫn điện

- Thanh dẫn: do thanh dẫn phải dẫn dòng điện làm việc và có khi phải chịu dòng điện ngắn mạch lớn khi xảy ra sự cố đồng thời phải đảm bảo cho tiếp điểm tiếp xúc tốt nên ta chọn thanh dẫn bằng đồng có tiết diện ngang hình chữ nhật.
- Đầu nối : chọn đầu nối bằng bu lông có thể tháo rời được.
- Tiếp điểm chính: do dòng điện làm việc định mức của công tắc tơ là 25 A nên ta chọn tiếp điểm hình trụ, kiểu bắc cầu, 1 pha 2 chỗ ngắt, tiếp xúc loại mặt phẳng-mặt phẳng.
- Tiếp điểm phụ: cũng dùng kiểu tiếp điểm bắc cầu 1 pha 2 chỗ ngắt.



2. Hệ thống dập hồ quang

Đối với khí cụ điện hạ áp, các trang bị dập hồ quang thường là :

- Kéo dài hồ quang điện bằng cơ khí.
- Dùng cuộn dây thổi từ.
- Dùng buồng dập hồ quang kiểu khe hẹp.
- Dùng buồng dập hồ quang kiểu dàn dập.

Qua phân tích và tham khảo thực tế, đối với Công tắc tơ xoay chiều chọn buồng dập hồ quang kiểu dàn dập .

3. Nam châm điện

Công tắc tơ có thể đóng ngắt bằng nam châm điện hút quay hoặc hút thẳng.

- Nam châm điện hút quay
 - Ưu điểm: đặc tính cơ của nam châm điện hút quay tốt hơn nam châm điện hút thẳng.
 - Nhược điểm: Kết cấu phức tạp, một pha có một chỗ ngắt làm cho việc dập hồ quang khó khăn, phải dùng dây nối mềm.
- Nam châm điện hút thẳng
 - Ưu điểm: Kết cấu đơn giản, Kết cấu tiếp điểm bắc cầu một pha có hai chỗ ngắt làm cho việc dập hồ quang đơn giản hơn, Hành trình chuyển động

gắn liền với chuyển động của nắp nam châm điện, việc bố trí buồng dập hồ quang dễ dàng, Không dùng dây nối mềm.

- Nhược điểm: đặc tính cơ của nam châm điện hút thẳng không tốt bằng nam châm hút quay.

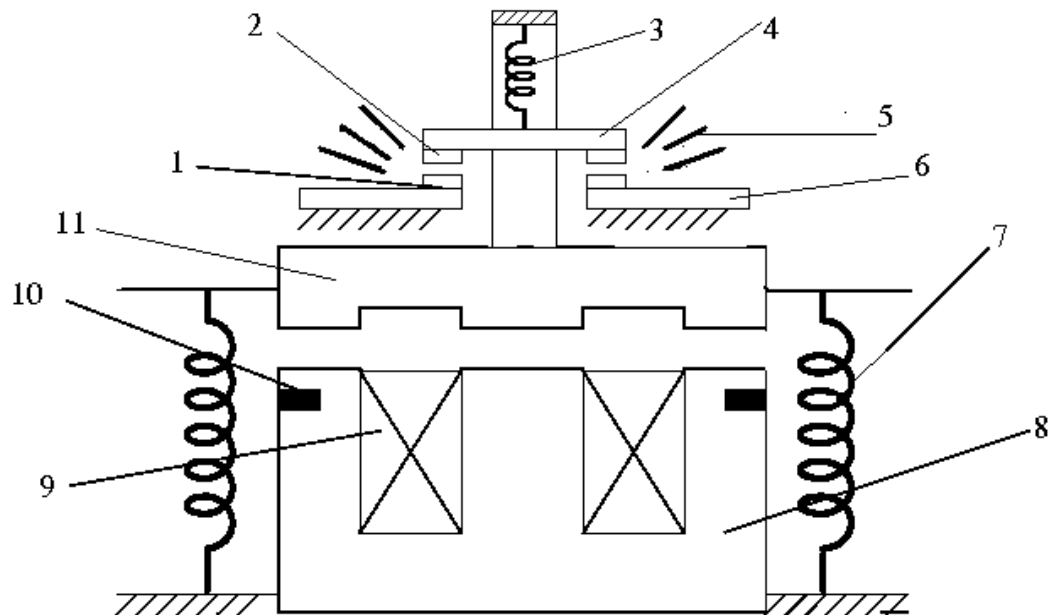
Do có nhiều ưu điểm cho nên ta sẽ sử dụng nam châm điện xoay chiều hình chữ E kiểu hút chập.

4. Hệ thống các lò xo nhỏ, lò xo tiếp điểm và lò xo hoãn xung

- Lò xo nhỏ, lò xo tiếp điểm: ta chọn kiểu lò xo xoắn hình trụ do nó ít bị ăn mòn và bền hơn lò xo tấm phẳng.
- Lò xo hoãn xung: dùng để giảm bớt va chạm giữa nắp và thân cực từ do đó ta dùng lò xo lá.

5. Hình dáng của công tắc tơ

Sau khi chọn kết cấu và thiết kế sơ bộ ta được hình dáng công tắc tơ như sau



- | | |
|------------------------|----------------------------|
| 1. Tiếp điểm tĩnh. | 6. Thanh dẫn tĩnh. |
| 2. Tiếp điểm động. | 7. Lò xo nhỏ. |
| 3. Lò xo ép tiếp điểm. | 8. Mạch từ nam châm điện. |
| 4. Thanh dẫn động. | 9. Cuộn dây nam châm điện. |
| 5. Dàn dập hồ quang. | 10. Vòng ngăn mạch. |

11. Nắp mạch từ nam châm điện.

Chương II

Tính toán mạch vòng dẫn điện

I. Khái niệm chung

Trong Công tắc tơ, mạch vòng dẫn điện là một bộ quan trọng, nó có chức năng dẫn dòng, chuyển đổi và đóng cắt mạch điện. Mạch vòng dẫn điện do các bộ phận khác nhau về hình dáng kết cấu và kích thước hợp thành. Đối với Công tắc tơ, mạch vòng dẫn điện gồm có các bộ phận chính như sau:

- Thanh dẫn: gồm thanh dẫn động và thanh dẫn tĩnh. Thanh dẫn có chức năng truyền tải dòng điện.
- Dây dẫn mềm.
- Đầu nối: gồm vít và mối hàn.
- Hệ thống tiếp điểm: gồm tiếp điểm động và tiếp điểm tĩnh, có chức năng đóng ngắt dòng điện.
- Cuộn thổi từ.

II. Mạch vòng dẫn điện chính

6. Thanh dẫn

a. Thanh dẫn động

☺ Chọn vật liệu

Thanh dẫn động gắn với tiếp điểm động, vì vậy nó cần phải có lực ép đủ để tiếp xúc tốt, độ cứng cao, nhiệt độ nóng chảy tương đối cao... do đó ta có thể chọn **Đồng kéo nguội** làm vật liệu cho thanh dẫn động.

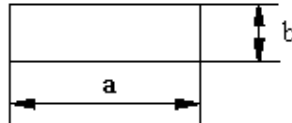
Các thông số của đồng kéo nguội:

Ký hiệu	ML-TB
Tỷ trọng (γ)	8,9 g/cm ³
Nhiệt độ nóng chảy (θ_{nc})	1083 ⁰ C
Điện trở suất ở 20 ⁰ C (ρ_{20})	0,0158.10 ⁻³ Ω mm
Độ dẫn nhiệt (λ)	3,9 W/cm ⁰ C
Độ cứng Briven (H_B)	80 ÷ 120 kG/cm ²

Hệ số dẫn nhiệt điện trở (α)	0,0043 1/°C
Nhiệt độ cho phép cấp A ($[\theta_{cp}]$)	95°C

☉ **Tính toán thanh dẫn**

Theo phần **chọn kết cấu và thiết kế sơ bộ**, ta đã chọn thanh dẫn có tiết diện ngang hình chữ nhật với bề rộng a, bề dày b



Theo công thức 2-6 (TL1) :

$$b = 3 \sqrt[3]{\frac{I_{dm}^2 \cdot \rho_{\theta} \cdot K_f}{2 \cdot n \cdot (n+1) \cdot K_T \cdot \tau_{od}}}$$

Trong đó :

- $I_{dm} = 18$ A : dòng điện định mức.
- n: hệ số hình dáng, $n = \frac{a}{b} = 5 \div 10$, chọn $n = 7$.
- K_f : hệ số tổn hao phụ đặc trưng cho tổn hao bởi hiệu ứng bề mặt và hiệu ứng gần.

$$K_f = K_{bm} \cdot K_g = 1,03 \div 1,06. \text{ Chọn } K_f = 1,06.$$

- K_T : hệ số tản nhiệt, $K_T = (6 \div 12) \cdot 10^{-6} (W / ^\circ C \cdot mm^2) \Rightarrow$ Chọn $K_T = 7,5 \cdot 10^{-6}$.

- ρ_v : điện trở suất của vật liệu ở nhiệt độ ổn định.

$$\rho_{\theta} = \rho_{20} [1 + \alpha(\theta - 20)]$$

ρ_{20} : điện trở suất của vật liệu ở 20°C.

α : hệ số nhiệt điện trở của vật liệu.

θ : nhiệt độ ổn định của đồng, ở đây ta lấy bằng nhiệt độ phát nóng cho phép $v = [v] = 95$ °C.

$$\Rightarrow \rho_{95} = 0,0158 \cdot 10^{-8} [1 + 4,3 \cdot 10^{-3} (95 - 20)] \approx 2,1 \cdot 10^{-8} (\Omega \cdot m)$$

- τ_{od} : độ tăng nhiệt ổn định.

$$\tau_{od} = \theta - \theta_{mt} \text{ với } \theta_{mt} = 40 \text{ } ^\circ C \text{ là nhiệt độ môi trường}$$

$$\Rightarrow \tau_{od} = 95 - 40 = 55 \text{ } ^\circ C$$

Vậy ta có

$$Ngọc Văn Tú \quad b = 3 \sqrt[3]{\frac{18^2 \cdot 2,1 \cdot 10^{-8} \cdot 1,06}{2 \cdot 7 \cdot (7+1) \cdot 7,5 \cdot 10^{-6} \cdot 55}} \approx 0,54 (mm)$$

$$a = b.n = 7. 0,54 = 3,78 \text{ (mm)}$$

Vậy kích thước tối thiểu của thanh dẫn động là $a = 3,78 \text{ mm}$ và $b = 0,54 \text{ mm}$.

Tuy nhiên hình dạng của thanh dẫn động còn phụ thuộc vào hình dạng của tiếp điểm.

Chọn tiếp điểm theo bảng 2-15(TL1.T51)

với $I_{dm} = 18 \text{ A}$ ta chọn đường kính tiếp điểm $d_{td} = 8 \text{ mm}$ và chiều cao tiếp điểm là $h_{td} = 1,5 \text{ mm}$.

Chọn lại kích thước của thanh dẫn động: $a = 10 \text{ mm}$ và $b = 1,2 \text{ mm}$

☺ **Kiểm tra kích thước làm ở điều kiện làm việc dài hạn**

- Diện tích thanh dẫn:

$$S = a.b = 10.1,2 = 12 \text{ (mm}^2\text{)}$$

- Chu vi thanh dẫn:

$$P = 2.(a+b) = 2.(10+1,2) = 22,4 \text{ (mm)}$$

- Mật độ dòng điện :

$$j = \frac{I_{dm}}{S} = \frac{18}{12} = 1,5 \text{ (A/mm}^2\text{)} < [j] = 2 \div 4 \text{ (A/mm}^2\text{)}$$

⇒ thỏa mãn về kết cấu.

- Nhiệt độ thanh dẫn :

Từ công thức 2-4 (TKKCĐHA) ta có

$$S.P = \frac{I^2 \cdot \rho_\theta \cdot K_f}{K_T \cdot (\theta_o - \theta_{mt})} = \frac{I^2 \cdot \rho_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \theta_{od}) \cdot K_f}{K_T \cdot (\theta_{od} - \theta_{mt})}$$

$$\Rightarrow \theta_{od} = \theta_{td} = \frac{I^2 \cdot \rho_0 \cdot K_f + S.P \cdot K_T \cdot \theta_{mt}}{S.P \cdot K_T - I^2 \cdot \rho_0 \cdot K_f \cdot \alpha}$$

với ρ_0 : điện trở suất của đồng kéo nguội ở 0°C

$$\rho_0 = \frac{\rho_{20}}{1 + \alpha \cdot \theta} = \frac{0,0158 \cdot 10^{-3}}{1 + 0,0043 \cdot 20} = 0,015 \cdot 10^{-3} \text{ (}\Omega \cdot \text{mm)}$$

θ_{mt} : nhiệt độ môi trường, $\theta_{mt} = 40^\circ\text{C}$

Thay vào ta có :

$$\theta_{td} = \frac{18^2 \cdot 0,015 \cdot 10^{-3} \cdot 1,06 + 12 \cdot 22,4 \cdot 7,5 \cdot 10^{-6} \cdot 40}{12 \cdot 22,4 \cdot 7,5 \cdot 10^{-6} - 18^2 \cdot 0,015 \cdot 10^{-3} \cdot 1,06 \cdot 0,0043} = 43^\circ\text{C}$$

Vậy $\theta_{td} < [\theta_{cp}] = 95^{\circ}\text{C} \Rightarrow$ thanh dẫn thoả mãn về nhiệt độ ở chế độ định mức.

☺ **Kiểm tra thanh dẫn ở chế độ ngắn mạch**

Đặc điểm của quá trình ngắn mạch:

- Dòng điện và mật độ dòng điện có trị số rất lớn.
- Thời gian tác động nhỏ.

Từ đặc điểm trên rõ ràng khi xảy ra ngắn mạch nhiệt độ thanh dẫn tăng lên rất lớn có thể làm thanh dẫn bị biến dạng. Do đó cần phải kiểm tra khi có ngắn mạch thì mật độ dòng điện thanh dẫn có nhỏ hơn mật độ dòng điện cho phép không.

Từ công thức 6-21 (TL1) :

$$j_{nm} = \sqrt{\frac{A_{nm} - A_d}{t_{nm}}}$$

Trong đó:

$I_{nm} = I_{bn}$: dòng điện ngắn mạch hay dòng điện bền nhiệt.

$t_{nm} = t_{bn}$: thời gian ngắn mạch hay thời gian bền nhiệt.

$A_{nm} = A_{bn}$: hằng số tích phân ứng với ngắn mạch hay bền nhiệt.

A_d : hằng số tích phân ứng với nhiệt độ đầu.

Tra đồ thị hình 6-5 (TL1.T313) ta có:

Với $\theta_{bn} = 300^{\circ}\text{C}$ có $A_{bn} = 3,65 \cdot 10^4 \text{ (A}^2\text{s/mm}^4\text{)}$

$\theta_d = 95^{\circ}\text{C}$ có $A_d = 1,6 \cdot 10^4 \text{ (A}^2\text{s/mm}^4\text{)}$

t_{nm} (s)	j_{nm} (A/mm ²)	$[j_{nm}]_{cp}$ (A/mm ²)
3	87	94
4	75	82
10	47.4	51

Vậy mật độ dòng điện của thanh dẫn khi xảy ra ngắn mạch nhỏ hơn mật độ dòng điện cho phép, nên thanh dẫn có thể chịu được ngắn mạch.

b. Thanh dẫn tĩnh

Thanh dẫn tĩnh được nối với tiếp điểm tĩnh và gắn với đầu nối. Vì vậy thanh dẫn tĩnh phải có kích thước lớn hơn thanh dẫn động.

Ta có thể chọn kích thước thanh dẫn tĩnh như sau :

$$a_t = 10 \text{ mm}$$

$$b_t = 1,5 \text{ mm}$$

Do thanh dẫn động thoả mãn ở chế độ dài hạn và ngắn hạn mà thanh dẫn tĩnh có tiết diện và chu vi lớn hơn thanh dẫn động cho nên thanh dẫn tĩnh cũng thoả mãn chế độ dài hạn và ngắn hạn.

7. Đầu nối

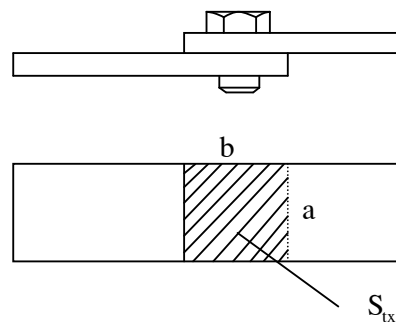
Đầu nối tiếp xúc là phần tử quan trọng của khí cụ điện, nếu không chú ý dễ bị hỏng nặng trong quá trình vận hành nhất là những khí cụ điện có dòng điện lớn và điện áp cao.

Các yêu cầu đối với mỗi nối

- Nhiệt độ các mối nối khi làm việc ở dài hạn với dòng điện định mức không được tăng quá trị số cho phép.
- Khi tiếp xúc mỗi nối cần có đủ độ bền cơ và độ bền nhiệt khi có dòng ngắn mạch chạy qua.
- Lực ép điện trở tiếp xúc, năng lượng tổn hao và nhiệt độ phải ổn định khi khí cụ điện vận hành liên tục.

Kết cấu của mỗi nối gồm có : mỗi nối có thể tháo rời được, không thể tháo rời được, mỗi nối kiêm khớp bản lề có dây nối mềm hoặc không có dây nối mềm. ở đây ta chọn mỗi nối có thể tháo rời được và bằng bu lông.

Với dòng điện định mức $I_{dm} = 18A$ theo bảng 2-9 (TKKCDHA) chọn bu lông 5 bằng thép không dẫn điện và trụ đồng 5.



$$\text{Diện tích bề mặt tiếp xúc : } S_{tx} = \frac{I_{dm}}{j}$$

Đối với thanh dẫn và chi tiết đồng có tần số $f = 50 \text{ Hz}$ và dòng điện định mức $I_{dm} < 200\text{A}$ thì có thể lấy mật độ dòng điện $j = 0,31 \text{ A/mm}^2$

$$\Rightarrow S_{tx} = \frac{18}{0,31} = 58,1 \text{ (mm}^2\text{)}$$

$$\text{Lực ép tiếp xúc : } F_{tx} = f_{tx} \cdot S_{tx}$$

Trong đó

$$f_{tx} \text{ là lực ép riêng trên các mối nối, } f_{tx} = 100 \div 150 \text{ kG/cm}^2$$

$$\text{chọn } f_{tx} = 100 \text{ kG/cm}^2 = 100 \cdot 10^{-2} \text{ kG/mm}^2$$

$$\Rightarrow F_{tx} = 100 \cdot 10^{-2} \cdot 58,1 = 58,1 \text{ (kG)}$$

Theo công thức 2-25(TL1.T59). Điện trở tiếp xúc là:

$$R_{tx} = \frac{K_{tx}}{(0,102 \cdot F_{tx})^m}$$

Trong đó

$$m = 1$$

$$\text{đồng-đồng tiếp xúc mặt } K_{tx} = (0,09 \div 0,14) \cdot 10^{-3} \Rightarrow \text{chọn } K_{tx} = 0,1 \cdot 10^{-3}$$

$$\Rightarrow R_{tx} = \frac{0,1 \cdot 10^{-3}}{0,102 \cdot 58,1} = 1,7 \cdot 10^{-5} \text{ (}\Omega\text{)}$$

Điện áp tiếp xúc

$$U_{tx} = I_{dm} \cdot R_{tx} = 18 \cdot 1,7 \cdot 10^{-5} = 0,31 \text{ (mV)}$$

Vậy điện áp tiếp xúc nhỏ hơn điện áp tiếp xúc cho phép ($[U_{tx}]_{cp} = 30 \text{ mV}$), nên bu lông đã chọn thoả mãn yêu cầu.

8. Tiếp điểm

a. Nhiệm vụ của tiếp điểm

Tiếp điểm thực hiện chức năng đóng ngắt của các khí cụ điện đóng ngắt.

b. Yêu cầu đối với tiếp điểm

- Khi Công tắc tơ làm việc ở chế độ định mức, nhiệt độ bề mặt nơi không tiếp xúc phải bé hơn nhiệt độ cho phép. Nhiệt độ của vùng tiếp xúc phải bé hơn nhiệt độ biến đổi tinh thể của vật liệu tiếp điểm.

- Với dòng điện lớn cho phép (dòng khởi động, dòng ngắn mạch) tiếp điểm phải chịu được độ bền nhiệt và độ bền điện động.
- Khi làm việc với dòng điện định mức và khi đóng ngắt dòng điện trong giới hạn cho phép, tiếp điểm phải có độ mòn điện và cơ bé nhất, độ rung của tiếp điểm không được lớn hơn trị số cho phép.

c. Vật liệu làm tiếp điểm

Vật liệu làm tiếp cần đảm bảo các yêu cầu sau: điện trở suất và điện trở tiếp xúc bé, ít bị ăn mòn, ít bị ôxy hoá, khó hàn dính, độ cứng cao, đặc tính công nghệ cao, giá thành hạ và phù hợp với dòng điện $I = 18 \text{ A}$.

Từ bảng 2-13 (TL1) ta chọn vật liệu là bạc niken than chì, với các thông số kỹ thuật sau:

Ký hiệu	KMK.A32
Tỷ trọng (γ)	8,7 g/cm ³
Nhiệt độ nóng chảy (θ_{nc})	1300 °C
Điện trở suất ở 20°C (ρ_{20})	0,035.10 ⁻³ Ωmm
Độ dẫn nhiệt (λ)	3,25 W/cm °C
Độ cứng Briven (H_B)	45 ÷ 65 kG/mm ²
Hệ số dẫn nhiệt điện trở (α)	0,0035/ °C
Nhiệt độ cho phép cấp A ($[\theta_{cp}]$)	95° C

Như đã chọn ở phần tính **thanh dẫn động** ta có kích thước của tiếp điểm là $d = 8 \text{ mm}$; $h = 1,5 \text{ mm}$.

d. Lực ép tiếp điểm

Theo công thức kinh nghiệm

$$F_{td} = f_{td} \times I_{dm}$$

Tra bảng 2-17 ta chọn $f_{td} = 15 \text{ (g/A)}$

$$F_{td} = 15 \times 18 = 270 \text{ (g)} = 0,270 \text{ (kg)} = 2,70 \text{ (N)}$$

e. Điện trở tiếp điểm

Điện trở tiếp xúc của tiếp điểm được tính theo công thức 2-25(TL1.T159)

$$R_{tx} = \frac{K_{tx}}{(0,102.F_{td})^m}$$

Trong đó :

$$F_{td} = 2,70 \text{ (N)}$$

K_{tx} : hệ số kể đến sự ảnh hưởng của vật liệu và trạng thái bề mặt của tiếp điểm. $K_{tx} = (0,2 \div 0,3)10^{-3} \Rightarrow$ chọn $K_{tx} = 0,25 \cdot 10^{-3}$
 m : hệ số dạng bề mặt tiếp xúc. vì là tiếp xúc mặt $\Rightarrow m = (0,7 \div 1)$
 nên chọn $m = 0,8$

Thay vào ta có:

$$R_{tx} = \frac{0,25 \cdot 10^{-3}}{(0,102 \cdot 2,7)^{0,8}} = 7 \cdot 10^{-4} (\Omega)$$

f. Điện áp tiếp xúc

$$U_{tx} = I_{dm} \cdot R_{tx} = 18 \cdot 7 \cdot 10^{-4} = 0,0126 (V) = 12,6 (mV)$$

Vậy điện áp nơi tiếp xúc U_{tx} thỏa mãn điều kiện nhỏ hơn điện áp tiếp xúc cho phép $[U_{tx}] = 2 \div 30 mV$.

g. Nhiệt độ tiếp điểm và nhiệt độ nơi tiếp xúc

Theo công thức 2-11(TL1.T52) nhiệt độ phát nóng của tiếp điểm

$$\theta_{td} = \theta_{mt} + \frac{I_{dm}^2 \cdot \rho_{\theta}}{S \cdot P \cdot K_T} + \frac{I_{dm}^2 \cdot R_{td}}{2 \cdot \sqrt{\lambda \cdot S \cdot P K_T}}$$

Trong đó:

θ_{td} : nhiệt độ của tiếp điểm.

ρ_{θ} : điện trở suất của vật liệu làm tiếp điểm ở $95^{\circ}C$

$$\rho_{\theta} = \rho_{95} = \rho_{20} \cdot [1 + \alpha(\theta - 20)] = 3,5 \cdot 10^{-5} \cdot (1 + 0,0035 \cdot (95 - 20)) \\ = 4,42 \cdot 10^{-6} (Wcm)$$

θ_{mt} : nhiệt độ môi trường, $\theta_{mt} = 40^{\circ}C$

R_{td} : điện trở tiếp điểm.

$$R_{td} = \rho_{\theta} \cdot \frac{h}{S} = 4,42 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{1,5}{63,6} = 1,07 \cdot 10^{-6} (W)$$

P, S : chu vi, tiết diện của thanh dẫn.

$$P = 2,24 cm ; S = 12 \cdot 10^{-2} (cm^2)$$

$$\Rightarrow \theta_{td} = 40 + \frac{18^2 \cdot 4,42 \cdot 10^{-6}}{2,24 \cdot 12 \cdot 10^{-2} \cdot 7,5 \cdot 10^{-4}} + \frac{18^2 \cdot 1,07 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot \sqrt{3,93 \cdot 2,24 \cdot 12 \cdot 10^{-2} \cdot 7,5 \cdot 10^{-4}}} = 47,1^{\circ}C$$

Nhiệt độ của điểm tiếp xúc là:

$$\theta_{tx} = \theta_{td} + \frac{I_{dm}^2 \cdot R_{tx}}{8 \cdot \lambda \cdot \rho_{\theta}} = 47,1 + \frac{18^2 \cdot (7 \cdot 10^{-4})^2}{8 \cdot 3,934 \cdot 42 \cdot 10^{-6}} = 48,24^{\circ}C$$

h. Dòng điện hàn dính

Khi dòng điện qua tiếp điểm lớn hơn dòng điện định mức I_{dm} (quá tải, khởi động, ngắn mạch), nhiệt độ sẽ tăng lên và tiếp điểm bị đẩy do lực điện động dẫn đến khả năng hàn dính. Độ ổn định của tiếp điểm chống đẩy và chống hàn dính gọi là độ ổn định điện động (độ bền điện động). Độ ổn định nhiệt và ổn định điện động là các thông số quan trọng được biểu thị qua trị số dòng điện hàn dính I_{hd} , tại trị số đó sự hàn dính của tiếp điểm có thể không xảy ra nếu cơ cấu ngắt có đủ khả năng ngắt tiếp điểm.

Trị số dòng điện hàn dính xác định theo quan hệ lý thuyết 2-33 (TL1.T66)

$$I_{hdbd} = A \sqrt{f_{nc}} \cdot \sqrt{F_{td}} \quad (A)$$

Trong đó:

$$A = \sqrt{\frac{32\lambda\theta_{nc} \left(1 + \frac{1}{3}\alpha\theta_{nc}\right)}{\pi H_{Bo} \rho_o \left(1 + \frac{2}{3}\alpha\theta_{nc}\right)}}$$

ρ_o : điện trở suất của vật liệu ở $20^{\circ}C$.

$$\text{Ta có } \rho_{20} = \rho_o(1 + \alpha \cdot 20)$$

$$\Rightarrow \rho_o = \frac{\rho_{20}}{1 + \alpha \cdot 20}$$

$$\Rightarrow \rho_o = \frac{3,5 \cdot 10^{-8}}{1 + 0,0035 \cdot 20} = 3,27 \cdot 10^{-8} (\Omega m)$$

λ : hệ số dẫn nhiệt của vật liệu.

$$\lambda = 3,25 \text{ W/cm} \cdot ^{\circ}C = 325 \text{ W/m} \cdot ^{\circ}C$$

θ_{nc} : nhiệt độ nóng chảy của vật liệu, $\theta_{nc} = 1300^{\circ}C$

H_{Bo} : độ cứng Britnel.

$$H_{Bo} = 50 \text{ kG/mm}^2 = 50 \cdot 10^6 (\text{kg/m})$$

$$\Rightarrow A = \sqrt{\frac{32.3,25.1300.(1 + \frac{1}{3}.0,0035.1300)}{\pi.50.10^6.3,27.10^{-8}.(1 + \frac{2}{3}.0,0035.1300)}} = 1135,74 (A/Kg^{1/2})$$

f_{nc} : hệ số đặc trưng cho sự tăng diện tích tiếp xúc trong quá trình phát nóng, chọn $f_{nc} = 3$.

$$F_{td} = 0,275 (kG)$$

$$\Rightarrow I_{hd} = 1135,74 \cdot \sqrt{3} \cdot \sqrt{0,275} = 1031,59 (A)$$

Tính theo công thức thực nghiệm 2-36 (TL1)

$$I_{hd} = K_{hd} \cdot \sqrt{F_{td}}$$

Trong đó:

K_{hd} : hệ số hàn dính , chọn $K_{hd} = 2000 A/kG^{1/2}$

$$F_{td} = 0,275 (kG)$$

$$\Rightarrow I_{hd} = 2000 \cdot \sqrt{0,275} = 1048,8 (A)$$

Ta thấy $I_{hd} \text{bd} \text{LT} < I_{hd} \text{bd} \text{TN}$. Chọn $I_{hd} \text{bd} = I_{hd} \text{bd} \text{TN} = 1048,8 A$

$$I_{nm} = 10 \cdot I_{dm} = 10 \cdot 18 = 180 A$$

Vì $I_{nm} < I_{hd} \text{bd}$ cho nên tiếp điểm không bị hàn dính.

i. Độ rung và thời gian rung của tiếp điểm

Khi tiếp điểm đóng, thời điểm bắt đầu tiếp xúc sẽ có xung lực va đập cơ khí giữa tiếp điểm động và tiếp điểm tĩnh gây ra hiện tượng rung tiếp điểm. Tiếp điểm động bị bật trở lại với một biên độ nào đó rồi lại và tiếp tục va đập, quá trình này xảy ra trong một khoảng thời gian rồi chuyển sang trạng thái tiếp xúc ổn định, sự rung kết thúc. Quá trình rung được đánh giá bằng độ lớn của biên độ rung X_m và thời gian rung t_m

Theo công thức 2-39(TL1.T72) biên độ rung cho 3 tiếp điểm thường mở là :

$$X_m = \frac{m_d \cdot v_{do}^2 \cdot (1 - K_v)}{2 \cdot F_{idd}}$$

Trong đó

m_d : khối lượng phần động.

$$m_d = K \cdot I_{dm} \text{ với } K = 7 (g/A)$$

$$\Rightarrow m_d = 7 \cdot 18 = 126 (g) = 0,126 (kg)$$

v_{do} : tốc độ tiếp điểm tại thời điểm va đập .

$$v_{do} = 0,1 \text{ m/s}$$

K_V : hệ số va đập phụ thuộc vào tính đàn hồi của vật liệu.

$$K_V = 0,85 \div 0,9 \Rightarrow \text{chọn } K_V = 0,9.$$

F_{tdd} : lực ép tiếp điểm đầu.

$$F_{tdd} = 0,7 \cdot F_{td} = 0,7 \cdot 0,275 = 0,1975 \text{ (kg)} = 1,975 \text{ (N)}$$

$$\Rightarrow X_m = \frac{0,175 \cdot 0,1^2 (1 - 0,9)}{2 \cdot 1,975} = 4,4 \cdot 10^{-5} \text{ (m)}$$

Do công tắc tơ có ba tiếp điểm nên độ rung của 1 tiếp điểm là

$$X_{mtd} = \frac{X_m}{3} = \frac{0,044}{3} = 0,015 \text{ (mm)}$$

Theo công thức 2-40 (TL1.T72) thời gian rung của tiếp điểm là

$$t_m = \frac{2 \cdot m_d \cdot v_{do} \sqrt{1 - K_V}}{F_{tdd}}$$

$$\Rightarrow t_m = \frac{2 \cdot 0,175 \cdot 0,1 \cdot \sqrt{1 - 0,9}}{1,975} = 5,6 \cdot 10^{-3} \text{ (s)} = 5,6 \text{ (ms)}$$

Do công tắc tơ có ba tiếp điểm chính cho nên thời gian rung của một tiếp điểm là

$$t_{mtd} = \frac{t_m}{3} = \frac{5,6}{3} = 1,9 \text{ (ms)}$$

j. Độ mòn của tiếp điểm

Sự mòn của tiếp điểm xảy ra trong quá trình đóng và quá trình ngắt mạch điện. Nguyên nhân gây ra sự ăn mòn của tiếp điểm là ăn mòn về hoá học, về cơ và về điện trong đó chủ yếu là do quá trình mòn điện.

Khối lượng mòn trung bình của một cặp tiếp điểm cho một lần đóng ngắt là:

$$g_d + g_{ng} = 10^{-9} (K_d \cdot I_d^2 + K_{ng} \cdot I_{ng}^2) K_{kd}$$

Trong đó :

K_{kd} : hệ số không đồng đều, đánh giá độ mòn không đều của các tiếp điểm, $K_{kd} = 1,1 \div 2,5$, chọn $K_{kd} = 1,5$

K_d, K_{ng} : hệ số mòn khi đóng và khi ngắt, tra bảng 2-21 (TL1.T79) ta có

$$K_{ng} = K_d = 0,01 \text{ (g/A}^2\text{)}$$

I_d và I_{ng} : dòng điện đóng và dòng điện ngắt.

$$I_d = 5I_{dm} = 5.18 = 90 \text{ (A)}$$

$$I_{ng} = 3.I_{dm} = 3.18 = 54 \text{ (A)}$$

g_d và g_{ng} : khối lượng mòn riêng của mỗi một lần đóng và ngắt.

$$\Rightarrow g_d + g_{ng} = 10^{-9} \cdot (0,01.90^2 + 0,01.54^2) \cdot 1,5 = 1,65 \cdot 10^{-7} \text{ (g)}$$

Sau $N = 10^6$ lần đóng ngắt, khối lượng mòn là :

$$\begin{aligned} G_m &= N \cdot (g_d + g_{ng}) \\ &= 10^6 \cdot 1,65 \cdot 10^{-7} = 0,165 \text{ (g)} \end{aligned}$$

Thể tích mòn một sau một lần đóng cắt là

$$V_{lan} = \frac{G_m}{\gamma} = \frac{0,165}{8,7} = 0,02 \text{ (cm}^3\text{)}$$

Thể tích ban đầu của tiếp điểm là

$$V_{td} = \frac{\pi d^2}{4} \cdot h = \frac{\pi \cdot 8^2}{4} \cdot 1,5 = 75,4 \text{ (mm}^3\text{)}$$

Lượng mòn của tiếp điểm sẽ là :

$$V_m \% = \frac{V}{V_{td}} \cdot 100\% = \frac{20}{75,4} \cdot 100\% = 26,5\%$$

Độ mòn cho phép của tiếp điểm là $V_m \% = 70\%$. Cho nên độ mòn của tiếp điểm mà ta thiết kế là thoả mãn.

k. Độ lún, độ mở của tiếp điểm

☺ Độ mở

Độ mở của tiếp điểm là khoảng cách giữa tiếp điểm động và tiếp điểm tĩnh ở trạng thái ngắt của công tắc tơ.

Độ mở cần phải đủ lớn để có thể dập tắt hồ quang nhanh chóng, nếu độ mở lớn thì việc dập tắt hồ quang sẽ dễ dàng. Tuy nhiên khoảng cách quá lớn sẽ ảnh hưởng tới kích thước của công tắc tơ.

Ta lấy độ mở của tiếp điểm là $m=5\text{mm}$.

☺ Độ lún

Độ lún l của tiếp điểm là quãng đường đi thêm được của tiếp điểm động nếu không có tiếp điểm tĩnh cản lại.