



Luận án tốt nghiệp

Thiết kế và tính toán động cơ
không đồng bộ 3 pha RoTo
Lồng Sóc



PHẦN I. THIẾT KẾ ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ	4
CHƯƠNG 1. NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC VÀ KẾT CẤU MÁY ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ	4
I. Đại cương về máy điện không đồng bộ.....	4
II. Nguyên lý làm việc của động cơ không đồng bộ	5
III. Cấu tạo của động cơ không đồng bộ.....	7
IV. Công dụng.....	8
V. Kết cấu của máy điện	9
CHƯƠNG 2. NHỮNG VẤN ĐỀ CHUNG KHI THIẾT KẾ ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ RÔTÔ LÔNG SÓC	11
I. Ưu điểm	11
II. Khuyết điểm	11
III. Biện pháp khắc phục	12
IV. Nhận xét.....	12
V. Tiêu chuẩn sản xuất động cơ.....	12
VI. Phương pháp thiết kế.....	12
VII. Nội dung thiết kế.....	12
VIII. Các tiêu chuẩn đối với động cơ không đồng bộ rôto lồng sóc	12
IX. Trình tự thiết kế.....	15
CHƯƠNG 3. TÍNH TOÁN MÁY ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ	17
I. Xác định kích thước chủ yếu	17
II. Thiết kế stato	19
III. Thiết kế lõi sắt rôto.....	21
IV. Khe hở không khí.....	22
V. Tham số của động cơ điện không đồng bộ trong quá trình khởi động.....	23
PHẦN II. THIẾT KẾ VÀ TÍNH TOÁN ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ BA PHA RÔTÔ LÔNG SÓC	27
CHƯƠNG 1. KÍCH THƯỚC CHỦ YẾU	29
1. Số đôi cực	29
2. Đường kính ngoài stato	29
CHƯƠNG 2. DÂY QUẤN, RÃNH STATO VÀ KHE HỖ KHÔNG KHÍ	31
1. Mã hiệu thép và bề dày lá thép.....	31
2. Kết cấu stato của vỏ máy điện xoay chiều.....	31
4. Bước rãnh stato	31
5. Số thanh dẫn tác dụng của một rãnh u_{r1}	31
6. Số vòng dây nối tiếp của một pha.....	32
7. Tiết diện và đường kính dây dẫn	32
8. Kiểu dây quấn.....	32
9. Hệ số dây quấn	33
10. Từ thông khe hở không khí Φ	34
11. Mật độ từ thông khe hở không khí B_δ và tải đường A	34
12. Sơ bộ định chiều rộng của răng b'_{z1}	34
13. Sơ bộ chiều cao của gông stato h_{g1}	34
14. Kích thước rãnh và cách điện.....	34
15. Diện tích rãnh trừ nêm S'_r	35
16. Bề rộng răng stator b_{z1}	35
17. Chiều cao gông stato	36

18. Khe hở không khí.....	36
CHƯƠNG 3. DÂY QUẤN, RĂNG VÀ GÔNG RÔTO	37
1. Số rãnh rôto Z_2	37
2. Đường kính ngoài rôto D'	37
3. Bước răng rôto t_2	37
4. Sơ bộ định chiều rộng của răng rôto b'_{z2}	37
5. Đường kính trục rôto D_t	37
6. Dòng điện trong thanh dẫn rôto I_{td}	37
7. Dòng điện trong vòng ngắn mạch I_v	38
8. Tiết diện thanh dẫn vòng nhôm S'_{td}	38
9. Sơ bộ chọn mật độ dòng điện trong vòng ngắn mạch $S_v = 2,5 A/mm^2$	38
10. Kích thước rãnh rôto và vòng ngắn mạch.....	38
11. Chiều cao vành ngắn mạch h_v	38
12. Đường kính trung bình vành ngắn mạch D_v	38
13. Bề rộng vành ngắn mạch b_v	38
14. Diện tích rãnh rôto S_{r2}	38
15. Bề rộng răng rôto ở 1/3 chiều cao răng.....	38
16. Chiều cao gông rôto h_{g2}	39
17. Làm nghiêng rãnh ở rôto b_n	39
CHƯƠNG 4. TÍNH TOÁN MẠCH TỪ.....	40
1. Hệ số khe hở không khí.....	40
2. Dùng thép KTD cán nguội 2211.....	40
3. Sức từ động khe hở không khí F_δ	40
4. Mật độ từ thông ở răng stator B_{z1}	40
5. Sức từ động trên răng stato	40
6. Mật độ từ thông ở răng rôto B_{z2}	41
7. Sức từ động trên răng rôto F_{z2}	41
8. Hệ số bão hòa răng k_z	41
9. Mật độ từ thông trên gông stator B_{g1}	41
10. Cường độ từ trường ở gông stator H_{g1} : theo Bảng V-9 (Phụ lục V, trang 611 TKMĐ), ta chọn	41
11. Chiều dài mạch từ ở gông stator L_{g1}	41
12. Sức từ động ở gông stator F_{g1}	41
13. Mật độ từ thông trên gông rôto B_{g2}	41
14. Cường độ từ trường ở gông rôto H_{g2} : theo Bảng V-9 (Phụ lục V, trang 611 TKMĐ), ta chọn	41
15. Chiều dài mạch từ ở gông rôto L_{g2}	41
16. Sức từ động ở gông rôto F_{g2}	42
17. Tổng sức từ động của mạch từ F	42
18. Hệ số bão hòa toàn mạch k_μ	42
19. Dòng điện từ hóa I_μ	42
20. Dòng điện từ hóa phần trăm	42
CHƯƠNG 5. THAM SỐ ĐỘNG CƠ ĐIỆN Ở CHẾ ĐỘ ĐỊNH MỨC	43
1. Chiều dài phần đầu nối của dây quấn stator L_{d1}	43
2. Chiều dài trung bình nửa vòng của dây quấn stator l_{tb}	43
3. Chiều dài dây quấn một pha của stator L_1	43

4. Điện trở tác dụng của dây quấn stator r_1	43
5. Điện trở tác dụng của dây quấn rôto r_{rd}	43
6. Điện trở vòng ngắn mạch r_v	44
7. Điện trở rôto r_2	44
8. Hệ số quy đổi γ	44
9. Điện trở rôto đã quy đổi	44
10. Hệ số từ dẫn tản rãnh stator λ_{r1}	44
11. Hệ số từ dẫn tản tap stator	45
12. Hệ số từ tản phần đầu nối λ_{d1}	45
13. Hệ số từ dẫn tản của stator	45
14. Điện kháng dây quấn stator x_1	45
15. Hệ số từ dẫn tản rãnh rôto λ_{r2}	45
16. Hệ số từ dẫn tản tap rôto.....	46
17. Hệ số từ dẫn tản phần đầu nối	46
18. Hệ số từ tản do rãnh nghiêng	46
19. Hệ số từ tản rôto.....	46
20. Điện kháng tản dây quấn rôto.....	46
21. Điện kháng rôto đã quy đổi	46
22. Điện kháng hồ cảm x_{12}	46
23. Tính lai k_E	47
CHƯƠNG 6. TỔN HAO THÉP VÀ TỔN HAO CƠ.....	48
1.	48
2. Trọng lượng gông từ stato.....	48
3. Tổn hao sắt trong lõi sắt stato.....	48
4. Tổn hao bề mặt trên răng rôto	49
5. Tổn hao đập mạch trên răng rôto.....	49
6. Tổng tổn hao thép.....	50
7. Tổn hao cơ.....	50
8. Tổn hao không tải.....	50
CHƯƠNG 7. ĐẶC TÍNH LÀM VIỆC.....	51
1. Hệ số C_1	51
2. Thành phần phản kháng của dòng điện ở chế độ đồng bộ.....	51
3. Thành phần tác dụng của dòng điện ở chế độ đồng bộ.....	51
4. Sức điện động E_1	51
5. Hệ số trượt định mức.....	52
6. Hệ số trượt tại momen cực đại	52
7. Bội số momen cực đại.....	52
CHƯƠNG 8. TÍNH TOÁN ĐẶC TÍNH KHỞI ĐỘNG.....	55
1. Tham số của động cơ điện khi xét đến hiệu ứng mặt ngoài với $s = 1$	55
2. Tham số của động cơ điện khi xét đến hiệu ứng mặt ngoài và sự bão hòa của mạch từ tản khi $s=1$	56
4. Dòng điện khởi động	57
5. Bội số dòng điện khởi động	58
6. Bội số momen khởi động	58
CHƯƠNG 9 TÍNH TOÁN NHIỆT.....	59
1. Các nguồn nhiệt trên sơ đồ thay thế nhiệt bao gồm.....	59

2. Nhiệt trở trên mặt lõi sắt stator	60
3. Nhiệt trở phần đầu nối dây quấn stator	60
4. Nhiệt trở đặc trưng cho độ chênh lệch giữa không khí nóng bên trong máy và vỏ máy	61
5. Nhiệt trở bề mặt ngoài vỏ máy	61
6. Nhiệt trở trên lớp cách điện rãnh	62
7. Độ chênh nhiệt của vỏ máy với môi trường	63
8. Độ tăng nhiệt của dây quấn stato	63
CHƯƠNG 10. TÍNH TOÁN THÔNG GIÓ VÀ LÀM NGUỘI	64
I. Hệ thống thông gió	64
II. Tính toán thông gió	65
1. Xác định lượng không khí cần thiết	65
III. Tính toán quạt gió	66
1. Đặc điểm của quạt ly tâm	66
2. Đặc tính của quạt ly tâm	66
1. Xác định lượng không khí cần thiết Q	66
2. Lượng không khí tiêu hao cực đại	67
3. Tính toán quạt ly tâm	67
4. Chiều cao cánh quạt	69
5. Số cánh quạt	69
6. Kích thước quạt	69
7. Công suất quạt P_q	70
CHƯƠNG 11. TÍNH TOÁN CƠ	71
I. Tính toán trục	71
II. Chọn kích thước trục	72
2. Kiểm tra độ bền trục	72
3. Tính toán gối trục ở bi	75
4. Chọn vỏ máy	76
5. Chọn nắp máy	76
6. Kích thước tổng quát và chân đế của máy theo phụ lục I trang 598 (TKMD)	77
7. Chọn móc treo	77
CHƯƠNG 12. TRỌNG LƯỢNG VẬT LIỆU TÁC DỤNG VÀ CHỈ TIÊU SỬ DỤNG	78
1. Trọng lượng thép silic cầu chuẩn b	78
2. Trọng lượng đồng của dây quấn stato	78
3. Trọng lượng nhôm rôto (không kể cánh quạt ở vành ngắn mạch)	78
PHẦN III	
TIẾT KIỂM NĂNG LƯỢNG ĐIỆN BẰNG CÁCH ĐIỀU KHIỂN HỆ SỐ CÔNG SUẤT	
83	
1. Điều Khiển Hệ Số Công Suất- Mạch Chi Tiết Cơ Bản	83
2. Mạch Khuếch Đại Chế Độ Không Liên Tục Đến Với Chế Độ Liên Tục Cho Sự Điều Chỉnh Hệ Số Công Suất	85
3. Sự Ổn Định Điện Áp ngõ Vào Trong Bộ Khuếch Đại Chế Độ Liên Tục ...	88
4. Sự Ổn Định Ngõ Ra Trong Bộ Ổn Định Khuếch Đại Chế Độ Liên Tục	89

PHẦN 1. THIẾT KẾ ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ

CHƯƠNG 1. NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC VÀ KẾT CẤU MÁY ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ

I. Đại cương về máy điện không đồng bộ

Máy điện không đồng bộ do kết cấu đơn giản, làm việc chắc chắn, sử dụng và bảo quản thuận tiện, giá thành rẻ nên được sử dụng rộng rãi trong nền kinh tế quốc dân, nhất là loại công suất dưới 100 kW.

Động cơ điện không đồng bộ rôto lồng sóc cấu tạo đơn giản nhất nhất là loại rôto lồng sóc đúc nhôm) nên chiếm một số lượng khá lớn trong loại động cơ công suất nhỏ và trung bình. Nhược điểm của động cơ này là điều chỉnh tốc độ khó khăn và dòng điện khởi động lớn thường bằng 6-7 lần dòng điện định mức. Để bỏ khuyết cho nhược điểm này, người ta chế tạo động cơ không đồng bộ rôto lồng sóc nhiều tốc độ và dùng rôto rãnh sâu, lồng sóc kép để hạ dòng điện khởi động, đồng thời tăng mômen khởi động lên.

Động cơ điện không đồng bộ rôto dây quấn có thể điều chỉnh tốc độ trong một chừng mực nhất định, có thể tạo một mômen khởi động lớn mà dòng khởi động không lớn lắm, nhưng chế tạo có khó hơn so với với loại rôto lồng sóc, do đó giá thành cao hơn, bảo quản cũng khó hơn.

Động cơ điện không đồng bộ được sản xuất theo kiểu bảo vệ IP23 và kiểu kín IP44. Những động cơ điện theo cấp bảo vệ IP23 dùng quạt gió hướng tâm đặt ở hai đầu rôto động cơ điện. Trong các động cơ rôto lồng sóc đúc nhôm thì cánh quạt nhôm được đúc trực tiếp lên vành ngắn mạch. Loại động cơ điện theo cấp bảo vệ IP44 thường nhờ vào cánh quạt đặt ở ngoài vỏ máy để thổi gió ở mặt ngoài vỏ máy, do đó tản nhiệt có kém hơn do với loại IP23 nhưng bảo dưỡng máy dễ dàng hơn.

Hiện nay các nước đã sản xuất động cơ điện không đồng bộ theo dãy tiêu chuẩn. Dãy động cơ không đồng bộ công suất từ 0,55-90 KW ký hiệu là K theo tiêu chuẩn Việt Nam 1987-1994 được ghi trong bảng 10-1 (Trang 228 TKMĐ). Theo tiêu chuẩn này, các động cơ điện không đồng bộ trong dãy điều chế tạo theo kiểu IP44.

Ngoài tiêu chuẩn trên còn có tiêu chuẩn TCVN 315-85, quy định dãy công suất động cơ điện không đồng bộ rôto lồng sóc từ 110 kW-1000 kW, gồm có công suất sau: 110,160, 200, 250, 320, 400, 500, 630, 800 và 1000 kW.

Ký hiệu của một động cơ điện không đồng bộ rôto lồng sóc được ghi theo ký hiệu về tên gọi của dãy động cơ điện, ký hiệu về chiều cao tâm trục quay, ký hiệu về kích thước lắp đặt dọc trục và ký hiệu về số trục.

II. Nguyên lý làm việc của động cơ không đồng bộ

Động cơ không đồng bộ ba pha có hai phần chính: stato (phần tĩnh) và rôto (phần quay). Stato gồm có lõi thép trên đó có chứa dây quấn ba pha.

Khi đấu dây quấn ba pha vào lưới điện ba pha, trong dây quấn sẽ có các dòng điện chạy, hệ thống dòng điện này tạo ra từ trường quay, quay với tốc độ:

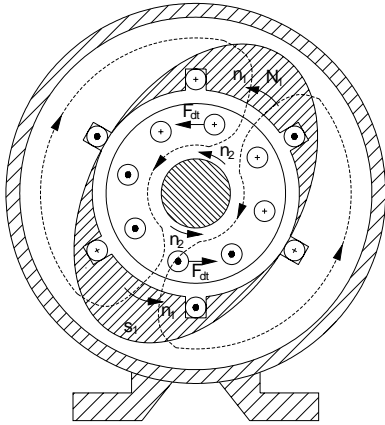
$$n_1 = 60 * \frac{f_1}{p}$$

Trong đó:

- f_1 : tần số nguồn điện

- p : số đôi cực từ của dây quấn

Phần quay, nằm trên trục quay bao gồm lõi thép rôto. Dây quấn rôto bao gồm một số thanh dẫn đặt trong các rãnh của mạch từ, hai đầu được nối bằng hai vành ngắn mạch.



Hình 1.1

Từ trường quay của stato cảm ứng trong dây rôto sức điện động E , vì dây quấn stato kín mạch nên trong đó có dòng điện chạy. Sự tác dụng tương hỗ giữa các thanh dẫn mang dòng điện với từ trường của máy tạo ra các lực điện từ F_{dt} tác dụng lên thanh dẫn có chiều xác định theo quy tắc bàn tay trái.

Tập hợp các lực tác dụng lên thanh dẫn theo phương tiếp tuyến với bề mặt rôto tạo ra mômen quay rôto. Như vậy, ta thấy điện năng lấy từ lưới điện đã được biến thành cơ năng trên trục động cơ. Nói cách khác, động cơ không đồng bộ là một thiết bị điện từ, có khả năng biến điện năng lấy từ lưới điện thành cơ năng đưa ra trên trục của nó. Chiều quay của rôto là chiều quay của từ trường, vì vậy phụ thuộc vào thứ tự pha của điện áp lưới đặt trên dây quấn stato. Tốc độ của rôto n_2 là tốc độ làm việc và luôn luôn nhỏ hơn tốc độ từ trường và chỉ trong trường hợp đó mới xảy ra cảm ứng sức điện động trong dây quấn rôto. Hiệu số tốc độ quay của từ trường và rôto được đặc trưng bằng một đại lượng gọi là hệ số trượt s :

$$s = \frac{n_1 - n_2}{n_1}$$

Khi $s=0$ nghĩa là $n_1=n_2$, tốc độ rôto bằng tốc độ từ trường, chế độ này gọi là chế độ không tải lý tưởng (không có bất cứ sức cản nào lên trục). Ở chế độ không tải thực, $s \approx 0$ vì có một ít sức cản gió, ma sát do ổ bi ...

Khi hệ số trượt bằng $s=1$, lúc đó rôto đứng yên ($n_2=0$), momen trên trục bằng momen mở máy.

Hệ số trượt ứng với tải định mức gọi là hệ số trượt định mức. Tương ứng với hệ số trượt này gọi tốc độ động cơ gọi là tốc độ định mức.

Tốc độ động cơ không đồng bộ bằng:

$$n_2 = n_1 * (1 - s)$$

Một đặc điểm quan trọng của động cơ không đồng bộ là dây quấn stato không được nối trực tiếp với lưới điện, sức điện động và dòng điện trong rôto có được là do cảm ứng, chính vì vậy người ta cũng gọi động cơ này là động cơ cảm ứng.

Tần số dòng điện trong rôto rất nhỏ, nó phụ thuộc vào tốc độ trượt của rôto so với từ trường:

$$f_2 = p * \frac{n_1 - n_2}{60} = \frac{p * n_1 * (n_1 - n_2)}{60 * n_1} = s * f_1$$

Động cơ không đồng bộ có thể làm việc ở chế độ máy phát điện nếu ta dùng một động cơ khác quay nó với tốc độ cao hơn tốc độ đồng bộ, trong khi các đầu ra của nó được nối với lưới điện. Nó cũng có thể làm việc độc lập nếu trên đầu ra của nó được kích bằng các tụ điện.

Động cơ không đồng bộ có thể cấu tạo thành động cơ một pha. Động cơ một pha không thể tự mở máy được, vì vậy để khởi động động cơ một pha cần có các phần tử khởi động như tụ điện, điện trở ...

III. Cấu tạo của động cơ không đồng bộ

Động cơ không đồng bộ về cấu tạo được chia làm hai loại: động cơ không đồng bộ ngắn mạch hay còn gọi là rôto lồng sóc và động cơ dây quấn. Stato có hai loại như nhau. Ở phần luận văn này chỉ nghiên cứu động cơ không đồng bộ rôto lồng sóc.

1. Stato (phần tĩnh)

Stato bao gồm vỏ máy, lõi thép và dây quấn.

- Vỏ máy

Vỏ máy là nơi cố định lõi sắt, dây quấn và đồng thời là nơi ghép nối nắp hay gối đỡ trục. Vỏ máy có thể làm bằng gang nhôm hay lõi thép. Để chế tạo vỏ máy người ta có thể đúc, hàn, rèn. Vỏ máy có hai kiểu: vỏ kiểu kín và vỏ kiểu bảo vệ. Vỏ máy kiểu kín yêu cầu phải có diện tích tản nhiệt lớn người ta làm nhiều gân tản nhiệt trên bề mặt vỏ máy. Vỏ kiểu bảo vệ thường có bề mặt ngoài nhẵn, gió làm mát thổi trực tiếp trên bề mặt ngoài lõi thép và trong vỏ máy.

Hộp cực là nơi để dấu điện từ lưới vào. Đối với động cơ kiểu kín hộp cực yêu cầu phải kín, giữa thân hộp cực và vỏ máy với nắp hộp cực phải có giăng cao su. Trên vỏ máy còn có bulon vòng để cấu máy khi nâng hạ, vận chuyển và bulon tiếp mát.

- Lõi sắt

Lõi sắt là phần dẫn từ. Vì từ trường đi qua lõi sắt là từ trường quay, nên để giảm tổn hao lõi sắt được làm những lá thép kỹ thuật điện dày 0,5mm ép lại. Yêu cầu lõi sắt là phải dẫn từ tốt, tổn hao sắt nhỏ và chắc chắn.

Mỗi lá thép kỹ thuật điện đều có phủ sơn cách điện trên bề mặt để giảm tổn hao do dòng điện xoáy gây nên (hạn chế dòng điện phuco).

- Dây quấn

Dây quấn stator được đặt vào rãnh của lõi sắt và được cách điện tốt với lõi sắt. Dây quấn đóng vai trò quan trọng của máy điện vì nó trực tiếp tham gia các quá trình biến đổi năng lượng điện năng thành cơ năng hay ngược lại, đồng thời về mặt kinh tế thì giá thành của dây quấn cũng chiếm một phần khá cao trong toàn bộ giá thành máy.

2. Phần quay (Rôto)

Rôto của động cơ không đồng bộ gồm lõi sắt, dây quấn và trục (đối với động cơ dây quấn còn có vành trượt).

- Lõi sắt

Lõi sắt của rôto bao gồm các lá thép kỹ thuật điện như của stator, điểm khác biệt ở đây là không cần sơn cách điện giữa các lá thép vì tần số làm việc trong rôto rất thấp, chỉ vài Hz, nên tổn hao do dòng phưco trong rôto rất thấp. Lõi sắt được ép trực tiếp lên trục máy hoặc lên một giá rôto của máy. Phía ngoài của lõi thép có xẻ rãnh để đặt dây quấn rôto.

- Dây quấn rôto

Phân làm hai loại chính: loại rôto kiểu dây quấn và loại rôto kiểu lồng sóc

- Loại rôto kiểu dây quấn

Rôto có dây quấn giống như dây quấn stato. Máy điện kiểu trung bình trở lên dùng dây quấn kiểu sóng hai lớp, vì bớt những dây đầu nối, kết cấu dây quấn trên rôto chặt chẽ. Máy điện cỡ nhỏ dùng dây quấn đồng tâm một lớp. Dây quấn ba pha của rôto thường đầu hình sao.

Đặc điểm của loại động cơ kiểu dây quấn là có thể thông qua chổi than đưa điện trở phụ hay suất điện động phụ vào mạch rôto để cải thiện tính năng mở máy ,điều chỉnh tốc độ hay cải thiện hệ số công suất của máy.

- Loại rôto kiểu lồng sóc

Kết cấu của loại dây quấn rất khác với dây quấn stato. Trong mỗi rãnh của lõi sắt rôto, đặt các thanh dẫn bằng đồng hay nhôm dài khỏi lõi sắt và được nối tắt lại ở hai đầu bằng hai vòng ngắn mạch bằng đồng hay nhôm. Nếu là rôto đúc nhôm thì trên vành ngắn mạch còn có các cánh khoá gió.

Rôto thanh đồng được chế tạo từ đồng hợp kim có điện trở suất cao nhằm mục đích nâng cao mômen mở máy.

Để cải thiện tính năng mở máy, đối với máy có công suất lớn, người ta làm rãnh rôto sâu hoặc dùng lồng sóc kép. Đối với máy điện cỡ nhỏ, rãnh rôto được làm chéo góc so với tâm trục.

Dây quấn lồng sóc không cần cách điện với lõi sắt.

- Trục

Trục máy điện mang rôto quay trong lòng stato, vì vậy nó cũng là một chi tiết rất quan trọng. Trục của máy điện tùy theo kích thước có thể được chế tạo từ thép Cacbon từ 5 đến 45.

Trên trục của rôto có lõi thép, dây quấn, vành trượt và quạt gió.

3. Khe hở

Vì rôto là một khối tròn nên khe hở đều. Khe hở trong máy điện không đồng bộ rất nhỏ ($0,2 \div 1$ mm trong máy cỡ nhỏ và vừa) để hạn chế dòng từ hóa lấy từ lưới vào, nhờ đó hệ số công suất của máy cao hơn.

IV. Công dụng

Máy điện không đồng bộ là máy điện chủ yếu dùng làm động cơ điện. Do kết cấu đơn giản, làm việc chắc chắn, hiệu quả cao, giá thành rẻ, dễ bảo quản ... Nên động cơ không đồng bộ là loại máy điện được sử dụng rộng rãi nhất trong các ngành kinh tế quốc dân với công suất vài chục W đến hàng chục kW. Trong công nghiệp thường dùng máy điện không đồng bộ làm nguồn động lực cho máy cán thép loại vừa và nhỏ, động lực cho các máy công cụ ở các nhà máy công nghiệp nhẹ... Trong hầm mỏ dùng làm máy tưới hay quạt gió. Trong nông nghiệp dùng làm máy bơm hay máy gia công nông phẩm. Trong đời sống hàng ngày, máy điện không

đồng bộ cũng đã chiếm một vị trí quan trọng như quạt gió, quay đĩa động cơ trong tủ lạnh, máy giặt, máy bơm ... nhất là loại rôto lồng sóc. Tóm lại sự phát triển của nền sản xuất điện khí hóa, tự động hóa và sinh hoạt hằng ngày, phạm vi của máy điện không bộ ngày càng được rộng rãi.

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

V. Kết cấu của máy điện

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

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

- Có nhiều loại máy điện và công dụng cũng khác nhau như máy một chiều, máy đồng bộ, máy không đồng bộ v. v... cho nên yêu cầu đối với kết cấu máy cũng khác nhau. Công suất máy khác nhau nhiều. Ở những máy công suất nhỏ thì giá đỡ trục đồng thời là nắp máy. Đối với máy lớn thì phải có trục đỡ riêng.
- Tốc độ quay khác nhau. Máy tốc độ cao thì rôto cần phải chắc chắn hơn, máy tốc độ chậm thì đường kính rôto thường lớn.
- Sự khác nhau của động cơ sơ cấp kéo nó (đối với máy phát điện) hay tải (đối với động cơ điện) như tuabin nước, tuabin hơi, máy diezen, bơm nước hay máy công tác v. v... Phương thức truyền động hay lắp ghép cũng khác nhau.
- Căn cứ vào tính toán điện từ và tính toán thông gió có thể đưa ra nhiều phương án khác nhau. Những phương án này về kích thước, trọng lượng, tính tiện lợi khi sử dụng, độ tin cậy khi làm việc, tính giản đơn khi chế tạo và giá thành của máy có thể không giống nhau. Vì vậy khi thiết kế cần chú ý để tất cả các yếu tố đó.

Nguyên tắc chung để thiết kế kết cấu:

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

1. Phân loại các kiểu kết cấu máy điện đã định hình

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

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

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

toàn không cho người tiếp xúc ,đồ vật và bụi không lọt vào, chữ số thứ hai chỉ mức độ bảo vệ chống nước vào máy gồm cấp đánh số từ 0 đến 8, trong đó số 0 chỉ rằng máy không được bảo vệ còn số 8 chỉ máy có thể ngâm trong nước trong thời gian vô hạn định.

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

- Kiểu hở

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

- Kiểu bảo vệ

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

- Kiểu kín

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

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

b) Phân loại theo cách lắp đặt

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

2. Kết cấu stato của máy điện xoay chiều

a) Vỏ máy

Khi thiết kế kết cấu vỏ stato phải kết hợp với yêu cầu về truyền nhiệt và thông gió, đồng thời phải có đủ độ cứng và độ bền, không những sau khi lắp lõi sắt và cả khi gia công vỏ. Thường đủ độ cứng thì đủ độ bền. Vỏ có thể chia làm hai loại: loại có gân trong và loại không có gân trong. Loại không có gân trong thường dùng đối với máy điện cỡ nhỏ hoặc kiểu kín, lúc đó lưng lõi sắt áp sát vào mặt trong của vỏ máy và truyền nhiệt trực tiếp lên vỏ máy. Loại có gân trong có đặc điểm là trong lúc gia công, tốc độ cắt gọt chậm nhưng phế liệu bỏ đi ít hơn loại không có gân trong.

Loại vỏ bằng thép tấm hàn gồm ít nhất là hai vòng thép tấm trở lên và những gân ngang làm thành khung. Những dạng khác đều xuất phát từ dạng cơ bản đó.

b) Lõi sắt stato

Khi đường kính ngoài lõi sắt nhỏ hơn 1m thì dùng tấm nguyên để làm lõi sắt. Lõi sắt sau khi ép vào vỏ sẽ có một chốt cố định với vỏ để khỏi bị quay dưới tác động của momen điện từ

Nếu đường kính ngoài của lõi sắt lớn hơn 1m thì dùng các tấm hình rẽ quạt ghép lại. Khi ấy để ghép lõi sắt, thường dùng hai tấm thép dày ép hai đầu. Để tránh được lực hướng tâm và lực hút các tấm, thường làm những cánh đuôi nhọn hình rẽ quạt trên các tấm để ghép các tấm vào các gân trên vỏ máy.

3. Kết cấu rôto của máy điện xoay chiều và một chiều

Về kết cấu rôto máy điện một chiều và xoay chiều có nhiều điểm giống nhau. Khi xét đến kết cấu của rôto cần phải chú ý đến các lực tác động lên rôto khi máy làm việc.

Nếu đường kính rôto nhỏ hơn 350 mm thì lõi sắt rôto thường được ép trực tiếp lên trục hoặc ống lồng trục. Đó là vì đường kính rôto không lớn, phần trong của lõi thép cắt ra không dùng được vào việc gì có kinh tế lớn mà kết cấu rôto lại được đơn giản hóa. Việc dùng ống lồng cũng hạn chế, chỉ dùng khi cần thiết như ở động cơ điện trên tàu để thay trục được dễ dàng. Khi đường kính rôto lớn hơn 350 mm, đường kính trong rôto cố gắng lấy lớn hơn để dùng lõi lấy ra làm việc khác, do đó cần giá đỡ rôto.

Khi đường kính rôto lớn hơn 1000 mm thì dùng các tấm tôn silic hình rẽ quạt ép lại. Lúc đó dùng giá đỡ rôto hình cánh sao. Giá đỡ rôto trong các máy lớn thường làm bằng thép tấm hàn lại.

Lõi thép cần được ép chặt với áp suất từ 5 kg/cm² đối với máy cỡ trung, đến 10kg/cm² đối với máy cỡ nhỏ và phải có những vòng ép để đảm bảo giữ áp suất đó. Để tránh lõi sắt ở hai đầu bị tản ra thì trong máy nhỏ dùng những tấm thép dày 1,5 mm ép lại. Trong máy lớn dùng tấm thép có răng. Răng phải tán hay hàn vào tấm thép ép để đảm bảo khi quay không văng ra.

Vòng ép của máy điện một chiều và máy không đồng bộ rôto dây quấn một mặt dùng để ép chặt lõi sắt, một mặt dùng để làm giá đỡ đầu dây quấn. Trong máy điện cỡ nhỏ thường đúc bằng gang, trong máy lớn thường dùng thép tấm hàn lại. Dùng giá đỡ liền vành ép sẽ dễ dàng cho việc đai đầu dây cho khỏi văng ra khi quay.

Rôto máy điện không đồng bộ thường có rãnh nửa kín và dùng nêm cố định dây trong rãnh.

CHƯƠNG 2. NHỮNG VẤN ĐỀ CHUNG KHI THIẾT KẾ ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ RÔTO LỒNG SÓC

I. Ưu điểm

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

II. Khuyết điểm

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

III. Biện pháp khắc phục

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

IV. Nhận xét

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

V. Tiêu chuẩn sản xuất động cơ

- Tiêu chuẩn về dãy sản xuất:

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

- Tiêu chuẩn về kích thước lắp đặt:

- Độ cao tâm trục h: lắp đặt được đồng bộ, thể hiện trình độ sản xuất, trang bị máy công cụ sản xuất.

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

VI. Phương pháp thiết kế

- Thiết kế đơn chiết: một cấp công suất (trong phạm vi luận văn, chọn phương pháp thiết kế này).

- Thiết kế dãy: nhiều công suất. Mặt dù cùng một cỡ lõi sắt, nhưng chiều dài khác nhau nên công suất khác nhau.

VII. Nội dung thiết kế

Thiết kế điện từ:

- Xác định kích thước chủ yếu.
- Xác định thông số các phần tử chủ yếu của máy.

Các chi tiết này không tham gia vào quá trình biến đổi năng lượng.

VIII. Các tiêu chuẩn đối với động cơ không đồng bộ rôto lồng sóc

1. Tiêu chuẩn về dãy công suất

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

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

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

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

2. Tiêu chuẩn về kích thước lắp đặt độ cao tâm trục

- Độ cao tâm trục: từ tâm của trục đến bệ máy. Đây là một đại lượng rất quan trọng trong việc lắp ghép động cơ với những cơ cấu thiết bị khác.
- Kích thước lắp đặt: chiều cao tâm trục có thể được chọn theo dãy công suất của động cơ điện không đồng bộ rôto lồng sóc.

3. Ký hiệu máy

Ví dụ: 3K 250 M4.

- 3K: động cơ điện không đồng bộ dây K thiết kế lại lần 3.
- 250: chiều cao tâm trục bằng 250mm.
- M: kích thước lắp đặt dọc trục là M
- 4: máy có 4 cực.

4. Cấp bảo vệ

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

5. Sự làm mát

Ký hiệu là IC...

Ví dụ:

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

IC0141 làm mát kiểu kín, làm mát mặt ngoài.

6. Cấp cách điện

- Dây A02: cấp E, B
- Dây 4A: cấp E, F, H

Vật liệu cách điện:

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

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

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

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

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

Hiện nay, theo nhiệt độ cho phép của vật liệu (nhiệt độ mà vật liệu cách điện làm việc tốt trong 15-20 năm ở điều kiện làm việc bình thường). Hội kỹ thuật điện quốc tế IEC đã chia vật liệu cách điện thành các cấp sau đây:

ch điện							
ộ cho phép(°C)							
tăng nhiệt(°C)							

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

7. Các tiêu chuẩn khác

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

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

Sai lệch cho phép:

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

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

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

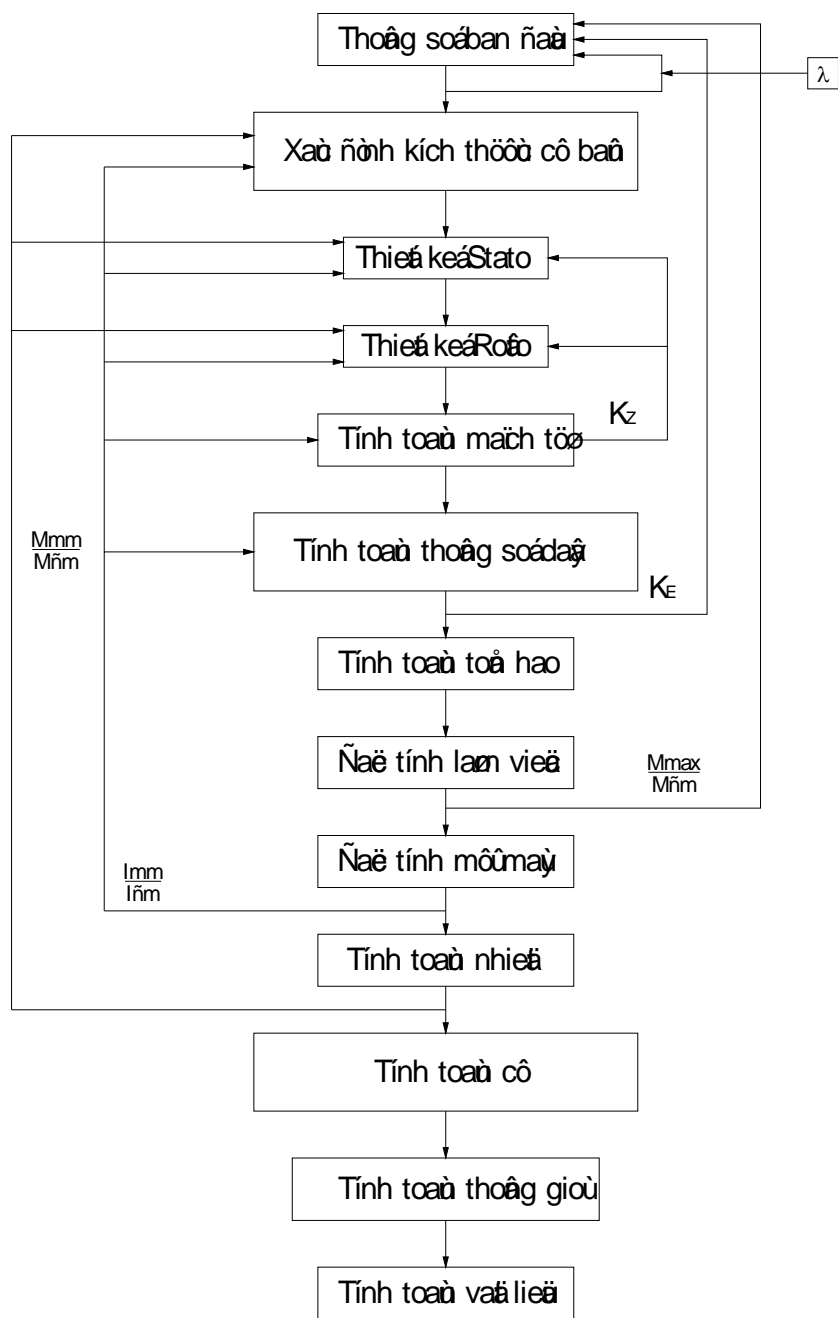
$\Delta\left(\frac{M_{\min}}{M_{\text{đm}}}\right) \leq -20\%$ (so với tiêu chuẩn).

8. Chế độ làm việc

Gồm có các chế độ làm việc sau:

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

IX. Trình tự thiết kế



CHƯƠNG 3. TÍNH TOÁN MÁY ĐIỆN KHÔNG ĐỒNG BỘ

I. Xác định kích thước chủ yếu

1. Xác định đường kính D và chiều dài l

Những kích thước chủ yếu của máy điện không đồng bộ là đường kính trong stator D và chiều dài lõi sắt l. Mục đích của việc chọn kích thước chủ yếu này là để chế tạo ra máy kinh tế hợp lý nhất mà tính năng phù hợp với các tiêu chuẩn nhà nước. Tính kinh tế của máy không chỉ là vật liệu sử dụng để chế tạo ra máy mà còn xét đến quá trình chế tạo trong nhà máy, như tính thông dụng của các khuôn dập, vật đúc, các kích thước và chi tiết tiêu chuẩn hóa...

Khi xác định kích thước kết cấu của máy điện không đồng bộ, giữa hai đường kính trong và ngoài của lõi sắt stator có một quan hệ nhất định:

$$k_D = \frac{D}{D_n}$$

Quan hệ này phụ thuộc vào số đôi cực và được nêu trong bảng:

	0, 57	0, 68	0, 72	0, 77

Bảng 2. 1 Trị số của k_D

Đường kính ngoài D_n có liên quan mật thiết với chiều rộng cuộn tôn kỹ thuật điện và chiều cao tâm trục máy h đã được tiêu chuẩn hóa. Vì vậy, thường chọn D_n theo h và từ đó tính ngược lại D_n.

Đường kính ngoài tối đa D_n max theo chiều cao tâm trục h và đường kính ngoài tiêu chuẩn D_n của các động cơ điện không đồng bộ Nga, dãy 4A cấp cách điện F như trong bảng 10-3 trang 230 TKMĐ

Chiều dài phần ứng được tính theo công thức:

$$l_\delta = \frac{6,1 \cdot 10^7 \cdot S}{\alpha_\delta \cdot k_s \cdot k_d \cdot A \cdot B_\delta \cdot D^2 \cdot n_{db}}$$

Ở đây $S = \frac{k_E \cdot P}{\eta \cdot \cos \varphi}$ gọi là công suất tính toán, trong đó η, cosφ là hiệu suất và hệ số công suất định mức của máy và có thể tra theo bảng phía dưới.

Và k_E = E/U lúc đầu tra theo hình 10-1 trang 231TKMĐ.

Công suất (kW)	Hiệu suất (%)					Tốc độ (Vòng / phút)				
	n (Vòng / phút)					n (Vòng / phút)				

Trong đó n_g và b_g là số rãnh và chiều rộng rãnh thông gió hướng kính. Thường lấy $b_g = 1\text{cm}$, còn n_g thì chọn sao cho chiều dài mỗi đoạn lõi sắt vào khoảng $4 \div 6\text{cm}$.

2. Chọn A và B_δ

Việc chọn A và B_δ ảnh hưởng rất nhiều đến kích thước chủ yếu D và l. Đứng về mặt tiết kiệm vật liệu thì nên chọn A và B_δ lớn, nhưng nếu A và B_δ quá lớn thì tổn hao đồng và sắt tăng lên, làm máy quá nóng, ảnh hưởng đến tuổi thọ sử dụng máy. Do đó khi chọn A và B_δ cần xét đến vật liệu sử dụng. Nếu dùng vật liệu sắt từ tốt (có tổn hao ít hoặc độ từ thẩm cao) thì có thể chọn B_δ lớn. Dùng dây đồng có cấp cách điện cao thì có thể chọn A lớn. Ngoài ra tỷ số giữa A và B_δ cũng ảnh hưởng đến đặc tính làm việc và khởi động của động cơ không đồng bộ, vì A đặc trưng cho mạch điện, B_δ đặc trưng cho mạch từ.

Hệ số $\cos\varphi$ của máy chủ yếu phụ thuộc vào tỷ lệ giữa dòng điện từ hóa với dòng điện định mức.

$$\frac{I_\mu}{I_{dm}} = 1,78 * \frac{k_\mu * k_\delta}{k_{d1}} * \frac{\delta}{\tau} * \frac{B_\delta}{A}$$

Từ công thức trên ta thấy khi tỷ số $\frac{B_\delta}{A}$ tăng, nghĩa là B_δ tăng hay A giảm thì $\frac{I_\mu}{I_{dm}}$ tăng dẫn đến $\cos\varphi$ của máy giảm.

Như đã biết, momen khởi động M_k và momen cực đại M_{max} tỷ lệ nghịch với điện kháng ngắn mạch x_n , x_n càng nhỏ thì M_k và M_{max} càng lớn.

Quan hệ giữa A và B_δ trong máy điện không đồng bộ theo đường kính ngoài D_n được biểu thị trong hình 10- 2 (trang 231, TKMĐ).

Cũng giống các máy điện khác, việc chọn D và I cho một máy không chỉ có một nhóm trị số, vì vậy khi thiết kế phải căn cứ vào tình hình sản xuất mà tiến hành so sánh phương án một cách toàn diện để được một phương án kinh tế và hợp lý nhất.

Ở máy điện không đồng bộ, qua những máy đã thiết kế chế tạo và có tính năng tốt, tính kinh tế cao thì λ nên nằm trong phạm vi gạch chéo của hình 10- 3 (trang 233, TKMĐ). Vì vậy khi bắt đầu thiết kế một máy mới nên nghiệm lại λ sau khi đã xác định D và l.

II. Thiết kế stato

1. Dây quấn stato

Việc chọn kiểu dây quấn và kiểu rãnh stato có thể theo cách sau:

Với điện áp $\leq 660\text{V}$, chiều cao tâm trục $\leq 160\text{mm}$ có thể chọn dây quấn một lớp đồng tâm đặc trong rãnh nửa kín. Với $h = 180\text{-}250\text{mm}$ dùng dây quấn 2 lớp đặc vào rãnh nửa kín. Với $h \geq 250\text{mm}$ dùng dây quấn 2 lớp phần tử cứng đặc vào rãnh nửa hở.

Với điện áp cao, $U = 6000\text{V}$ dùng dây quấn 2 lớp phần tử cứng đặc vào rãnh hở. Dây dẫn tiết kiệm tròn hiện nay thường dùng dây men cách điện cấp E trở lên. Dây dẫn tiết kiệm chữ nhật thường dùng loại bọc 2 lớp sợi thủy tinh cách điện cấp B trở lên.

Muốn chọn kích thước dây trước hết phải chọn mật độ dòng điện J của dây dẫn. Căn cứ vào dòng điện định mức để tính ra tiết diện cần thiết. Việc chọn mật độ dòng điện ảnh hưởng đến hiệu suất và sự phát nóng của máy mà sự phát nóng này chủ yếu phụ thuộc vào tích số AJ.

Trong máy điện không đồng bộ, tích số AJ theo đường kính ngoài lõi sắt D_n được nêu trong hình 10-4 (trang 237, TKMĐ).

Sơ bộ tính tiết diện dây dẫn thành phần bằng:

$$s'_1 = \frac{I_{đm}}{a_1 * n_1 * J_1}$$

Trong đó:

a_1 - số mạch nhánh song song của dây quấn;

n_1 - số sợi ghép song song.

Căn cứ vào s'_1 chọn tiết diện dây quy chuẩn s_1 , từ đó được đường kính dây tiêu chuẩn.

Chọn a_1 và n_1 thích đáng để đường kính dây không kể cách điện $d \leq 1,8$ mm. Đối với dây men thì đường kính không lớn hơn 1,7 mm khi lồng dây bằng tay và không lớn hơn 1,4 mm khi lồng dây bằng máy để khỏi ảnh hưởng đến độ bền cơ của lớp men cách điện.

2. Xác định số rãnh stato

Khi thiết kế dây quấn stato cần phải xác định số rãnh của một pha dưới mỗi cực q_1 . Nên chọn q_1 trong khoảng từ 2÷5. Thường lấy $q_1 = 3÷4$. Với máy công suất nhỏ hoặc tốc độ thấp, lấy $q_1 = 2$. Máy tốc độ cao công suất lớn có thể chọn $q_1 = 6$. Chọn q_1 nhiều hay ít có ảnh hưởng đến số rãnh stato Z_1 . Số rãnh này không nên nhiều quá, vì như vậy diện tích cách điện rãnh chiếm chỗ so với số rãnh ít sẽ nhiều hơn, do đó hệ số lợi dụng rãnh sẽ kém đi. Mặt khác, về phương diện độ bền cơ mà nói răng sẽ yếu. Ít răng quá sẽ làm cho dây quấn phân bố không đều trên bề mặt lõi sắt nên sức từ động phân cứng có nhiều sóng bậc cao.

Trị số q_1 nên chọn số nguyên vì cải thiện được đặc tính làm việc và có khả năng làm giảm tiếng kêu của máy. Chỉ trong trường hợp không thể tránh được mới dùng q_1 là phân số với mẫu số là 2. Sở dĩ như vậy vì sức từ động sóng bậc cao và sóng răng của dây quấn với q_1 là phân số trong máy điện không đồng bộ là máy có khe hở rất nhỏ, dễ sinh ra rung, momen phụ và làm tăng tổn hao phụ.

Sau khi chọn q_1 thì số rãnh stato bằng:

$$Z_1 = 2 * m * p * q_1.$$

Và bước răng stato:

$$t_1 = \frac{\pi * D}{Z_1}$$

Đối với rãnh nửa hở, có thể chọn Z_1 theo bước răng stato t_1 , trong đó t_1 có thể xác định theo bảng sau

	p U(V)		

--	--	--	--

3. Dạng rãnh stato

Dạng rãnh phụ thuộc vào thiết kế điện từ và loại dây dẫn. Rãnh được thiết kế sao cho có thể cho vừa số dây dẫn thiết kế cho một rãnh kể cả cách điện và công nghệ chế tạo dễ, mật độ từ thông trên răng và gông không lớn hơn một trị số nhất định để đảm bảo tính năng của máy.

Đối với rãnh nửa kín với dây dẫn tiết diện tròn, để xác định mức độ lấp đầy rãnh khi lồng dây vào rãnh thường dùng hệ số lấp đầy k_d .

Thường khi thiết kế lấy $k_d = 0,7 \div 0,75$ là thích hợp nhất.

Miệng rãnh $b_{41} = d_{cd} + 1,5$ mm trong đó d_{cd} là đường kính dây kể cả cách điện. Chiều cao miệng rãnh h_{41} thường lấy trong khoảng $0,4 \div 0,8$ mm. Đối với rãnh nửa hở hoặc hở, quan hệ giữa bước rãnh t_1 và chiều rộng rãnh b_{r1} như sau:

$$t_1 = (1,8 \div 2,2) * b_{r1}$$

III. Thiết kế lõi sắt rôto

Sự khác nhau giữa các kiểu máy không đồng bộ là ở rôto. Tính năng của máy tốt hay xấu cũng là ở rôto. Để thỏa mãn các yêu cầu khác nhau, có thể chế tạo thành loại rôto dây quấn, rôto lồng sóc đơn, rôto rãnh sâu, rôto lồng sóc kép...

1. Rôto dây quấn

Động cơ công suất đến 10-15 kW trước đây dùng dây quấn tiết diện tròn một lớp đồng tâm hai mặt phẳng (với $2p = 4$) hay ba mặt phẳng ($2p = 2$). Khi ấy rôto chọn rãnh nửa kín hình ôvan hay quả lê với miệng rãnh $b_{42} = 1,5 - 2$ mm ; số pha rôto $m_2 = 3$ và nối hình sao.

Trong những năm gần đây, dây quấn rôto thường dùng loại xếp hai lớp và sơ đồ dây quấn không khác với dây quấn stato. Dây quấn cấu tạo từ những thanh dẫn tiết diện chữ nhật không lớn lắm, tạo thành các phần tử cứng đặt vào trong thành hờ có bề rộng 3,3 - 5,6 mm để tránh tổn hao đập mạch và tổn hao bề mặt trên răng stato và để cho hệ số khe hở không khí k_δ không lớn lắm. Dây quấn này được sử dụng cho những máy có chiều cao tâm trục đến 280 mm. Khi $h > 280$ mm thường dùng dây quấn sóng kiểu thanh dẫn. Ưu điểm của loại dây quấn này, ngoài việc giảm khối lượng đồng ở phần đầu nối ra còn cho phép nâng cao điện áp ở vành trượt và như vậy sẽ làm nhỏ dòng điện qua chổi than.

2. Động cơ lồng sóc thường

a) Chọn số rãnh rôto Z_2

Việc chọn số rãnh rôto lồng sóc Z_2 là một vấn đề rất quan trọng, vì khe hở của máy rất nhỏ, khi khởi động momen phụ do từ trường sóng bậc cao gây nên ảnh hưởng rất lớn đến quá trình khởi động và ảnh hưởng đến cả đặc tính làm việc. Vì vậy, để có tính năng tốt, khi chọn Z_2 phải tuân theo một sự hạn chế nhất định.

Sự phối hợp số rãnh stato Z_1 và rôto Z_2 được ghi trong bảng 10-6 trang 246 TKMĐ

Khi làm nghiên cứu rãnh thì sự phối hợp số rãnh Z_1 và Z_2 cho phép rộng rãi hơn, tuy vậy nó làm cho momen cực đại và $\cos\phi$ hạ thấp xuống một tí, vì vậy không lấy b_n quá lớn.

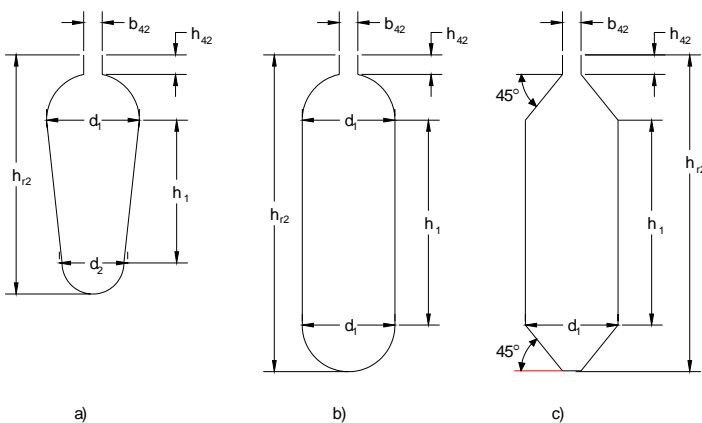
Thường trong các máy không đồng bộ công suất nhỏ chọn $Z_2 < Z_1$ để cho răng rãnh rôto khỏi quá nhỏ. Trong các máy công suất lớn, để giảm điện chọn $Z_2 > Z_1$

b) Dạng rãnh rôto loại thường

Thiết kế dạng rãnh cũng là xác định diện tích rãnh (tức là diện tích thanh dẫn của lồng sóc). Do điện trở r và điện kháng tản x của rôto có quan hệ với hình dạng rãnh rôto, nên khi rôto đã thiết kế xong thì việc thiết kế dạng rãnh rôto trực tiếp ảnh hưởng đến tính năng của máy. Ngày nay, với những máy có chiều cao tâm trục $h=50 - 250$ mm thường lồng sóc được đúc bằng nhôm, trong đó khi $h = 50 - 250$ mm thường đúc bằng áp lực, khi $h \geq 280$ mm thì đúc rung hay trọng lực.

Rãnh trong hình 2. 1a thường dùng trong máy không đồng bộ rôto lồng sóc có chiều cao tâm trục $h \leq 160$ mm, trong đó thường lấy $b_{42} = 1$ mm, $h_{42} = 0,5 - 1$ mm, $d_1/d_2 = 6,5 - 7,5/4 - 6$ mm, $h_{r1} = 10 - 20$ mm.

Khi $h \geq 180$ mm dùng rãnh sâu hình ôvan như hình 2 -1b hoặc 2-1c, trong đó $b_{42} = 1,5$ mm, $h_{42} = 0,5 - 1,5$ mm, $d_1 = d_2 = b_{r2} = 3,5 - 6$ mm, $h_{r2} = 25 - 45$ mm. Máy càng lớn tốc độ càng cao thì b_{r2} càng sâu.



Hình 3.1

Thiết kế rãnh rôto phải làm sao cho mật độ từ thông ở răng và gông rôto phải nằm trong phạm vi thích hợp ghi trong các bảng 2. 5. Vì vậy khi thiết kế rãnh, phải định kích thước tối thiểu của răng và gông rôto.

Mặt khác đối với máy không đồng bộ rôto lồng sóc, tiết diện rãnh rôto đồng thời là tiết diện thanh dẫn rôto, vì vậy phải làm sao cho mật độ dòng điện trong thanh dẫn rôto thích hợp. Chọn mật độ dòng điện trong thanh dẫn $J_{td} = (2,5 \div 3,5) A/mm^2$ khi thanh dẫn đúc nhôm và $J_{td} = (4 \div 8) A/mm^2$ khi thanh dẫn bằng đồng, trong đó trị số lớn dùng cho công suất nhỏ. Mật độ dòng điện ở vòng ngắn mạch J_v chọn thấp hơn J_{td} khoảng $20 \div 25$ %.

Chiều cao vành ngắn mạch thường lấy cao hơn chiều cao rãnh rôto:

$$b_v \geq 1,2 \cdot h_{r2}$$

Chiều dài lõi sắt rôto l_2 thường thiết kế bằng chiều dài lõi sắt stato l_1 hoặc dài hơn $4 - 10$ mm.

IV. Khe hở không khí

Khi chọn khe hở không khí δ ta cố gắng lấy nhỏ để dòng điện không tải nhỏ và $\cos\varphi$ cao, nhưng khe hở quá nhỏ làm cho việc chế tạo và lắp ráp thêm khó khăn, stato dễ chạm với rôto làm tăng thêm tổn hao phụ và điện kháng tản tạp của máy cũng tăng.

Theo kết cấu thì khe hở phụ thuộc vào kích thước đường kính ngoài rôto, khoảng cách giữa hai ổ bi và đường kính trục. Nguyên nhân là đường kính D ảnh hưởng đến dung sai lắp ghép của vỏ, nắp, lõi sắt, từ đó quyết định độ lệch tâm cho phép và lực từ một phía của máy. Đường kính trục và khoảng cách giữa hai ổ bi quyết định độ võng của trục. Có thể dùng những công thức sau để chọn hệ số khe hở của không khí:

- Với những máy công suất $P \leq 20$ kW:

$$\text{Khi } 2p \geq 4 \quad \delta = 0,25 + D \cdot 10^{-3} \text{ mm}$$

$$\text{Khi } 2p = 2 \quad \delta = 0,3 + \frac{1,5 \cdot D}{1000} \text{ mm}$$

- Với những máy công suất $P > 20$ kW:

$$\delta = \frac{D}{1200} * \left(1 + \frac{9}{2p}\right) \text{ mm}$$

Trong các công thức trên, D tính theo mm. Trị số δ tính ra phải làm tròn con số thứ hai sau dấu phẩy thành 0 hoặc 5.

V. Tham số của động cơ điện không đồng bộ trong quá trình khởi động

Đối với các máy điện thông dụng, ta có thể cho rằng những tham số r_1, r_2', x_1, x_2' của máy là hằng số khi máy làm việc từ không tải đến định mức. Khi hệ số trượt lớn hơn trị số s_m ứng với momen cực đại, do dòng điện bây giờ đã lớn hơn 2,5 lần dòng điện định mức, lúc đó bắt đầu có hiện tượng bão hòa răng do từ thông tải vì vậy x_1 và x_2' giảm. Mặt khác do hiện tượng hiệu ứng mặt ngoài trong thanh dẫn rôto nên những tham số r_2', x_2' cũng thay đổi.

Đối với động cơ điện rôto dây quấn, khi khởi động có biến trở động R_k nối với mạch rôto nên dòng điện khởi động không vượt quá $(1 - 1,5) * I_{dm}$, do đó không cần xét đến các hiện tượng trên và coi như tham số không đổi.

Đối với động cơ rôto lồng sóc, khi khởi động thường đóng trực tiếp động cơ vào lưới điện với điện áp định mức, vì vậy dòng điện khởi động lớn $(4 - 7) * I_{dm}$ làm cho điện kháng x_1, x_2' và r_2' thay đổi rõ rệt.

1. Sự thay đổi các tham số do hiện tượng hiệu ứng mặt ngoài của dòng điện

Để cải thiện đặc tính khởi động bằng cách lợi dụng hiện tượng hiệu ứng mặt ngoài của dòng điện, thường người ta dùng rãnh sâu.

Dùng rãnh sâu có thể tăng điện trở r_2 lúc khởi động cũng như giảm điện kháng vì tổng các ống cảm ứng từ tản rãnh giảm xuống.

Khi khởi động, do tần số rôto cao nên do hiện tượng hiệu ứng mặt ngoài, dòng điện tập trung lên phía trên rãnh. Vì vậy ta cần xác định độ sâu quy đổi h_r của rãnh trong đó quy ước dòng điện phân bố đều và trên cơ sở đó xác định điện trở đặc trong rãnh. Cũng lập luận như vậy sẽ tìm được chiều sâu quy đổi của rãnh h_x và theo đó xác định điện kháng của thanh dẫn.

Trị số h_r và h_x được xác định theo công thức sau:

$$h_r = \frac{a}{1 + \varphi}$$

$$h_x = a * \psi$$

Trong đó:

a: chiều cao của đồng hay nhôm trong rãnh

Hệ số φ và ψ được xác định theo đường cong ở hình 10- 13 (trang 256, TKMĐ).

a) Cách xác định điện trở r của dây quấn rôto khi tính đến dòng điện mặt ngoài

Trước hết phải xác định điện trở của thanh dẫn khi tính đến dòng điện mặt ngoài $r_{t\xi}$:

Với rãnh như hình 2-1a và 2-1c:

$$r_{t\xi} = r_{td} * k_R$$

$$\text{Ở đây } k_R = 1 + \frac{l_{2r}}{l'_2} * \varphi$$

Trong đó:

l'_2 chiều dài thanh dẫn

l_{2r} chiều dài của phần thanh dẫn nằm trong rãnh trừ các rãnh thông gió ngang trục

Khi rôto đúc nhôm thì $l'_2 = l_{2r}$

Với rãnh như hình 2-4b thì phải tính tiết diện rãnh ứng với chiều cao h_r

$$S_{lr} = \frac{\pi * b_2}{8} + \frac{d_1 + b_r}{2} * \left(h_r - \frac{d_1}{2} \right)$$

$$b_r = d - \frac{d_1 - d_2}{h} * \left(h_1 - \frac{d_2}{2} \right)$$

Hệ số k_R được xác định theo công thức sau:

$$k_R = \frac{S_{lr}}{S_{td}}$$

Trong đó:

S_{td} : tiết diện thanh dẫn

Với rãnh tròn người ta xét đến hiệu ứng mặt ngoài khi $\xi > 1$, ở đây ξ tính theo công thức

$$\xi = 2 * \pi * d_{td} * 0,01 * \sqrt{\frac{b}{b_r} * \frac{s * f_1 * 10^{-5}}{p}}$$

Trong đó:

S: hệ số trượt

$\frac{b}{b_r}$: tỷ số bề rộng thanh dẫn và rãnh. Khi rãnh sâu và thanh đồng hẹp thì $\frac{b}{b_r} = 0,9$. Với rôto đúc nhôm thì $\frac{b}{b_r} = 1$.

ρ - điện trở suất của vật liệu thanh dẫn

lúc đó: $k_R = 1 + \frac{l_{2r}}{l_2} * \varphi'$

Điện trở rôto khi xét đến hiệu ứng ngoài:

$$r_{2\xi} = r_{id\xi} + \frac{2 * r_v}{(2 * \sin \frac{\pi * p}{Z_2})^2}$$

b) Cách xác định điện kháng tản $x_{2\xi}$ của rôto khi xét đến hiện tượng hiệu ứng mặt ngoài

Dòng điện máy ngoài chỉ gây ra sự thay đổi hệ số từ dẫn tản rãnh $\lambda_{r2\xi}$. Với rãnh hình quả lê, $\lambda_{r2\xi}$ được xác định theo công thức:

$$\lambda_{r2\xi} = \left[\frac{h_1}{3 * b} \left(1 - \frac{\pi * b_2}{8 * S_r} \right) + 0,66 - \frac{b_4}{2 * b} \right] * \psi + \frac{h_4}{b_4}$$

Ở đây: S_r -tiết diện thanh dẫn (mm²)

Với các dạng rãnh khác có thể xác định theo công thức sau:

- Với rãnh tròn:

$$\lambda_{r2\xi} = \left(0,785 - \frac{b_1}{2 * b} \right) * \psi + \frac{h_4}{b_4}$$

- Với rãnh vuông chật góc:

$$\lambda_{r2\xi} = \left(\frac{h_1}{3 * b} + \frac{3 * h_3}{b + 2 * b_4} \right) * \psi + \frac{h_4}{b_4}$$

- Với rãnh vuông:

$$\lambda_{r2\xi} = \left(\frac{h_1}{3 * b} \right) * \psi + \frac{h_2}{b} + \frac{3 * h_3}{b + 2 * b_4} + \frac{h_4}{b_4}$$

Tổng từ dẫn khi xét đến dòng điện mặt ngoài:

$$\sum \lambda_{2\xi} = \lambda_{r2\xi} + \lambda_{l2} + \lambda_{d2}$$

Điện kháng rôto khi xét đến dòng điện mặt ngoài:

$$x_{2\xi} = X_2 * \frac{\sum \lambda_{2\xi}}{\sum \lambda_2}$$

Trong đó:

x_2 : điện kháng rôto

$\Sigma\lambda_2$: Tổng hệ số từ dẫn khi không xét đến hiệu ứng mặt ngoài

2. Tính toán ảnh hưởng của bảo hòa răng đến điện kháng tản

Khi dòng điện trong dây dẫn lớn, sẽ sinh ra hiện tượng bảo hòa mạch từ, chủ yếu ở phần đầu răng do từ trường tản rãnh và từ trường tản tạp làm cho x_1 và x_2 thay đổi

Sự thay đổi x_1 và x_2 do bảo hòa của từ trường cũng có thể tính gần đúng theo phương pháp sau:

Tri số thực của dòng điện ngắn mạch có thể tính bằng:

$$I_{nbh} = k_b * I_{nd}$$

Ở đây I_{nd} là dòng điện ngắn mạch khi không xét đến bảo hòa mạch từ tản. Có thể bằng thí nghiệm chọn sơ bộ trị số k_{bh} . Đối với động cơ điện, rôto rãnh nửa kín, với rãnh stato miệng nửa kín thì lấy $k_{bh}=1,3 \div 1,4$, với rãnh stato miệng nửa hở hay hở lấy $k_{bh}=1,2 \div 1,3$ (trị số lớn dùng cho rãnh nửa hở). Với động cơ điện rôto hai lồng sóc $k_{bh}=1,2 \div 1,259$ (trị số nhỏ dùng cho rãnh hở ở stato). Với động cơ điện có rãnh rôto kín $k_{bh}=1,3 \div 1,45$

Sức từ động trung bình của một rãnh stato:

$$F_{tb} = 0,7 * \frac{I_{nbh} * u_{r1}}{a_1} * (k_\beta + k_{y1} * k_{d1} * \frac{Z_1}{Z_2})$$

Trong đó:

u_{r1} số thanh dẫn tác dụng trong một rãnh

a_1 số mạch nhánh song song

k_β hệ số tính đến sức từ động nhỏ do bước ngắn

k_y hệ số bước ngắn của dây quấn

k_d hệ số dây quấn

Z_1, Z_2 số rãnh stato và rôto

Mật độ từ thông qui đổi trong khe hở không khí:

$$B_{\delta\phi} = \frac{F_{rtb}}{1,6 * \delta * C_{bh}}$$

Trong đó:

δ : khe hở không khí

$$C_{bh} = 0,64 + 2,5 * \sqrt{\frac{\delta}{t_1 + t_2}}$$

Với t_1, t_2 là bước rãnh stato và rôto

Ngoài ra ta còn phải tính đến các phần khác như: tính toán cơ, tính toán nhiệt, tính toán thông gió... mà sẽ được trình bày chi tiết hơn ở phần sau.

PHẦN II. THIẾT KẾ VÀ TÍNH TOÁN ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ BA PHA RÔTÔ LỒNG SÓC

Các thông số ban đầu

- Công suất định mức:

$$P_{dm} = 15 \text{ kW}$$

- Điện áp định mức:

$$U_{dm} = 380/220\text{V}$$

- Tần số định mức:

$$f_{dm} = 50\text{Hz}$$

- Cách đấu dây:

Y/ Δ

- Tốc độ đồng bộ:

$$n_1 = 1500 \text{ vòng/phút}$$

- Số cực từ:

$$p = \frac{60f}{n_{dm}} = \frac{60 * 50}{1500} = 2$$

- Kiểu máy:

Máy kiểu kín

- Cấp bảo vệ:

IP44

- Cấp cách điện:

Cách điện cấp F

- Chế độ làm việc:

Liên tục

- Kết cấu rôto:

Rôto lồng sóc

- Chiều cao tâm trục:

Tra Bảng IV. 2, phụ lục IV (trang 602 TKMĐ) chiều cao tâm trục theo dãy công suất của động cơ điện KĐB rôto lồng sóc 4A (Nga) kiểu IP44 cấp cách điện F là:

$$h = 160\text{mm}$$

- Hiệu suất và hệ số công suất:

Tra Bảng 10-1 (trang 228 TKMĐ) hiệu suất và $\cos\varphi$ dãy động cơ điện KĐB 3K ứng với công suất $P_{dm}=15 \text{ kW}$ và tốc độ $n_{db}=1500 \text{ vòng/phút}$ ta chọn hiệu suất:

$$\eta = 89\%$$

Và hệ số công suất:

$$\cos\varphi = 0,88$$

- Bội số momen cực đại: Tra bảng 10-10 (trang 268 TKMĐ) bội số momen cực đại m_{\max} của dây động cơ 3K ta chọn:

$$m_{\max} = \frac{M_{\max}}{M_{dm}} = 2,2$$

- Bội số momen khởi động:

Theo bảng 10-11 (trang 271 TKMĐ) bội số momen khởi động dây động cơ điện 3K ta chọn:

$$m_k = \frac{M_k}{M_{dm}} = 1,4$$

-Bội số dòng khởi động: Tra bảng 10-12 (trang 271 TKMĐ) bội số dòng khởi động dây động cơ điện 3K ta chọn:

$$i_k = I_{\min}/I_{\max} = 7$$

CHƯƠNG 1. KÍCH THƯỚC CHỦ YẾU

1. Số đôi cực

$$p = \frac{60 * f_1}{n_1} = \frac{60 * 50}{1500} = 2$$

2. Đường kính ngoài stato

Với chiều cao tâm trục $h = 160$ mm theo Bảng 10-3 (trang 230 TKMĐ) trị số của D_n theo h , ta chọn:

$$D_n = 27,2 \text{ cm}$$

- Đường kính trong stato:

Tra theo bảng 10-2 (trang 230 TKMĐ) trị số của k_D , phụ thuộc vào số đôi cực, ta chọn:

$$k_D = 0,64 \div 0,68$$

$$D = k_D * D_n = (0,64 \div 0,68) * 27,2 = 17,408 \div 18,496$$

\Rightarrow chọn $D = 18$ cm

- Công suất tính toán:

$$P' = \frac{k_E * P}{\eta * \cos \varphi} = \frac{0,975 * 15}{0,89 * 0,88} = 18,67 \text{ kVA}$$

Trong đó $k_E = 0,975$. Hình 10-2 (trang 231 TKMĐ).

k_E là tỷ số sức điện động sinh ra trong máy và điện áp đặt vào.

- Chiều dài tính toán của lõi sắt stato:

Theo hình 10-3b (trang 233 TKMĐ),

chọn $A = 340$ A/cm; $B_\delta = 0,76$ T

$$l_\delta = \frac{6,1 * 10^7 * P'}{\alpha_\delta * k_s * k_d * A * B_\delta * D^2 * n_1} = \frac{6,1 * 10^7 * 18,67}{0,64 * 1,11 * 0,92 * 340 * 0,76 * 18^2 * 1500}$$

$$l_\delta = 13,88 \text{ cm}$$

\Rightarrow lấy $l_\delta = 14$ cm

Trong đó:

$$\alpha_\delta = \frac{2}{\pi} = 0,64 \text{ là hệ số tính toán cung cực từ}$$

$$k_s = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} = 1,11 \text{ hệ số sóng}$$

$$k_d = 0,92 \text{ hệ số dây quấn}$$

A: tải đường

B_δ : cảm ứng từ trong khe hở không khí.

Do lõi sắt ngắn nên làm thành một khối. Chiều dài lõi sắt stato, rôto là:

$$l_1 = l_2 = l_\delta = 14\text{cm}$$

- Bước cực:

$$\tau = \frac{\pi * D}{2 * p} = \frac{\pi * 18}{2 * 2} = 14,13\text{cm}$$

- Lập phương án so sánh:

Hệ số hình dáng λ :

$$\lambda = \frac{l_\delta}{\tau} = \frac{14}{14,13} = 0,99$$

Trong dây động cơ không đồng bộ 3K công suất 15kW, $2p = 4$ có cùng đường kính ngoài (nghĩa là cùng chiều cao tâm trục h) với máy công suất $P = 18,5\text{KW}$.

Hệ số tăng công suất của máy là:

$$\gamma = \frac{18,5}{15} = 1,23$$

$$\text{do đó } \lambda_{18,5} = \gamma * \lambda_{15} = 1,23 * 0,99 = 1,2$$

Theo hình 10-3b (trang 235 TKMĐ) hai hệ số $\lambda_{18,5}$, λ_{15} đều nằm trong phạm vi kinh tế do đó việc chọn phương án trên là hợp lý.

- Dòng điện pha định mức:

$$I_1 = \frac{P * 10^3}{3 * U_1 * \eta * \cos \varphi} = \frac{15 * 10^3}{3 * 220 * 0,89 * 0,88} = 29 \text{ A}$$

CHƯƠNG 2. DÂY QUẤN, RÃNH STATO VÀ KHE HỖ KHÔNG KHÍ

1. Mã hiệu thép và bề dày lá thép

Ta chọn thép kỹ thuật điện cán nguội đẳng hướng làm lõi thép stato, chọn loại thép Nga mã hiệu 2211 bề dày lá thép là 0,5 mm, hệ số ghép chặt $k_c=0,95$.

2. Kết cấu stato của vỏ máy điện xoay chiều

a) Vỏ máy

Khi thiết kế kết cấu vỏ stato phải kết hợp với yêu cầu về truyền nhiệt và thông gió, đồng thời phải có đủ độ cứng và độ bền, không những sau khi lắp lõi sắt và cả khi gia công vỏ. Thường đủ độ cứng thì đủ độ bền. Vỏ có thể chia làm hai loại: Loại có gân trong và loại không có gân trong. Loại không có gân trong thường dùng đối với máy điện cỡ nhỏ hoặc kiểu kín, lúc đó lưng lõi sắt áp sát vào mặt trong của vỏ máy và truyền nhiệt trực tiếp lên vỏ máy. Loại có gân trong có đặc điểm là trong lúc gia công, tốc độ cắt gọt chậm nhưng phế liệu bỏ đi ít hơn loại không có gân trong.

Loại vỏ bằng thép tấm hàn gồm ít nhất là hai vòng thép tấm trở lên và những gân ngang làm thành khung. Những dạng khác đều xuất phát từ dạng cơ bản đó.

b) Lõi sắt stato

Khi đường kính ngoài lõi sắt nhỏ hơn 1m thì dùng tấm nguyên để làm lõi sắt. Lõi sắt sau khi ép vào vỏ sẽ có một chốt cố định với vỏ để khỏi bị quay dưới tác động của momen điện từ.

Nếu đường kính ngoài của lõi sắt lớn hơn 1m thì dùng các tấm hình rẽ quạt ghép lại. Khi ấy để ghép lõi sắt, thường dùng hai tấm thép dày ép hai đầu. Để tránh được lực hướng tâm và lực hút các tấm, thường làm những cánh đuôi nhọn hình rẽ quạt trên các tấm để ghép các tấm vào các gân trên vỏ máy.

3. Số rãnh stato Z_1

Với máy công suất nhỏ thường lấy $q_1=2$. Máy tốc độ cao, công suất lớn có thể chọn $q_1=6$. Thường lấy $q_1=3-4$

Khi q_1 tăng thì Z_1 tăng dẫn đến diện tích rãnh tăng làm cho hệ số lợi dụng rãnh giảm, răng sẽ yếu vì mảnh, quá trình làm lõi stato tốn hơn.

Khi q_1 giảm thì Z_1 giảm, dây quấn phân bố không đều trên bề mặt lõi thép nên sức từ động có nhiều sóng bậc cao.

Trị số q_1 nguyên có thể cải thiện được đặt tính làm việc và giảm tiếng ồn của máy.

Lấy $q_1 = 4$ rãnh

$$Z_1 = 2 \cdot m \cdot p \cdot q_1 = 2 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 4 = 48 \text{ rãnh}$$

Trong đó: m là số pha.

4. Bước rãnh stato

$$t_1 = \frac{\pi \cdot D}{Z_1} = \frac{\pi \cdot 18}{48} = 1,18 \text{ cm}$$

5. Số thanh dẫn tác dụng của một rãnh u_{r1}

- Đối với dây quấn hai lớp chọn số mạch nhánh song song $a_1 = 4$

$$u_{r1} = \frac{A * t_1 * a_1}{I_1} = \frac{340 * 1,18 * 4}{29} = 55,4$$

chọn: $u_{r1} = 56$ thanh dẫn.

6. Số vòng dây nối tiếp của một pha

$$w_1 = p * q_1 * \frac{u_{r1}}{a_1} = 2 * 4 * \frac{56}{4} = 112 \text{ vòng}$$

7. Tiết diện và đường kính dây dẫn

- Theo hình 10-4 (trang 237 TKMĐ) chọn tích số:

$$A * J = 1820 \frac{A^2}{cm * mm^2}$$

Mật độ dòng điện:

$$J_1' = \frac{A * J}{A} = \frac{1820}{340} = 5,36 \frac{A}{mm^2}$$

Tiết diện dây:

$$S_1' = \frac{I_1}{a_1 * n * J_1'} = \frac{29}{4 * 1 * 5,36} = 1,34 \text{ mm}^2$$

\Rightarrow chọn: $n=1$ sợi.

Theo Phụ lục VI, bảng VI. 1 (trang 618 TKMĐ) chọn dây đồng tráng men PETV có đường kính $d/d_{cd} = 1,32/1,405$:

$$s = 1,368 \text{ mm}^2$$

8. Kiểu dây quấn

Dây quấn stato đặt vào rãnh của lõi thép stato và được cách điện với lõi thép. Dây quấn có nhiệm vụ cảm ứng được sức điện động nhất định, đồng thời cũng tham gia vào việc chế tạo nên từ trường cần thiết cho sự biến đổi năng lượng điện có trong máy.

-Các yêu cầu của dây quấn:

+Đối với dây quấn ba pha điện trở và điện kháng của các pha bằng nhau và của mạch nhánh song song cũng bằng nhau.

+Dây quấn được thực hiện sao cho có thể đấu thành mạch nhánh song song một cách dễ dàng.

Dây quấn được chế tạo và thiết kế sao cho tiết kiệm được lượng đồng, dễ chế tạo, sửa chữa, kết cấu chắc chắn, chịu được ứng lực khi máy bị ngắn mạch đột ngột.

-Việc chọn dây quấn stato phải thỏa mãn tính kinh tế và kỹ thuật:

+Tính kinh tế: tiết kiệm vật liệu dẫn điện, vật liệu cách điện, thời gian lồng dây.

+Tính kỹ thuật: dễ thi công, hạn chế những ảnh hưởng xấu đến đặc tính điện của động cơ.

-Từ yêu cầu trên ta chọn dây quấn hai lớp dạng đồng khuôn bố dây bước ngắn. Công dụng là để giảm lượng đồng sử dụng, khử sóng bậc cao, giảm từ trường tản ở phần bố dây và trong

rãnh stato, làm tăng $\cos\varphi$, cải thiện đặc tính mở máy động cơ, giảm tiếng ồn điện từ lúc động cơ vận hành.

-Các hệ quả xấu tồn tại trong động cơ khi sóng bậc cao không bị khử:

+Tính năng mở máy xấu do các trường trên đặc tuyến momen (do sóng bậc 5 và 7 gây ra) làm cho động cơ không đạt đến tốc độ định mức.

+Néusố răng của stato và roto không phù hợp động cơ gây ra tiếng ồn điện từ khi vận hành, có khi roto bị hút lệch tâm (do lực hút điện từ tạo nên).

+Sóng bậc cao gây tổn hao nhiệt trong lõi thép dưới tác dụng do dòng phuco.

Thực ra việc chọn bước ngắn thích hợp không có tác dụng khử hoàn toàn các sóng bậc cao mà chỉ có tác dụng giảm nhỏ chúng xuống đến một giá trị chấp nhận được. Trong thiết kế, bước bồi dây có tác dụng khử sóng bậc 5 và 7 cách đầu dây hình sao ba pha có tác dụng khử sóng bậc 3.

Tiêu chuẩn xét sự tổn hao sóng bậc cao $\leq 5\%$ xem như sóng bậc cao không đáng kể, từ 5-10% chấp nhận được, $>10\%$ có tồn tại sóng bậc cao. Sóng bậc cao không bị khử không cho phép khả thi.

Để khử triệt hoàn toàn sóng bậc 3 ta dùng hệ số $\beta = \frac{2}{3}$, khử sóng bậc 5 ta dùng hệ số $\beta = \frac{4}{5}$,

khử sóng bậc 7 ta dùng hệ số $\beta = \frac{6}{7}$. Tuy nhiên ta không khử triệt hoàn toàn một sóng bậc cao nào cả mà ta chọn bước bồi dây để làm nhỏ các sóng bậc cao 3, 5, 7 cùng một lúc.

$$\beta = \frac{y_1}{\tau_1} = \frac{10}{12} = 0,833$$

Trong đó:

$$\tau_1 = \frac{Z_1}{2 * p} = \frac{48}{2 * 2} = 12 \text{ là bước cực từ}$$

y_1 là bước bồi dây

$$\Rightarrow \text{chọn } y_{\min} \leq y_1 \leq y_{\max}$$

$$y_{\min} = \frac{2}{3} * \tau_1 = \frac{2}{3} * 12 = 8$$

$$y_{\max} = \tau_1 - 1 = 12 - 1 = 11$$

$$\Rightarrow \text{ta chọn } y_1 = 10$$

9. Hệ số dây quấn

Hệ số bước ngắn k_y :

$$k_y = \sin \frac{\beta * \pi}{2} = \sin \frac{10 * 180}{12 * 2} = 0,966$$

Hệ số bước rãi k_r :

$$k_r = \frac{\sin \frac{q * \alpha}{2}}{q * \sin \frac{\alpha}{2}} = \frac{\sin \frac{4 * 15}{2}}{4 * \sin \frac{15}{2}} = 0,958$$

$$\text{với } \alpha = \frac{p * 360}{Z_1} = \frac{2 * 360}{48} = 15^\circ$$

Hệ số dây quấn k_d :

$$k_d = k_y * k_r = 0,966 * 0,958 = 0,925$$

10. Từ thông khe hở không khí Φ

$$\Phi = \frac{k_E * U_1}{4 * k_s * k_d * f * w_1} = \frac{0,975 * 220}{4 * 1,11 * 0,925 * 50 * 112} = 9,3 * 10^{-3} \text{ Wb}$$

11. Mật độ từ thông khe hở không khí B_δ và tải đường A

$$B_\delta = \frac{\phi * 10^4}{\alpha_\delta * \tau * l_1} = \frac{9,3 * 10^{-3} * 10^4}{0,64 * 14,13 * 14} = 0,73 \text{ T}$$

$$A = \frac{2 * m * w_1 * I_1}{\pi * D} = \frac{2 * 3 * 112 * 29}{\pi * 27,2} = 228 \text{ A/cm * mm}^2$$

Ta thấy sai số mật độ từ thông khe hở không khí và tải đường so với giá trị ban đầu nhỏ hơn 10% nên ta không cần chọn lại.

12. Sơ bộ định chiều rộng của răng b'_{z1}

$$b'_{z1} = \frac{B_\delta * l_1 * t_1}{B_{z1} * l_1 * k_c} = \frac{0,73 * 1,18}{1,75 * 0,95} = 0,52 \text{ cm}$$

Ở đây lấy $B_{z1} = 1,75$ (Bảng 10-6b, trang 241 TKMĐ). Hệ số ghép chặt $k_c = 0,95$ (Bảng 2-2, trang 23 TKMĐ).

13. Sơ bộ chiều cao của gông stato h_{g1}

$$h_{g1} = \frac{\phi * 10^4}{2 * B_{g1} * l_1 * k_c} = \frac{9,3 * 10^{-3} * 10^4}{2 * 1,5 * 14 * 0,95} = 2,33 \text{ cm}$$

ở đây lấy $B_{g1} = 1,5 \text{ T}$ (theo Bảng 10-5a, trang 240 TKMĐ).

14. Kích thước rãnh và cách điện

$$h_{r1} = 24 \text{ mm}$$

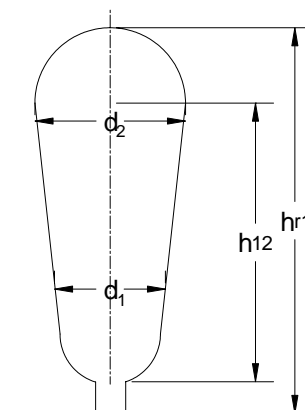
$$h_{12} = 19 \text{ mm}$$

$$b_{41} = d_{cd} + 1,5 \text{ mm} = 3 \text{ mm}$$

$$d_1 = 7,5 \text{ mm}$$

$$d_2 = 9 \text{ mm}$$

$$h_{41} = 0,5 \text{ mm}$$



Theo Bảng VIII. 1 (Phụ lục VIII, trang 629 TKMĐ) chiều dày cách điện của rãnh là $c = 0,4\text{mm}$, của nêm là $c' = 0,5\text{mm}$.

15. Diện tích rãnh trừ nêm S'_r

$$\begin{aligned} S'_r &= \frac{\pi * (d_1^2 + d_2^2)}{8} + \frac{d_1 + d_2}{2} * (h_{12} - \frac{d_1}{2}) \\ &= \frac{\pi * (7,5^2 + 9^2)}{8} + \frac{7,5 + 9}{2} * (19 - \frac{7,5}{2}) \\ &= 180 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Chiều rộng của miếng các-tông nêm là $(\frac{\pi * d_1}{2})$, của tấm cách điện giữa hai lớp là $(d_1 + d_2)$.

- Diện tích cách điện rãnh:

$$\begin{aligned} S_{cd} &= [\frac{\pi * d_2}{2} + 2 * h_{12} + (d_1 + d_2)] * c + \frac{\pi * d_1}{2} * c' \\ &= [\frac{\pi * 9}{2} + 2 * 19 + (9 + 7,5)] * 0,4 + \frac{\pi * 7,5}{2} * 0,5 \\ &= 33 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Diện tích có ích của rãnh:

$$S_r = S'_r - S_{cd} = 180 - 33 = 147 \text{ mm}^2$$

- Hệ số lấp đầy rãnh:

$$k_d = \frac{u_{r1} * n_1 * d_{cd}^2}{S_r} = \frac{56 * 1 * 1,405^2}{147} = 0,75$$

Ta thấy hệ số lấp đầy rãnh nằm trong khoảng tốt nhất $(0,7 \div 0,75)$ nên không cần tính lại.

16. Bề rộng răng stator b_{z1}

$$\begin{aligned} b_{z1}'' &= \frac{\pi * (D + 2 * h_{41} + d_1)}{48} - d_1 \\ &= \frac{\pi * (18 + 2 * 0,05 + 0,75)}{48} - 0,75 \\ &= 0,484 \text{ cm} \\ b_{z1}' &= \frac{\pi * (D + 2 * (h_{41} + h_{12}))}{Z_1} - d_2 \end{aligned}$$

$$= \frac{\pi * (18 + 2 * (0,05 + 1,9))}{48} * 0,9$$

$$= 0,533 \text{ cm}$$

$$b_{z1} = \frac{b_{z1}'' + b_{z1}'}{2} = \frac{0,484 + 0,533}{2} = 0,5085 \text{ cm}$$

17. Chiều cao gông stato

$$h_{g1} = \frac{D_n - D}{2} - h_{r1} + \frac{1}{6} * d_2 = \frac{27,2 - 18}{2} - 2,4 + \frac{1}{6} * 0,9 = 2,35 \text{ cm}$$

18. Khe hở không khí

$$\delta = \frac{D}{1200} * (1 + \frac{9}{2p}) = \frac{180}{1200} * (1 + \frac{9}{2 * 2}) = 0,4875 \text{ mm}$$

Theo những máy đã chế tạo ở bảng 10-8 (trang 253 TKMĐ) khe hở không khí δ dây động cơ 4A, ta chọn $\delta = 0,5 \text{ mm}$.

CHƯƠNG 3. DÂY QUẤN, RÃNH VÀ GÔNG RÔTÔ

1. Số rãnh rôto Z_2

Việc chọn số rãnh rôto lồng sóc Z_2 là một vấn đề quan trọng vì khe hở không khí của máy nhỏ, khi mở máy momen phụ do từ thông sóng bậc cao gây nên ảnh hưởng đến quá trình mở máy và ảnh hưởng cả đến đặc tính làm việc.

Để loại trừ momen phụ đồng bộ khi mở máy, cần chọn:

$$Z_2 \neq Z_1 \quad Z_2 \neq 0,5 * Z_1$$

$$Z_2 \neq 2 * Z_1 \quad Z_2 \neq 6 * p * g \quad \text{với } g=1,2,3 \dots$$

Để tránh momen đồng bộ khi quay, ta chọn:

$$Z_2 \neq 6 * p \pm 2 * p * g \quad Z_2 \neq Z_1 \pm 2 * p$$

$$Z_2 \neq 2 * Z_1 \pm 2 * p \quad Z_2 \neq 0,5 \pm p$$

$$Z_2 \neq Z_1 \pm p$$

Để tránh lực hướng tâm do momen không đồng bộ sinh ra trong khi quay, cần chọn:

$$|Z_2 - Z_1| \neq 0,1,2$$

$$|Z_2 - Z_1| \neq p, p+1$$

$$|Z_2 - Z_1| \neq 2 * p, 2 * p \pm 1, 2 * p \pm 2$$

$$|Z_2 - Z_1| \neq 2 * p$$

Dựa vào các điều kiện trên và bảng 10-6 trang 246 TKMĐ

Chọn $Z_2=38$ rãnh

2. Đường kính ngoài rôto D'

$$D' = D - 2\delta = 18 - 2 * 0,05 = 17,9 \text{ cm}$$

3. Bước răng rôto t_2

$$t_2 = \frac{\pi * D'}{Z_2} = \frac{\pi * 17,9}{38} = 1,48 \text{ cm}$$

4. Sơ bộ định chiều rộng của răng rôto b'_{z2}

$$b'_{z2} = \frac{B_s * l_2 * t_2}{B_{z2} * l_2 * k_c} = \frac{0,73 * 1,48}{1,75 * 0,95} = 0,65 \text{ cm}$$

Ở đây lấy $B_{z2} = 1,75 \text{ T}$. Theo bảng 10-5b trang 241 TKMĐ

5. Đường kính trục rôto D_t

$$D_t = 0,3 * D = 0,3 * 18 = 5,4 \text{ cm}$$

6. Dòng điện trong thanh dẫn rôto I_{td}

$$I_{td} = I_2 = K_1 * I_1 * \frac{6 * W_1 * K_{d1}}{Z_2} = \frac{0,9 * 29 * 6 * 112 * 0,925}{38} = 427 \text{ A}$$

Trong đó $K_I = 0,9$ lấy theo hình 10-5 trang 244 TKMĐ

7. Dòng điện trong vòng ngắn mạch I_v

$$I_v = I_{td} * \frac{1}{2 * \sin \frac{\pi * p}{Z_2}} = 427 * \frac{1}{2 * \sin \frac{180^\circ * 2}{38}} = 1297A$$

8. Tiết diện thanh dẫn vòng nhôm S'_{td}

$$S'_{td} = \frac{I_{td}}{J_2} = \frac{427}{3} = 142,3 \text{ mm}^2$$

⇒ Chọn $J_2 = 3 \text{ A/mm}^2$

9. Sơ bộ chọn mật độ dòng điện trong vòng ngắn mạch $S_v = 2,5 \text{ A/mm}^2$

Tiết diện vòng ngắn mạch S_v :

$$S_v = \frac{I_v}{J_v} = \frac{1297}{2,5} = 518,8 \text{ mm}^2$$

10. Kích thước rãnh rôto và vòng ngắn mạch

$$h_{r2} = 28 \text{ mm}$$

$$h_{12} = 20 \text{ mm}$$

$$d_1 = d_2 = 5,6 \text{ mm}$$

$$h_{42} = 1,5 \text{ mm}$$

$$h_{42} = 0,5 \text{ mm}$$

11. Chiều cao vành ngắn mạch h_v

$$h_v = 1,1 * h_{r2} = 1,1 * 28 = 30,8 \text{ mm}$$

12. Đường kính trung bình vành ngắn mạch D_v

$$D_v = D' - h_v = 17,9 - 3,08 = 14,82 \text{ cm}$$

13. Bề rộng vành ngắn mạch b_v

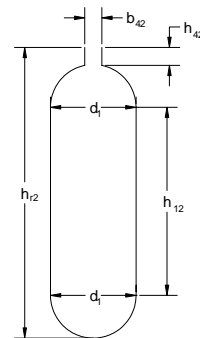
$$b_v = \frac{S_v}{h_v} = \frac{518,8}{30,8} = 16,8 \text{ mm}$$

14. Diện tích rãnh rôto S_{r2}

$$S_{r2} = \frac{\pi}{4} * d^2 + h_{12} * d = \frac{\pi}{4} * 5,6^2 + 20 * 5,6 = 137 \text{ mm}^2$$

15. Bề rộng răng rôto ở 1/3 chiều cao răng

$$b_{z2} \frac{1}{3} = \frac{\pi * (D' - 2h_{42} - \frac{4}{3} * (h_{12} + d))}{Z_2} - d$$



$$= \frac{\pi * (17,9 - 2 * 0,05 - \frac{4}{3} * (2 + 0,56))}{38} - 0,56$$

$$= 0,63 \text{ cm}$$

16. Chiều cao gông rôto h_{g2}

$$h_{g2} = \frac{D' - D_t}{2} - h_{r2} + \frac{1}{6} * d_2 = \frac{17,9 - 5,4}{2} - 2,8 + \frac{1}{6} * 0,56 = 3,54 \text{ cm}$$

17. Làm nghiên rãnh ở rôto b_n

Độ nghiên bằng một bước rãnh stato

$$b_n = t_1 = 1,18 \text{ cm}$$

CHƯƠNG 4. TÍNH TOÁN MẠCH TỪ

1. Hệ số khe hở không khí

-Do bề mặt phân ứng có rãnh dẫn đến từ dẫn trên khe hở của bề mặt phân ứng có rãnh khác nhau.
-Trên răng, từ trở nhỏ hơn trên rãnh do sức từ động khe hở không khí của phần ứng có răng rãnh lớn hơn so với bề mặt phân ứng nhẵn.

Khi thiết kế phải dung một khe hở không khí tính toán, như vậy cần phải tính hệ số khe hở không khí. Hệ số khe hở không khí nói lên ảnh hưởng của răng stato và rator tới khe hở

$$k_{\delta 1} = \frac{t_1}{t_1 - v_1 * \delta} = \frac{1,18}{1,18 - 3,27 * 0,05} = 1,16$$

Trong đó:

$$v_1 = \frac{(b_{41} / \delta)^2}{5 + b_{41} / \delta} = \frac{(3 / 0,5)^2}{5 + 3 / 0,5} = 3,27$$

$$k_{\delta 2} = \delta \frac{t_2}{t_2 - v_2 * \delta} = \frac{1,48}{1,48 - 1,125 * 0,05} = 1,04$$

Trong đó:

$$v_2 = \frac{(b_{42} / \delta)^2}{5 + b_{42} / \delta} = \frac{(1,5 / 0,5)^2}{5 + 1,5 / 0,5} = 1,125$$

$$k_{\delta} = k_{\delta 1} * k_{\delta 2} = 1,16 * 1,04 = 1,2046$$

Từ thông chính sau khi đi qua khe hở không khí thì phân thành hai mạch song song đi vào răng và rãnh của phần ứng, nhưng từ dẫn của thép lớn hơn không khí nhiều nên đại bộ phận từ thông đi vào răng.

2. Dùng thép KTD cán nguội 2211

3. Sức từ động khe hở không khí F_{δ}

$$F_{\delta} = 1,6 * B_{\delta} * k_{\delta} * \delta * 10^4 = 1,6 * 0,73 * 1,2064 * 0,05 * 10^4 = 704A$$

4. Mật độ từ thông ở răng stato B_{z1}

$$B_{z1} = \frac{B_{\delta} * l_1 * t_1}{b_{z1} * l_1 * k_c} = \frac{0,73 * 1,18}{0,5085 * 0,95} = 1,78T$$

- Cường độ từ thông trên răng stato H_{z1} :

- Theo bảng V-6 (Phụ lục V, trang 608 TKMĐ). Đường cong từ hóa trên răng động cơ KĐB thép 2211, ta chọn:

$$H_{z1} = 25 \text{ A/cm}$$

5. Sức từ động trên răng stato

$$F_{z1} = 2 * h'_{z1} * H_{z1} = 2 * 2,1 * 25 = 105 A$$

$$\text{Trong đó } h'_{z1} = h_{r1} - \frac{d_2}{3} = 24 - \frac{9}{3} = 21 \text{ mm}$$

6. Mật độ từ thông ở răng rôto B_{z2}

$$B_{z2} = \frac{B_{\delta} * l_2 * t_2}{b_{z2} * l_2 * k_c} = \frac{0,73 * 1,48}{0,63 * 0,95} = 1,8T$$

- Cường độ từ trường trên răng rôto H_{z2} :

- Theo bảng V-6 (Phụ lục V, trang 608 TKMĐ):

$$H_{z2} = 27 \text{ A/vm}$$

7. Sức từ động trên răng rôto F_{z2}

$$F_{z2} = 2 * h'_{z2} * H_{z2} = 2 * 2,61 * 27 = 141A$$

$$\text{Trong đó: } h'_{z2} = h_{r2} - \frac{d}{3} = 28 - \frac{5,6}{3} = 26,1$$

8. Hệ số bão hòa răng k_z

$$k_z = \frac{F_{\delta} + F_{z1} + F_{z2}}{F_{\delta}} = \frac{705 + 105 + 141}{705} = 1,35$$

Hệ số k_z nằm trong khoảng thiết kế hợp lý k_z thuộc khoảng $1,2 \div 1,5$.

9. Mật độ từ thông trên gông stator B_{g1}

$$B_{g1} = \frac{\phi * 10^4}{2 * h_{g1} * l_1 * k_c} = \frac{9,3 * 10^{-3} * 10^4}{2 * 2,35 * 14 * 0,95} = 1,49T$$

10. Cường độ từ trường ở gông stator H_{g1}

Theo bảng V-9 (Phụ lục V, trang 611 TKMĐ), ta chọn

$$H_{g1} = 8,7 \text{ A/cm}$$

11. Chiều dài mạch từ ở gông stator L_{g1}

$$L_{g1} = \frac{\pi * (D_n - h_{g1})}{2 * p} = \frac{\pi * (27,2 - 2,35)}{2 * 2} = 19,5 \text{ cm}$$

12. Sức từ động ở gông stator F_{g1}

$$F_{g1} = L_{g1} * H_{g1} = 19,5 * 8,7 = 170 \text{ A}$$

13. Mật độ từ thông trên gông rôto B_{g2}

$$B_{g2} = \frac{\phi * 10^4}{2 * h_{g2} * l_2 * k_c} = \frac{9,3 * 10^{-3} * 10^4}{2 * 3,54 * 14 * 0,95} = 0,99T$$

14. Cường độ từ trường ở gông rôto H_{g2} : theo Bảng V-9 (Phụ lục V, trang 611 TKMĐ), ta chọn

$$H_{g2} = 2,69 \text{ A/cm}$$

15. Chiều dài mạch từ ở gông rôto L_{g2}

$$L_{g2} = \frac{\pi * (D_t + h_{g2})}{2 * p} = \frac{\pi * (5,4 + 3,45)}{2 * 2} = 7,02 \text{ cm}$$

16. Sức từ động ở gông rôto F_{g2}

$$F_{g2} = L_{g2} * H_{g2} = 7,02 * 2,69 = 19 \text{ A}$$

17. Tổng sức từ động của mạch từ F

$$F = F_{\delta} + F_{z1} + F_{z2} + F_{g1} + F_{g2} = 705 + 105 + 141 + 170 + 19 = 1140 \text{ A}$$

18. Hệ số bão hòa toàn mạch k_{μ}

$$k_{\mu} = \frac{F}{F_{\delta}} = \frac{1140}{705} = 1,62$$

19. Dòng điện từ hóa I_{μ}

$$I_{\mu} = \frac{p * F}{2,7 * w_1 * k_{d1}} = \frac{2 * 1140}{2,7 * 112 * 0,925} = 8,15 \text{ A}$$

20. Dòng điện từ hóa phần trăm

$$I_{\mu\%} = \frac{I_{\mu}}{I_{dm}} = \frac{8,15}{29} * 100\% = 28\%$$

CHƯƠNG 5. THAM SỐ ĐỘNG CƠ ĐIỆN Ở CHẾ ĐỘ ĐỊNH MỨC

Điện trở và điện kháng của dây quấn là những tham số chủ yếu của máy điện.

Điện kháng xác định bởi từ thông móc vòng của cảm ứng tương hỗ xuyên qua các khe hở không khí và móc vòng vào cả hai cuộn dây stato và roto động cơ, sinh ra điện kháng cơ bản, đó là điện kháng hồ cảm. Từ thông móc vòng tản chỉ móc vòng mỗi bản than cuộn dây, sinh ra điện kháng tản x_1 đối với stato và x_2 đối với roto, x_1+x_2 là điện kháng tổng của dây quấn động cơ.

Điện trở động cơ giúp xác định những tổn hao của dây quấn động cơ ở chế độ xác lập và quá trình quá độ.

1. Chiều dài phần đầu nối của dây quấn stator L_{d1}

$$L_{d1} = K_{d1} \cdot \tau_y + 2 \cdot B = 1,3 \cdot 13,35 + 2 \cdot 1 = 19,4 \text{ cm}$$

Trong đó:

$$\tau_y = \frac{\pi \cdot (D + h_{r1}) \cdot y}{Z_1} = \frac{\pi \cdot (18 + 2,4) \cdot 10}{48} = 13,35$$

$K_{d1} = 1,3$ tra bảng 3-4 trang 69 TKMĐ các hệ số K_{d1} và K_{f1}

$$B = 1$$

2. Chiều dài trung bình nửa vòng của dây quấn stator l_{tb}

$$l_{tb} = l_1 + l_{d1} = 14 + 19,4 = 33,4 \text{ cm}$$

3. Chiều dài dây quấn một pha của stator L_1

$$L_1 = 2 \cdot l_{tb} \cdot w_1 \cdot 10^{-2} = 2 \cdot 33,4 \cdot 112 \cdot 10^{-2} = 74,82 \text{ m}$$

4. Điện trở tác dụng của dây quấn stator r_1

$$r_1 = \rho_{175} \cdot \frac{L_1}{n_1 \cdot a_1 \cdot s_1} = \frac{1}{41} \cdot \frac{74,82}{1 \cdot 4 \cdot 1,368} = 0,33 \Omega$$

Trong đó:

$$\rho_{175} = \frac{1}{\gamma_o} = \frac{1}{41} \Omega \text{mm}^2/\text{m} \text{ điện trở suất của dây quấn ở } 115^\circ \text{C}$$

γ_o là điện dẫn xuất của dây dẫn ở nhiệt độ tính toán lấy $\theta_{lv} = 115^\circ \text{C}$ thì $\gamma_o = 41$

Tính toán theo đơn vị tương đối:

$$r_1^* = r_1 \cdot \frac{I_1}{u_1} = 0,33 \cdot \frac{29}{220} = 0,0435$$

5. Điện trở tác dụng của dây quấn rôto r_{td}

$$r_{td} = \rho_{Al15} \cdot \frac{l_2 \cdot 10^{-2}}{S_{r2}} = \frac{1}{20,5} \cdot \frac{14 \cdot 10^{-2}}{137} = 0,0356 \cdot 10^{-3} \Omega$$

6. Điện trở vòng ngắn mạch r_v

$$r_v = \rho_{Al} * \frac{\pi * D_v * 10^{-2}}{Z_2 * S_v} = \frac{1}{20,5} * \frac{\pi * 14,82 * 10^{-2}}{38 * 518,8} = 0,00115 * 10^{-3} \Omega$$

7. Điện trở rôto r_2

$$r_2 = r_{td} + \frac{2 * r_v}{\Delta^2} = (0,0356 + \frac{2 * 0,00115}{0,329^2}) * 10^{-3} = 0,0568 * 10^{-3} \Omega$$

Trong đó:

$$\Delta = 2 * \sin \frac{\pi * p}{Z_2} = 2 * \sin \frac{180^\circ * 2}{38} = 0,329$$

8. Hệ số quy đổi γ

$$\gamma = \frac{4 * m * (w_1 * k_{d1})^2}{Z_2} = \frac{4 * 3 * (112 * 0,925)^2}{38} = 3389$$

9. Điện trở rôto đã quy đổi

$$r'_2 = \gamma * r_2 = 3389 * 0,0568 * 10^{-3} = 0,1925 \Omega$$

Tính theo đơn vị tương đối:

$$r_2^* = r'_2 * \frac{I_1}{U_1} = 0,1925 * \frac{29}{220} = 0,0254$$

10. Hệ số từ dẫn tản rãnh stator λ_{r1}

Hệ số từ dẫn tản rãnh λ_{r1} phụ thuộc vào kích thước, hình dạng và kiểu dây quấn:

$$\begin{aligned} \lambda_{r1} &= \frac{h_1}{3b} * k'_\beta + (0,785 - \frac{b_{41}}{2 * b} + \frac{h_2}{b} + \frac{h_{41}}{b_{41}}) * k'_\beta \\ &= \frac{21,8}{3 * 7,5} * 0,906 + (0,785 - \frac{3}{2 * 7,5} + \frac{0,5}{3}) * 0,875 \\ &= 1,25 \end{aligned}$$

Trong đó:

$$\beta = 0,833$$

$$k'_\beta = \frac{1 + 3 * \beta}{4} = \frac{1 + 3 * 0,833}{4} = 0,875$$

$$k_\beta = \frac{1 + 3 * k'_\beta}{4} = \frac{1 + 3 * 0,875}{4} = 0,906$$

$$h_1 = h_{rs} - 0,1 * d_2 - 2 * c - c' = 24 - 0,1 * 9 - 2 * 0,4 - 0,5 = 21,8 \text{ mm}$$

$$h_2 = -(\frac{d_1}{2} - 2 * c - c') = -(\frac{7,5}{2} - 280,4 - 0,5) = -2,45 \text{ mm}$$

$$b = 7,5 \text{ mm} \quad h_{41} = 0,5 \text{ mm} \quad b_{41} = 3 \text{ mm}$$

11. Hệ số từ dẫn tản tạp stator

$$\lambda_{t1} = \frac{0,9 * t_1 * (q_1 * k_{d1})^2 * \rho_{t1} * k_{41} * \sigma_1}{k_\delta * \delta}$$

$$= \frac{0,9 * 1,18 * (4 * 0,925)^2 * 0,89 * 0,95 * 0,0062}{1,2046 * 0,05}$$

$$= 1,27$$

Trong đó:

$$k_{41} = 1 - 0,033 * \frac{b_{41}^2}{t_1 * \delta} = 1 - 0,033 * \frac{0,3^2}{1,18 * 0,05} = 0,95$$

$\rho_{t1} = 0,89$ theo bảng 4-3 trang 137 TKMĐ

$\sigma_1 = 0,0062$ theo bảng 5-2a trang 134 TKMĐ

12. Hệ số từ tản phần đầu nối λ_{d1}

$$\lambda_{d1} = 0,34 * \frac{q_1}{l_\delta} * (l_{d1} - 0,64 * \beta * \tau)$$

$$= 0,34 * \frac{4}{14} * (19,4 - 0,64 * 0,833 * 14,13)$$

$$= 1,153$$

13. Hệ số từ dẫn tản của stator

$$\Sigma_{\lambda 1} = \lambda_{r1} + \lambda_{t1} + \lambda_{d1} = 1,25 + 1,27 + 1,15 = 3,67$$

14. Điện kháng dây quấn stator x_1

$$x_1 = 0,158 * \frac{f_1}{100} * \left(\frac{w_1}{100}\right)^2 * \frac{l_\delta}{p * q_1} * \Sigma_{\lambda 1}$$

$$= 0,158 * \frac{50}{100} * \left(\frac{112}{100}\right)^2 * \frac{14}{3 * 4} * 3,67$$

$$= 0,424 \Omega$$

Tính theo đơn vị tương đối:

$$x_1 * = x_1 * \frac{I_1}{U_1} = 0,442 * \frac{29}{220} = 0,0559$$

15. Hệ số từ dẫn tản rãnh rôto λ_{r2}

$$\lambda_{r2} = \left[\frac{h_1}{3 * b} * \left(1 - \frac{\pi * b^2}{8 * S_c}\right) + 0,66 - \frac{b_{12}}{2 * b} \right] * k + \frac{h_{42}}{b_{42}}$$

$$= \left[\frac{24}{3 * 5,6} * \left(1 - \frac{\pi * 5,6^2}{8 * 137}\right) + 0,66 - \frac{1,5}{2 * 5,6} \right] * 1 + \frac{0,5}{1,5}$$

$$= 2,04$$

Trong đó:

$$h_1=24 \text{ mm} \quad b=5,6 \text{ mm} \quad S_c=137 \text{ mm}^2$$

$$k=1 \quad b_{12}=1,5 \text{ mm} \quad h_{42}=0,5 \text{ mm}$$

16. Hệ số từ dẫn tản tạp rôto

$$\lambda_{t2} = \frac{0,9 * t_2 * (q_2 * k_{\delta 2})^2 * \rho_{t2} * k_{t2} * \sigma_2}{k_{\delta} * \delta}$$

$$= \frac{0,9 * 1,48 * \left(\frac{38 * 1}{3 * 2 * 2}\right)^2 * 1 * 1 * 0,0092}{1,206 * 0,05}$$

$$= 2,038$$

Trong đó:

$$k_{\delta 2}=1$$

$$\rho_{t2}=1 \quad k_{t2}=1 \quad \sigma_2=0,0092 \text{ theo bảng 5-2c trang 136 TKMĐ}$$

17. Hệ số từ dẫn tản phần đầu nối

$$\lambda_{d2} = \frac{2,3 * D_v}{Z_2 * l_2 * \Delta^2} * \lg \frac{4,7 * D_v}{a + 2 * b} = \frac{2,3 * 14,82}{38 * 14 * 0,9 - 0,329^2} * \lg \frac{4,7 * 14,82}{3,08 + 2 * 1,68} = 0,612$$

18. Hệ số từ dẫn do rãnh nghiêng

$$\lambda_{rn} = 0,5 * \lambda_{t2} * \left(\frac{b_n}{t^2}\right)^2 = 0,5 * 2,038 * \left(\frac{1,18}{1,48}\right)^2 = 0,648$$

19. Hệ số từ tản rôto

$$\Sigma \lambda_2 = \lambda_{t2} + \lambda_{d2} + \lambda_{rn} = 2,04 + 2,038 + 0,612 + 0,648 = 5,338$$

20. Điện kháng tản dây quấn rôto

$$x_2 = 7,9 * f_1 * l_2 * \Sigma \lambda_2 * 10^{-8} = 7,9 * 50 * 14 * 5,338 * 10^{-8} = 2,95 * 10^{-4} \Omega$$

21. Điện kháng rôto đã quy đổi

$$x'_2 = \gamma * x_2 = 3389 * 2,95 * 10^{-4} = 1 \Omega$$

Tính theo đơn vị tương đối:

$$x_2^* = x_2 * \frac{I_1}{U_1} = 1 * \frac{29}{220} = 0,132$$

22. Điện kháng hồ cảm x_{12}

$$x_{12} = \frac{U_1 - I_{\mu} * x_1}{I_{\mu}} = \frac{220 - 8,15 * 0,424}{8,15} = 26,56 \Omega$$

Tính theo đơn vị tương đối:

$$x_{12}^* = x_{12} * \frac{I_1}{U_1} = 26,56 * \frac{29}{220} = 3,5$$

23. Tính lại k_E

$$k_E = \frac{U_1 - I_{\mu} * x_1}{U1} = \frac{220 - 8,15 * 0,424}{220} = 0,984$$

Trị số này không sai khác nhiều so với trị số ban đầu $k_E=0,975$ nên không cần tính lại

CHƯƠNG 6. TỶN HAO THÉP VÀ TỶN HAO CƠ

Động cơ điện khi làm việc sinh ra tổn hao làm giảm hiệu suất máy. Tổn hao là dĩ nhiên nên người ta luôn tìm cách giảm tổn hao xuống thấp nhất để nâng cao hiệu suất và tăng công suất ra ở đầu trục.

Tổn hao trong động cơ điện gồm có:

- Tổn hao sắt: Tổn hao này sinh ra trong lõi thép stato và rôto. Nó phụ thuộc vào vật liệu dẫn từ (mã hiệu thép, chiều dài cách điện) và mật độ từ cảm trong đó. Khi tính ta bỏ ra tổn hao trên rôto vì khi làm việc, tốc độ quay rôto gần bằng tốc độ quay từ trường nên tổn hao này không đáng kể.
- Tổn hao đồng: Tổn hao này sinh ra trong dây quấn stato và rôto do hiệu ứng Jun-Lenz.
- Tổn hao cơ: Do ma sát tại các ổ đỡ, quạt gió.
- Tổn hao bề mặt: trên bề mặt stato và rôto gia công không nhẵn làm khe hở không đều sinh ra tổn hao bề mặt. Nó phụ thuộc vào chất lượng gia công.
- Tổn hao đập mạch: nó được sinh ra do hiện tượng đập mạch từ thông từ răng sang phần rãnh và ngược lại, nó phụ thuộc vào kích thước miệng rãnh, bước răng khe hở không khí v. v...
- Tổn hao phụ: là tổn hao sinh ra trong vỏ máy và các chi tiết khác, tổn hao đập mạch phần đầu nối v. v...

Tổn hao lớn làm máy mất công suất đồng thời cũng làm tăng nhiệt của động cơ.

1. Trọng lượng răng stato:

$$G_{Z1} = \gamma_{Fe} * Z_1 * b_{Z1} * h'_{Z1} * l_1 * k_{c1} * 10^{-3}$$

$$= 7,8 * 48 * 0,5085 * 2,4 * 14 * 0,95 * 10^{-3}$$

$$= 6,07 \text{ kg}$$

Trong đó:

$\gamma_{Fe} = 7,8 \text{ kg/dm}^3$ tỷ trọng của sắt

$k_{c1} = 0,95$ hệ số ép chặt

$Z_1 = 48$ số rãnh stato

$l_1 = 14 \text{ cm}$ chiều dài lõi thép stato

$h'_{Z1} = 2,4$ chiều cao răng stato

$b_{Z1} = 0,5085$ chiều rộng răng stato

2. Trọng lượng gông từ stato

$$G_{g1} = \gamma_{Fe} * l_1 * L_{g1} * h_{g1} * 2 * p * k_c * 10^{-3}$$

$$= 7,8 * 14 * 19,5 * 2,35 * 2 * 2 * 0,95 * 10^{-3}$$

$$= 19,02 \text{ kg}$$

3. Tổn hao sắt trong lõi sắt stato

Trong răng:

$$P_{FeZ1} = k_{gc} * p_{1/50} * B_{Z1}^2 * G_{Z1} * 10^{-3}$$

$$= 1,8 \cdot 2,5 \cdot 1,78^2 \cdot 6,07 \cdot 10^{-3}$$

$$= 0,154 \text{ kW}$$

Trong đó:

$k_{gc} = 1,8$ đối với máy điện không đồng bộ

$p_{1/50} = 2,5$ suất tổn hao thép ở tần số từ hóa $f = 50\text{Hz}$

$B = 1\text{T}$ mật độ từ thông của thép kỹ thuật điện mã hiệu 2211

Trong công:

$$P_{Feg1} = k_{gcg} \cdot P_{1/50} \cdot B_{2g1} \cdot G_{g1} \cdot 10^{-3} = 1,6 \cdot 2,5 \cdot 1,492 \cdot 19,02 \cdot 10^{-3} = 0,69 \text{ kW}$$

$k_{gcg} = 1,6$ đối với máy không đồng bộ

Trong cả lõi sắt stato:

$$P_{Fe}' = P_{FeZ1} + P_{Feg1} = 0,154 + 0,69 = 0,323 \text{ kW}$$

4. Tổn hao bề mặt trên răng rôto

Khi máy điện quay, đối diện với răng roto của máy không đồng bộ lần lượt xuất hiện sự dao động của mật độ từ thông, biên độ dao động của từ thông càng lớn thì khe hở không khí càng nhỏ và miệng rãnh càng to. Tần số dao động phụ thuộc vào số răng và tốc độ quay.

Vì tần số dao động cao nên các dòng điện xoáy cảm ứng trong thép điểu tập trung lên lớp mỏng trên bề mặt lõi thép, vì vậy tổn hao gây nên bởi các dòng điện xoáy này được gọi là tổn hao bề mặt.

Ở máy điện không đồng bộ, tổn hao bề mặt lớn vì khe hở không khí nhỏ. Tổn hao chủ yếu tập trung trên bề mặt roto còn trên bề mặt stato ít hơn do miệng rãnh roto bé

$$P_{bm} = 2 \cdot p \cdot \tau \cdot \frac{t_2 - b_{42}}{t_2} \cdot 12 \cdot p_{bm} \cdot 10^{-7}$$

$$= 2 \cdot 2 \cdot 14,13 \cdot \frac{1,48 - 0,15}{1,48} \cdot 14 \cdot 192,5 \cdot 10^{-7}$$

$$= 0,0137 \text{ kW}$$

Trong đó:

$$p_{bm} = 0,5 \cdot k_0 \cdot (Z_1 \cdot n_1 \cdot 10^{-4})^{1,5} \cdot (10 \cdot B_0 \cdot t_1)^2$$

$$= 0,5 \cdot 1,8 \cdot (48 \cdot 1500 \cdot 10^{-4})^{1,5} \cdot (10 \cdot 0,282 \cdot 1,18)^2$$

$$= 0,193 \text{ kW}$$

Với $k_0 = 1,8$ là hệ số kinh nghiệm ($k_0 = 1,7 \div 2$)

$$B_0 = \beta_0 \cdot k_\delta \cdot B_\delta = 0,32 \cdot 1,2064 \cdot 0,73 = 0,282\text{T}$$

$$\beta_0 = 0,32 \text{ khi } \frac{b_{41}}{\delta} = \frac{3}{0,5} = 6 \text{ (tra Hình 6-1, trang 141 TKMĐ)}$$

5. Tổn hao đập mạch trên răng rôto

$$P_{dm} = 0,11 * \left(\frac{Z_1 * n_1}{10000} * 10 * B_{dm} \right)^2 * G_{Z2} * 10^{-3}$$

$$= 0,11 * \left(\frac{48 * 1500}{10000} * 10 * 0,099 \right)^2 * 6,954 * 10^{-3}$$

$$= 0,039 \text{ kW}$$

Trong đó:

$$B_{dm} = \frac{v_1 * \delta}{2 * t_2} * B_{Z2} = \frac{3,27 * 0,05}{2 * 1,48} * 1,8 = 0,099$$

$$\text{Với } G_{Z2} = \gamma_{Fe} * Z_2 * h'_{Z2} * b'_{Z2} * l_2 * k_c * 10^{-3}$$

$$= 7,8 * 38 * 2,8 * 0,63 * 14 * 0,95 * 10^{-3}$$

$$= 6,954 \text{ kg}$$

6. Tổng tổn hao thép

$$P_{Fe} = P_{Fe} + P_{bm} + P_{dm} = 0,323 + 0,0137 + 0,039 = 0,3757 \text{ kW}$$

7. Tổn hao cơ

$$P_{cơ} = K_{cơ} * \left(\frac{n}{1000} \right)^2 * \left(\frac{D_n}{10} \right)^4 * 10^{-3} = 1 * \left(\frac{1500}{1000} \right)^2 * \left(\frac{27,2}{10} \right)^4 * 10^{-3} = 0,123 \text{ kW}$$

8. Tổn hao không tải

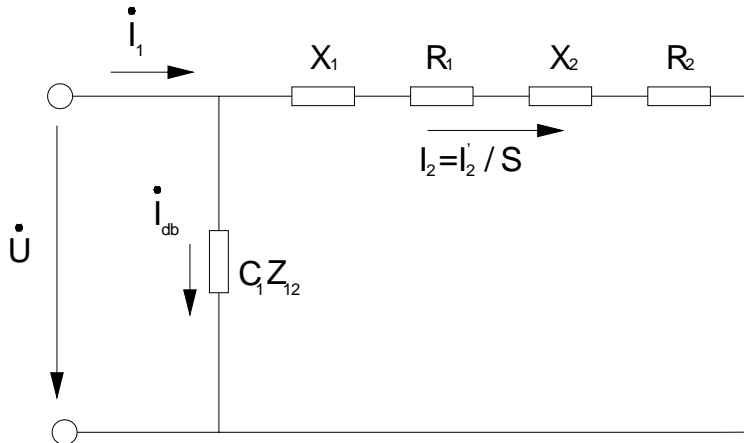
$$P_o = P_{Fe} + P_{cơ} = 0,3757 + 0,123 = 0,4987 \text{ kW}$$

CHƯƠNG 7. ĐẶC TÍNH LÀM VIỆC

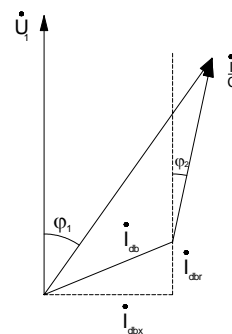
Sau khi xác định kích thước và dây quấn của động cơ, tính toán các tham số máy điện và các tổn hao ta có thể xác định đặc tính làm việc của máy bằng hai phương pháp

- phương pháp đồ thị vòng tròn
- Phương pháp giải tích

Ở đây ta chọn phương pháp giải tích vì phương pháp này cho kết quả chính xác hơn. Phương pháp giải tích dựa vào mạch điện thay thế và giản đồ vectơ của động cơ không đồng bộ:



- $r_1 = 0,33\Omega$
- $x_1 = 0,424\Omega$
- $x_{12} = 26,56\Omega$
- $r_2' = 0,196\Omega$
- $x_2' = 1\Omega$



1. Hệ số C_1

$$C_1 = 1 + \frac{x_1}{x_{12}} = 1 + \frac{0,424}{26,56} = 1,016 \Omega$$

2. Thành phần phản kháng của dòng điện ở chế độ đồng bộ

$$I_{dbx} = I_{\mu} = 8,15A$$

3. Thành phần tác dụng của dòng điện ở chế độ đồng bộ

$$I_{dbr} = \frac{P_{Fe} * 10^3 * I_{\mu}^2 * r_1}{3 * U_1} = \frac{375,7 + 3 * 8,15 * 0,33}{3 * 220} = 0,58 A$$

4. Sức điện động E_1

$$E_1 = U - I_\mu * x_1 = 220 - 8,15 * 0,424 = 216,54 \text{ A}$$

$$k_1 = \frac{6 * w_1 * k_{d1}}{Z_2} = \frac{6 * 112 * 0,925}{38} = 16,358$$

$$I'_2 = \frac{I_2}{k_1} = \frac{427}{16,358} = 26,1 \text{ A}$$

5. Hệ số trượt định mức

$$s_{đm} = \frac{I'_2 * r'_2}{E_1} = \frac{26,1 * 0,196}{216,54} = 0,024$$

6. Hệ số trượt tại momen cực đại

$$s_m = \frac{r'_2}{\frac{x_1}{c_1} + x'_2} = \frac{0,196}{\frac{0,424}{1,016} + 1} = 0,138$$

7. Bội số momen cực đại

$$m_{\max} = \frac{M_{\max}}{M_{đm}} = \left(\frac{I'_{2m}}{I'_{2đm}} \right) * \frac{S_{đm}}{S_m} = \left(\frac{96,34}{25,14} \right)^2 * \frac{0,024}{0,138} = 2,55$$

$I'_{2\max} = 96,34 \text{ A}$ dòng điện rôto ứng với s_{\max}

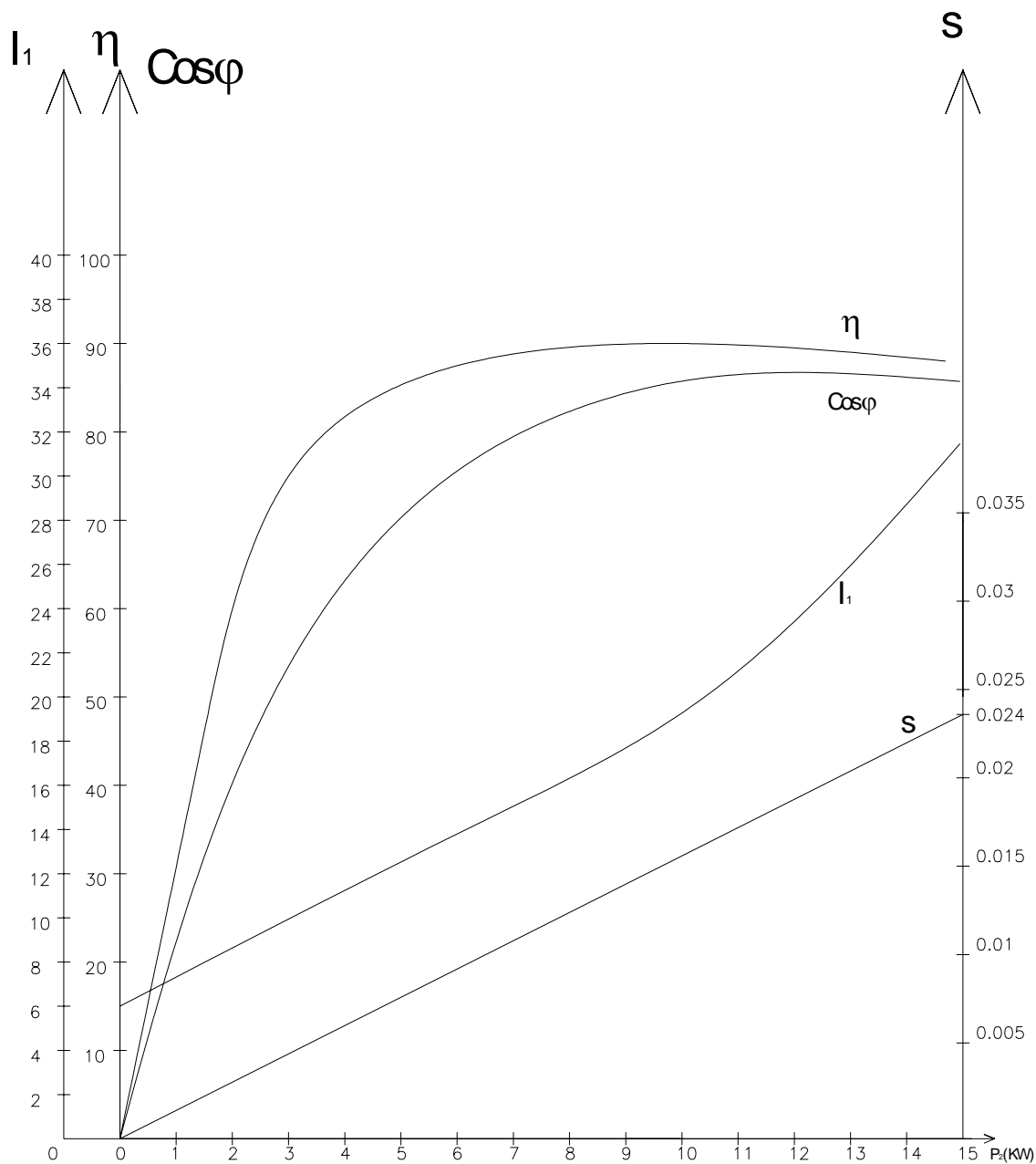
$I'_{2đm} = 25,14 \text{ A}$ dòng điện rôto ứng với $s_{đm}$

So với giá trị chọn ban đầu $m_{\max} = 2,2$ là lớn hơn nên không cần tính lại

Các số liệu đặc tính làm việc:

$C_1^2 \left(\frac{r_1}{C_1} + \frac{r'_2}{S} \right)$					
$C_1^2 * \left(\frac{x_1}{C_1} + x'_2 \right)$					
$\sqrt{r_{ns}^2 + x_{ns}^2}$					
$* \frac{U_1}{Z_{ns}}$					
$= \frac{r_{ns}}{Z_{ns}}$					
$= \frac{X_{ns}}{Z_{ns}}$					
$r + \frac{I'_2}{C_1} * \text{Cos}\varphi'_2$					

$P_x + \frac{I_2'}{C_1} * \text{Sin}\varphi_2'$					
$I_{1r}^2 + I_{1x}^2$					
$\frac{I_{1r}}{I_1}$					
$*U_1 * I_{1r} * 10^{-3}$					
$3 * I_1^2 * r_1 * 10^{-3}$					
$3 * I_2'^2 * r_2' * 10^{-3}$					
$,005 * P_1$					
$P_{cu1} + P_{cu2} + P_f + P_o$					
$- \Sigma P$					
$\frac{P_2}{P_1} * 100\%$	0	0	0	0	0



Ñãéc tính lãøm viãc

CHƯƠNG 8. TÍNH TOÁN ĐẶC TÍNH KHỞI ĐỘNG

Tất cả các động cơ không đồng bộ phải tự mở máy được, tức là tự lấy đà được từ trạng thái đứng yên lên tốc độ gần đồng bộ, sau khi thắng momen cản của tải. Yêu cầu đó đối với đặc tính mở máy của các kiểu động cơ lúc mở máy mà thôi.

Đối với động cơ không đồng bộ roto lồng sóc, ta cần tính toán kỹ để động cơ bảo đảm yêu cầu khi mở máy và chú ý hai điểm:

Thứ nhất, khi mở máy thì hệ số trượt $s=1$ (roto đứng yên) nên bị ảnh hưởng của hiệu ứng mặt ngoài xảy ra ở thanh dẫn roto, dòng điện trong các dây quấn lúc mở máy tăng lên rất nhiều so với bình thường nên mạch từ sẽ bão hòa mạch.

Thứ hai, khi dòng mở máy lớn mà các momen điện từ không lớn sẽ làm cho quá trình mở máy kéo dài, nhiệt độ dây quấn có thể vượt quá giới hạn cho phép.

Việc tính chính xác đối với hiện tượng hiệu ứng mặt ngoài và bão hòa rất phức tạp cho việc xác định đặc tính khởi động, do đó thường chỉ tính đặc tính mở máy lúc khởi động ($s=1$). Và chỉ dùng phương pháp tính gần đúng.

1. Tham số của động cơ điện khi xét đến hiệu ứng mặt ngoài với $s = 1$

- Tính hệ số quy đổi chiều cao rãnh rôto khi mở máy ($s = 1$):

$$\xi = 0,067 \cdot a \cdot \sqrt{s} = 0,067 \cdot 27,5 \cdot 1 = 1,8425$$

Trong đó:

$$a = h_{r2} - h_{42} = 28 - 0,5 = 27,5$$

- Theo hình 10-13 trang 256 TKMĐ

$$\text{Với } \xi = 1,8425 \rightarrow \psi = 0,77, \varphi = 0,9$$

$$k_R = 1 + \varphi = 1 + 0,9 = 1,9$$

$$r_{td\xi} = k_R \cdot r_{td} = 1,9 \cdot 0,0356 \cdot 10^{-3} = 0,061 \cdot 10^{-3} \Omega$$

- Điện trở của rôto khi xét đến hiệu ứng mặt ngoài với $s=1$

$$r_{2\xi} = r_{td\xi} + \frac{2 \cdot r_v}{\Delta^2} = \left(0,061 + \frac{2 \cdot 0,0115}{0,329} \right) \cdot 10^{-4} = 0,68 \cdot 10^{-4} \Omega$$

- Điện trở rôto đã qui đổi

$$r'_{2\xi} = \gamma \cdot r_{2\xi} = 3389 \cdot 0,68 \cdot 10^{-4} = 0,23 \Omega$$

- Hệ số từ dẫn rãnh rôto khi xét đến hiệu ứng mặt ngoài với $s=1$:

$$\begin{aligned} \lambda_{r2\xi} &= \left[\frac{h_1}{3 \cdot b} \left(1 - \frac{\pi \cdot b^2}{8 \cdot S_c} + 0,66 - \frac{h_{42}}{2 \cdot b} \right) \right] \cdot \psi + \frac{h_{42}}{b_{42}} \\ &= \left[\frac{24}{3 \cdot 5,6} \left(1 - \frac{\pi \cdot 5,6^2}{8 \cdot 137} + 0,66 - \frac{1,5}{2 \cdot 5,6} \right) \right] \cdot 0,79 + \frac{0,5}{1,5} \\ &= 1,776 \end{aligned}$$

- Tổng hệ số từ dẫn rôto khi xét đến hiệu ứng mặt ngoài với $s=1$:

$$\Sigma \lambda_{2\xi} = \lambda_{2r\xi} + \lambda_{d2} + \lambda_{m} = 1,776 + 2,038 + 0,612 + 0,648 = 5,074$$

- Điện kháng rôto khi xét đến hiệu ứng mặt ngoài:

$$x'_{2\xi} = x'_2 * \frac{\Sigma \lambda_{2\xi}}{\Sigma \lambda_2} = 1 * \frac{5,074}{5,338} = 0,9505 \Omega$$

- Tổng trở ngắn mạch khi xét đến hiệu ứng mặt ngoài:

$$r_{n\xi} = r_1 + r'_{2\xi} = 0,33 + 0,23 = 0,56 \Omega$$

$$x_{n\xi} = x_1 + x'_{2\xi} = 0,424 + 0,0505 = 1,375 \Omega$$

$$Z_{n\xi} = \sqrt{r_{n\xi}^2 + x_{n\xi}^2} = \sqrt{0,65^2 + 1,375^2} = 1,48 \Omega$$

- Dòng điện ngắn mạch khi xét đến hiệu ứng mặt ngoài:

$$I_{n\xi} = \frac{U_1}{Z_{n\xi}} = \frac{220}{1,485} = 148,15 \text{ A}$$

2. Tham số của động cơ điện khi xét đến hiệu ứng mặt ngoài và sự bão hòa của mạch từ tản khi $s=1$

Sơ bộ chọn hệ số bão hòa $k_{bh} = 1,35$

- Dòng điện ngắn mạch khi xét đến hiệu ứng mặt ngoài

$$I_{nbh\xi} = k_{bh} * I_{n\xi} = 1,35 * 148,15 = 200 \text{ A}$$

- Sức từ động trung bình của một rãnh stator

$$F_{zbh} = 0,7 * \frac{I_{nbh\xi} * u_r}{a_1} * (k_\beta + k_y * k_d * \frac{Z_1}{Z_2})$$

$$= 0,7 * \frac{200 * 56}{4} * (0,88 + 0,966 * 0,925 * \frac{48}{38})$$

$$= 3937$$

Trong đó:

$u_r = 56$ Số thanh dẫn tác dụng trong rãnh stator

$a_1 = 4$ Số mạch nhánh song song

$k_\beta = 0,88$ Hệ số tính đến sức từ động nhỏ bước ngắn lấy theo hình 10-14 trang 259 TKMĐ

$k_y = 0,966$ hệ số bước ngắn của dây quấn

$k_d = 0,925$ Hệ số dẫu quấn

$$C_{bh} = 0,64 + 2,5 * \sqrt{\frac{\delta}{t_1 + t_2}} = 0,64 + 2,5 * \sqrt{\frac{0,05}{1,18 + 1,48}} = 0,983$$

$$B_{\phi\delta} = \frac{F_{zbh} * 10^{-4}}{1,6 * C_{bh} * \delta} = \frac{3937 * 10^{-4}}{1,6 * 0,983 * 0,05} = 5 \text{ T}$$

Theo hình 10-15 trang 260 TKMĐ

Chọn: $\chi_{\delta}=0,5$

$$\Delta\lambda_{1bh} = \frac{h_{41} + 0,58 * h_3}{b_{41}} * \frac{C_1}{C_1 + 1,5 * b_{41}} = \frac{0,05 + 0,58 * 0,4}{0,3} * \frac{0,44}{0,44 + 1,5 * 0,3} = 0,465$$

-Hệ số từ tản rãnh khi xét đến bão hòa mạch từ tản

$$\lambda_{r1bh} = \lambda_{r1} - \Delta\lambda_{1bh} = 1,25 - 0,465 = 0,785$$

-Hệ số từ tản tap stator khi xét đến bão hòa mạch từ tản:

$$\lambda_{t1bh} = \lambda_{t1} * \chi_{\delta} = 1,27 * 0,5 = 0,635$$

- Tổng hệ số từ tản stator khi xét đến bão hòa mạch từ tản:

$$\Sigma\lambda_{1bh} = \lambda_{r1bh} + \lambda_{t1bh} + \lambda_{d1} = 0,785 + 0,635 + 1,153 = 2,573$$

- Điện kháng stator khi xét đến bão hòa mạch từ tản:

$$x_{bh} = x_1 * \frac{\Sigma\lambda_{1bh}}{\Sigma\lambda_1} = 0,424 * \frac{2,573}{3,67} = 0,297 \Omega$$

$$C_2 = (t_2 - b_{42}) * (1 - \chi_{\delta}) = (1,48 - 0,15) * (1 - 0,5) = 0,665$$

$$\Delta\lambda_{2bh} = \frac{h_{42}}{b_{42}} * \frac{C_2}{C_2 + b_{42}} = \frac{0,05}{0,15} * \frac{0,665}{0,665 + 0,15} = 0,272$$

- Hệ số từ tản rôto khi xét đến bão hòa mạch từ tản và hiệu ứng mặt ngoài:

$$\lambda_{r2\xi bh} = \lambda_{r2\xi} - \Delta\lambda_{2bh} = 1,776 - 0,272 = 1,504$$

- Hệ số từ tản tap rôto khi xét đến bão hòa mạch từ tản:

$$\lambda_{t2bh} = \lambda_{t2} * \chi_{\delta} = 2,308 * 0,5 = 1,019$$

- Hệ số từ tản do rãnh nghiêng rôto khi xét đến bão hòa mạch từ tản:

$$\lambda_{rmbh} = \lambda_{r\eta} * \chi_{\delta} = 0,648 * 0,5 = 0,324$$

- Tổng hệ số từ tản rôto khi xét đến bão hòa mạch từ tản và hiệu ứng mặt ngoài

$$\Sigma\lambda_{2\xi bh} = \lambda_{r2\xi bh} + \lambda_{t2bh} + \lambda_{d2} + \lambda_{rmbh} = 1,504 + 1,019 + 0,612 + 0,324 = 3,459$$

- Điện kháng rôto khi xét đến hiệu ứng mặt ngoài và bão hòa từ của mạch từ tản:

$$x'_{2\xi bh} = x'_2 * \frac{\Sigma\lambda_{2\xi bh}}{\Sigma\lambda_2} = 1 * \frac{3,459}{5,338} = 0,65 \Omega$$

- Các tham số ngắn mạch khi xét đến hiệu ứng mặt ngoài và sự bão hòa của mạch từ tản

$$r_{n\xi} = r_1 + r'_{2\xi} = 0,33 + 0,23 = 0,56 \Omega$$

$$x_{n\xi bh} = x_{1bh} + x'_{2\xi bh} = 0,297 + 0,65 = 0,947 \Omega$$

$$Z_{n\xi bh} = \sqrt{r_{n\xi}^2 + x_{n\xi bh}^2} = \sqrt{0,56^2 + 0,947^2} = 1,1 \Omega$$

4. Dòng điện khởi động

$$I_k = \frac{U_1}{Z_{n\xi bh}} = \frac{220}{1,1} = 200 \text{ A}$$

Trị số này bằng với trị số giả thiết nên không cần tính lại

5. Bội số dòng điện khởi động

$$i_k = \frac{I_k}{I_{dm}} = \frac{200}{29} = 7,2$$

Giá trị này không sai khác nhiều so với giá trị chọn ban đầu

Điện kháng hồ cảm khi xét đến bão hòa:

$$x_{12n} = x_{12} * k_\mu = 26,565 * 1,62 = 43,03$$

$$C_{2\xi bh} = 1 + \frac{x_{2\xi bh}}{x_{12n}} = 1 + \frac{0,65}{43,03} = 1,015$$

$$I'_{2k} = \frac{I_k}{C_{2\xi bh}} = \frac{200}{1,015} = 197 \text{ A}$$

6. Bội số momen khởi động

$$m_k = \left(\frac{I'_{2k}}{I'_{2dm}} \right)^2 * \frac{r'_{2\xi}}{r'_2} * S_{dm} = \left(\frac{197}{25,14} \right)^2 * \frac{0,23}{0,196} * 0,024 = 1,73$$

CHƯƠNG 9 TÍNH TOÁN NHIỆT

Khi làm việc, máy điện luôn sinh ra tổn hao, biến thành nhiệt năng và làm nóng các bộ phận của máy. Khi trạng thái nhiệt trong máy đã ổn định thì toàn bộ nhiệt thoát ra từ máy tỏa ra môi trường xung quanh nhờ sự chênh lệch nhiệt giữa các bộ phận của máy bị đốt nóng và môi trường bên ngoài.

Nhiệm vụ của tính toán nhiệt là xác định độ tăng nhiệt của các bộ phận trong máy điện. Đây là quá trình phức tạp vì kết cấu của máy điện khác nhau, quá trình sản xuất khác nhau đều ảnh hưởng đến quá trình tản nhiệt của máy. Độ tăng nhiệt phụ thuộc vào tính chất vật liệu mà chủ yếu là vật liệu cách điện, chọn độ tăng nhiệt thấp chưa hẳn là ưu điểm vì còn phải tính đến việc sử dụng vật liệu có hiệu suất kinh tế tốt nhất. Độ tăng nhiệt còn phụ thuộc vào chế độ làm việc của động cơ (nhiệt độ, độ ẩm) và công nghệ chế tạo.

Tản nhiệt trong máy điện thông qua hai hình thức: truyền nhiệt trong vật rắn và tản nhiệt nhờ bức xạ, đối lưu.

Giải quyết vấn đề tản nhiệt cho máy điện là một việc quan trọng nhất là khi thiết kế cho một máy mới. Việc tính toán nhiệt liên quan chặt chẽ đến việc làm nguội máy và cuối cùng là xác định độ tăng nhiệt θ cho phép giữa dây quấn máy điện và môi trường.

Động cơ điện không đồng bộ kiểu kín IP44 này được tính toán nhiệt theo sơ đồ thay thế nhiệt. Máy có quạt thổi ngoài vỏ máy qua các cánh tản nhiệt, đồng thời có gió tuần hoàn trong vỏ máy nhờ cánh quạt đặt trên vành ngăn mạch của rôto lồng sóc. Tâm cao máy $h=160$ mm và chiều dài lắp đặt của vỏ là S .

1. Các nguồn nhiệt trên sơ đồ thay thế nhiệt bao gồm

-Tổn hao trên stato:

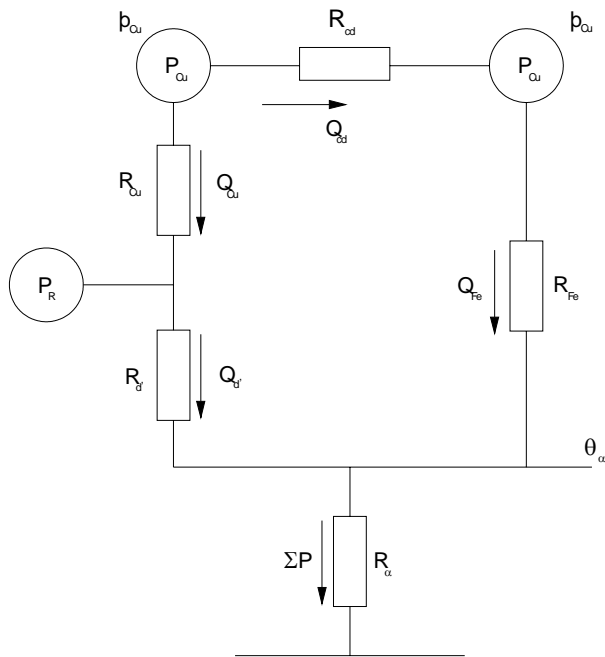
$$Q_{cu1}=P_{cu1}+0,5*P_f=766+0,5*82=807$$

-Tổn hao sắt trên stator:

$$Q_{Fe}=P_{Fe}=323 \text{ W}$$

-Tổn hao trên roto:

$$Q_R=P_{cu2}+0,5*P_f+P_{cv}+P_{bm}+P_{dm}=372+0,5*82+123+13,7+39=588,7 \text{ W}$$



Hình 9.1

2. Nhiệt trở trên mặt lõi sắt stator

$$R_{Fe} = R_{Feg} + R_{\delta g} = -\frac{1}{S_{Dn}} * \left(\frac{1}{\alpha_g} + \frac{1}{\alpha_{\delta g}} \right) = \frac{1}{1196} * \left(\frac{1}{0,09} + \frac{1}{0,128} \right) = 1,58 * 10^{-2} \text{ C/W}$$

Trong đó:

$$S_{Dn} = \pi * D_n * l = \pi * 27,2 * 14 = 1196 \text{ cm}^2$$

$$\alpha_g = \frac{\lambda_{Fe}}{h_{g1}} = \frac{30 * 10^{-2}}{2,35} = 0,128 \text{ W/cm}^2 * \text{°C}$$

$$\alpha_{\delta g} = 0,09 \text{ W/cm}^2 * \text{°C}$$

Chọn $\lambda_{Fe} = 30 * 10^{-2}$ theo bảng 8-2 trang 170 TKMĐ

3. Nhiệt trở phần đầu nối dây quấn stator

$$R_d = \frac{S_c}{\lambda_c * S_d} + \frac{1}{\alpha_d * S_d} = \frac{0,02}{0,16 * 10^{-2} * 11175} + \frac{1}{0,104 * 11175} = 0,198 * 10^{-2} \text{ C/W}$$

Trong đó:

$\delta_c = 0,02 \text{ cm}$ (cách điện đầu nối bằng băng vải)

$\lambda_c = 0,16 * 10^{-2} \text{ W/°C}$ theo bảng 8-2 trang 170 TKMĐ

$$\alpha_d = (1 + 0,54 v_R^2) * 10^{-3} = (1 + 0,54 * 13,82) * 10^{-3} = 0,104 \text{ W/cm}^2 * \text{°C}$$

Với:

$$v_R = \frac{\pi * D * n_2}{6000} = \frac{\pi * 18 * 1464}{6000} = 13,8$$

$$S_d = 2 * Z_1 * C_b * l_d = 2,48 * 6 * 19,4 = 11175 \text{ cm}^2$$

Ở đây:

$$\text{Chu vi của bồi dây } C_b = d_1 + d_2 = 2 * h_1 = 7,5 + 9 + 2 * 21,8 = 6 \text{ cm}$$

4. Nhiệt trở đặc trưng cho độ chênh lệch giữa không khí nóng bên trong máy và vỏ máy

$$R'_\alpha = \frac{1}{\alpha * S_\alpha} = \frac{1}{2,59 * 10^{-3} * 2358} = 0,164 \text{ } ^\circ\text{C/W}$$

$$\text{Với: } \alpha = \alpha_0 * (1 + k_0 * v_R) * 10^{-3} = 1,42 * 10^{-3} * (1 + 0,06 * 13,8) = 2,59 * 10^{-3} \text{ W/}^\circ\text{C * cm}^2$$

$\alpha_0 = 1,42 * 10^{-3} \text{ W/}^\circ\text{C * cm}^2$ hệ số tản nhiệt ở bề mặt ở môi trường tĩnh

k_0 hệ số tính đến sự hoàn hảo của sự dịch chuyển dòng không khí ở bề mặt phân đầu nối dây quấn $k_0 = 0,05 \div 0,07$ chọn $k_0 = 0,06$

S'_α : diện tích bề mặt bên trong vỏ máy, bao gồm những phần không tiếp xúc với bề mặt stato và nắp máy, chọn chiều dài vỏ máy L bằng hai lần lõi sắt stato:

$$L = 2 * l_1 = 2 * 14 = 28 \text{ cm}$$

$$S'_\alpha = \pi * D_n * L + 2 * \frac{\pi * D_n^2}{4} - \pi * l_1 * D_n$$

$$= \pi * 27,2 * 28 + 2 * \frac{27,2^2 * \pi}{4} - \pi * 14 * 27,2$$

$$= 2358 \text{ cm}^2$$

5. Nhiệt trở bề mặt ngoài vỏ máy

$$R_\alpha = \frac{1}{\alpha_v * S_v + \alpha'_v * S'_v + \alpha''_v * S''_v}$$

$$= \frac{1}{0,01 * 9760 + 9,1 * 10^{-3} * 1865 + 1,42 * 10^{-3} * 1865}$$

$$= 8,53 * 10^{-3} \text{ C/W}$$

Ở đây:

$$K_g = \frac{c}{b+c} + \frac{\alpha_g}{\alpha'_g} * \frac{b}{b+c} = \frac{1,5}{0,3+1,5} + \frac{0,0366}{5,2 * 10^{-3}} * \frac{0,3}{0,3+1,5} = 2,006$$

$$\alpha_v = \alpha'_v * K_g = 2,006 * 5,2 * 10^{-3} = 0,01 \text{ C/W}$$

Trong đó:

$$\alpha'_v = 3,6 * d^{-0,2} * v_v^{0,8} * 10^{-4} = 3,6 * 0,018^{-0,2} * 10,43^{0,8} * 10^{-4} = 5,2 * 10^{-3} \text{ W/cm}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Với:

$d = 1,8 \text{ cm}$ đường kính tương đương

v_v : tốc độ gió thổi mặt ngoài vỏ máy đã tính đến suy giảm 50% theo chiều dài gân tản nhiệt.

Đường kính ngoài cánh quạt lấy bằng D_n

$$v_v = 0,5 * \frac{\pi * D_n * n}{6000} = 0,5 * \frac{\pi * 27,2 * 1464}{6000} = 10,43 \text{ m/s}$$

$$\alpha_g = \beta * \lambda * th(\beta * h) = 0,93 * 4 * 10^{-2} * th(0,93 * 2,5) = 0,0366 \text{ W/cm}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

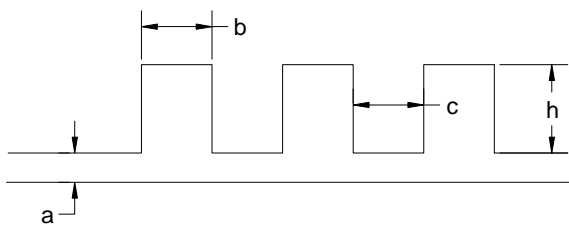
Ở nắp sau tốc độ gió của cánh quạt không bị suy giảm nên hệ số tản nhiệt trên nắp có gió thổi bằng:

$$\alpha' = 3,6 * d^{-0,2} * v^{0,8} * 10^{-4} = 3,6 * 0,018^{-0,2} * (2 * 19,43)^{0,8} * 10^{-4} = 9,1 * 10^{-3} \text{ W/cm}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Hệ số tản nhiệt trên nắp không có gió thay đổi:

$$\alpha''_n = \alpha_0 = 1,42 * 10^{-3} \text{ W/cm}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Chiều cao cánh $h=2,5\text{cm}$ khoảng cách trung bình giữa các gân $c=1,5 \text{ cm}$ chiều dày gân $b=0,3 \text{ cm}$ được xác định khi thiết kế máy



Diện tích vỏ máy kể cả gân tản nhiệt:

$$S_v = [\pi * (D_{n1} + 2 * q) - n_g * b + n_g * (2 * h + b)] * L$$

$$= [\pi * (27,2 + 2 * 0,5) - 52 * 0,3 + 52 * (2 * 2,5 + 0,3)]$$

$$= 9760 \text{ cm}^2$$

Với n_g : số gân tản nhiệt

$$n_g = \frac{\pi * (D_n + 2 * a)}{b + c} = \frac{\pi * (27,2 + 2 * 0,5)}{0,3 + 1,5} = 52,7$$

Chọn $n_g=52$ gân

Diện tích nắp máy trước và sau:

$$S'_n = S''_n = \frac{\pi * (D_n + 2 * a)^2}{4} + n * (D_n + 2 * a) * \pi$$

$$= \frac{\pi * (27,2 + 2 * 0,5)^2}{4} + 14 * (27,2 + 2 * 0,5) * \pi$$

$$= 1865 \text{ cm}^2$$

6. Nhiệt trở trên lớp cách điện rãnh

$$R_c = \frac{\delta_c}{\lambda_c * S_c} = \frac{0,03}{0,16 * 10^{-2} * 4032} + 0,00465 \text{ } ^\circ\text{C/W}$$

Trong đó:

$$S_c = Z_1 * C_b * l_1 = 48 * 6 * 14 = 4032 \text{ cm}^2 \text{ diện tích truyền nhiệt của lớp cách điện}$$

$$\lambda_c = 0,16 * 10^{-2} \text{ W/}^\circ\text{C} * \text{cm}$$

$\delta_c=0,03$ cm độ dày cách điện rãnh

7. Độ chênh nhiệt của vỏ máy với môi trường

$$\theta_\alpha=(Q_{cu1}+Q_{Fe}+Q_R)*R_\alpha=(807+323+589)*8,53*10^{-3}=14,66^\circ\text{C}$$

8. Độ tăng nhiệt của dây quấn stato

$$\theta_1 = \frac{Q_{cu1} * (R_{Fe} + R_c) + P_{Fe} * R_{Fe} + P_R * R'_\alpha * \frac{R_{Fe} + R_c}{R_d + R'_\alpha}}{1 + \frac{R_{Fe} + R_c}{R_d + R'_\alpha}}$$

$$= \frac{807 * (2,05 * 10^{-2}) + 323 * 1,58 * 10^{-2} + 589 * 16,4 * 10^{-2} * \frac{2,05 * 10^{-2}}{16,6 * 10^{-2}}}{1 + \frac{2,05 * 10^{-2}}{16,6 * 10^{-2}}}$$

$$=43,68 \text{ }^\circ\text{C/W}$$

Ở đây:

$$R_{Fe} + R_c = 1,58 * 10^{-2} + 0,465 * 10^{-2} = 2,05 * 10^{-2} \text{ C/W}$$

$$R_d + R'_\alpha = 0,198 * 10^{-2} + 16,4 * 10^{-2} = 16,6 * 10^{-2} \text{ C/W}$$

CHƯƠNG 10. TÍNH TOÁN THÔNG GIÓ VÀ LÀM NGUỘI

Đến nay trừ một số trường hợp đặc biệt, hầu hết các máy điện hiện đại đều có hệ số sử dụng vật liệu cao, nghĩa là tận dụng triệt để về phương diện tải điện từ A và B do đó nhiệt lượng do tổn hao tỏa ra trên đơn vị diện tích bề mặt của máy rất lớn. Như vậy cùng với việc nâng cao tải điện từ cần phải tăng cường làm nguội máy một cách hiệu quả.

Phương pháp làm nguội máy điện chủ yếu là tạo nên sự đối lưu của môi trường làm nguội. Môi trường làm nguội có thể là môi trường khí: (không khí, hiđrô), có thể là môi trường lỏng: dầu biến áp, nước. Trong chương này chủ yếu nghiên cứu vấn đề thông gió bằng không khí.

Làm nguội bằng không khí được phân làm bốn loại sau:

- Làm nguội tự nhiên (máy có công suất nhỏ hơn 1kW)
- Thông gió trên bề mặt vật liệu tác dụng bằng quạt đặt trên trục máy.
- Thông gió trên mặt ngoài vỏ máy bằng quạt đặt trên trục máy.
- Thông gió bằng phương tiện bên ngoài (quạt, bơm khí hay chất lỏng). Phương pháp này còn gọi là thông gió cưỡng bức, có ưu điểm giữ được nguyên cường độ làm nguội ở mọi tốc độ của rôto kể cả khi rôto đứng yên.

I. Hệ thống thông gió

Hệ thống thông gió có thể là một kết cấu tạo nên chu trình hở hoặc kín. Ở trường hợp thứ nhất, không khí nguội được thổi vào máy qua bề mặt bộ phận nóng và mang nhiệt ra môi trường xung quanh. Ở trường hợp thứ hai, chỉ cần một lượng khí làm nguội chuyển động theo chu trình kín. Sau khi đi qua máy, khí bị đốt nóng được đưa ra nơi làm nguội rồi lại quay trở lại máy.

Tùy theo tác dụng, quạt đặt trên trục được chia làm hai loại: quạt nén và quạt hút.

Ưu điểm của quạt hút so với quạt nén là luồng không khí đi qua máy không bị đốt nóng trước do cọ sát với cánh quạt. Cần chú ý rằng khi qua cánh quạt không khí có thể bị nóng lên khoảng $3 \div 7^{\circ}\text{C}$, điều đó bắt buộc phải tăng lượng không khí từ $15 \div 20\%$ một cách vô ích điều đó dẫn đến tổn hao vì thông gió.

Để tăng cường hiệu quả làm nguội của luồng không khí, thường sử dụng các kiểu hệ thống thông gió sau:

- Hệ thống thông gió hướng kính.
- Hệ thống thông gió hướng trục.
- Hệ thống thông gió hỗn hợp (vừa hướng kính vừa hướng trục).

Mỗi hệ thống đều có ưu nhược điểm của nó.

- Hệ thống thông gió hướng kính có ưu điểm làm tăng diện tích tỏa nhiệt, làm nguội đều theo chiều dài máy và giảm độ chằng chịt của lõi thép vì sự biến dạng của các thép lá thép. Nếu xảy ra xô dịch trong các thép lá thép sẽ cắt đứt cách điện rãnh gây nên chạm vỏ dây quấn. Về mặt khí động lực, phải tốn thêm áp suất cho luồng khí đổi phương đột ngột (90°) khi vào rãnh thông gió hướng kính, tổn hao quạt gió và tổn hao phụ tăng lên v. v... Ngoài ra, việc lắp ráp lõi sắt cũng phức tạp hơn vì phải đảm bảo rãnh thông gió ở lõi sắt stato và rôto hoàn toàn đối nhau.

Hệ thống thông gió hướng trục có ưu điểm là ít tổn hao áp suất khí, tỏa nhiệt nhiều theo chiều dài qua bề mặt các ống thông gió hướng trục xuyên qua lõi thép, đặc biệt là tác dụng chuyển động xoáy dọc trục của luồng không khí. Nhược điểm của hệ thống này là khó ứng dụng ở loại máy dài, đặc biệt những máy có kích thước công lớn, có độ chênh lệch nhiệt độ lớn theo chiều cao công, bởi vì khó làm nguội theo chiều dài của máy.

Hệ thống thông gió trên mặt ngoài vỏ máy được dùng ở loại máy kiểu kín IP44 trở lên, kiểu chống nổ, dùng trong hầm mỏ, những nơi bụi bặm, có khí nổ hoặc hóa chất phá hoại cách điện v. v... Ở loại máy này bề mặt ngoài của vỏ máy là bề mặt tản nhiệt chính cho nên cần có kết cấu thích hợp để tăng diện tích tản nhiệt như cánh tản nhiệt, ống hướng trục dẫn không khí xuyên qua thân máy...

Tính toán thông gió cuối cùng quy về việc chọn kết cấu máy (kiểu bảo vệ) và hệ thống thông gió, chọn chất làm nguội sau đó giải các bài toán cơ bản sau:

- Kiểm tra lại hệ thống thông gió
- Chọn kết cấu quạt gió thích hợp với lượng không khí đã cho ứng với độ tăng nhiệt quy định.
- Xác định sự phân bố hiệu quả nhất của chất làm nguội trên hệ thống làm nguội sao cho thoát được nhiệt tốt nhất với tổn hao trên quạt ít nhất.
- Xác định tổn hao áp suất ít nhất trên đường đi bằng cách làm cho hệ thống thông gió có dạng tốt nhất về mặt khí động học.
- Thiết kế quạt có hiệu suất và độ tin cậy cao về mặt cơ khí.

II. Tính toán thông gió

Bài toán về thông gió phải giải quyết hai vấn đề sau:

- Xác định lượng không khí Q cần thiết thổi qua máy, m³/s
- Xác định áp suất H đảm bảo đưa lượng khí hệ thống thông gió, kg/m²

1. Xác định lượng không khí cần thiết

Lượng không khí đưa qua máy phải đủ để đưa nhiệt lượng trong máy thoát ra ngoài và đảm bảo độ chênh nhiệt của dây quấn ở mức độ cho phép. Nếu lượng không khí quá nhiều sẽ làm tăng công suất quạt một cách vô ích, tổn hao vì thông gió sẽ tăng và hiệu suất của máy giảm. Thông thường do dòng không khí qua máy mang hầu hết nhiệt lượng do tổn hao trong máy sinh ra, vì vậy lượng không khí đó được tính theo công thức sau:

$$Q = \frac{\sum P}{C_k \cdot \Delta \theta_k}$$

Trong đó:

$\sum p$ tổng tổn hao của máy

$C_k = 1100$ (J/m³°C) nhiệt dung của không khí

$\Delta \theta_k = \theta_r - \theta_v$ độ tăng nhiệt của không khí

θ_r, θ_v nhiệt độ không khí nóng ra khỏi máy và nhiệt độ không khí nguội vào máy

Thường lấy $\Delta \theta_k = 20^\circ\text{C}$ đối với máy cách điện cấp A, E, B và có thể đến 30°C đối với máy điện cấp F, H. Đối với máy thủy điện hay nhiệt điện lấy $\Delta \theta_k = 25^\circ\text{C}$

III. Tính toán quạt gió

Nhiệm vụ của quạt gió ở máy điện là tạo ra một áp suất đủ lớn để đưa dòng khí cần thiết qua hệ thống thông gió của máy.

Cấu tạo của quạt phụ thuộc vào máy điện nên khi thiết kế quạt phải lưu ý đặc điểm sau:

- Tốc độ quay của quạt được xác định trước bởi tốc độ quay của máy.
- Kích thước quạt và kiểu hứng gió vào máy cũng bị giới hạn bởi kết cấu của máy.
- Những đại lượng cơ bản như Q và H mà quạt phải đảm bảo phụ thuộc vào đặc tính của ống dẫn khí trong hệ thống thông gió đã chọn.
- Vấn đề hiệu suất của quạt và tiếng ồn của quạt cũng có ý nghĩa quan trọng.

Có ba loại quạt điện dùng trong máy điện: quạt ly tâm, quạt hướng trục và quạt hỗn hợp ly tâm và hướng trục, nhưng thông dụng nhất vẫn là quạt ly tâm.

1. Đặc điểm của quạt ly tâm

Ở quạt ly tâm khi cánh quạt quay, không khí ở khe giữa các cánh quạt bị đẩy ra ngoài dưới tác dụng của lực ly tâm, do đó ở vùng vòng trong của cánh quạt nơi lỗ gió vào tạo thành vùng không khí loãng còn vùng ngoài cánh quạt nơi gió thoát ra có áp suất cao.

Quạt ly tâm được dùng nhiều trong máy điện vì tạo được áp suất khí cao phù hợp với đặc tính thông gió trong máy điện. Nhược điểm cơ bản của nó là hiệu suất thấp (quạt ly tâm cánh hướng kính có hiệu suất $\eta = 0,2$, trong khi quạt hướng trục có hiệu suất $\eta = 0,8$).

Tùy theo tốc độ quay và yêu cầu về đổi chiều quay trong máy điện, có thể dùng ba loại quạt ly tâm chính sau:

- Ở máy đổi chiều quay cánh đổi hướng trục
- Ở máy quay chậm, không đổi chiều quay: đầu ngoài của cánh quạt uốn cong thuận chiều quay của cánh quạt.
- Ở máy quay nhanh, không đổi chiều quay: đầu ngoài của cánh quạt uốn cong ngược chiều quay của cánh quạt.

2. Đặc tính của quạt ly tâm

Đặc tính của quạt là mối quan hệ giữa áp suất tĩnh H và quạt tạo ra với lượng không khí tiêu hao Q . Ở quạt ly tâm đặc tính đó được biểu thị trong hình đặc tính quạt ly tâm, trong đó cần chú ý đến hai điểm làm việc đặc trưng sau:

- Điểm không tải của quạt ứng với chế độ làm việc khi tạo ra áp suất tĩnh H_0 và không có lượng không khí tiêu hao ($Q = 0$). Đó là điểm ứng với $H^* = H/H_0$ và $Q^* = Q/Q_{\max} = 0$.
- Điểm tiêu hao cực đại $Q = Q_{\max}$ khi áp suất $H = 0$. Ở điểm này $H^* = 0$ và $Q^* = 1$ và gọi là điểm ngắn mạch. Chế độ không tải của quạt xảy ra trong thực tế khi ta bịt kín các lỗ ở phía đường kính ngoài của vòng quạt. Lúc này, không khí nằm giữa các cánh quạt (trong vòng quạt) dưới tác dụng của lực ly tâm sẽ nén lên vòng ngoài của quạt với một áp suất H_0 . Lượng không khí đi qua quạt $Q = 0$. Chế độ ngắn mạch xảy ra khi không có trở lực khí động lực bên ngoài, nghĩa là khi quạt tiếp xúc trực tiếp với môi trường bên ngoài.

1. Xác định lượng không khí cần thiết Q

Lượng không khí qua máy phát phải đủ giữ nhiệt độ dầu quấn ở nhiệt độ cho phép, giữ công suất quạt ở mức qui định tránh tổn hao gây ra do thông gió:

$$Q = \frac{f * \sum P}{c_k * \Delta \theta_k} = \frac{1 * 1719}{1100 * 30} = 0,052 \text{ m}^3/\text{s}$$

Trong đó:

$f=1$ hệ số xét đến tổn hao khí

C_k nhiệt dung riêng của không khí $c_k=1100 \text{ J/m}^3\text{°C}$

$\Delta \theta_k$ độ tăng nhiệt của không khí

θ_r, θ_v nhiệt độ không khí nóng đi ra khỏi máy và nhiệt độ không khí nguội vào máy. Thường lấy $\Delta \theta_k = 30\text{°C}$ đối với máy cấp F

2. Lượng không khí tiêu hao cực đại

$$Q_{\max} = 2 * Q = 2 * 0,052 = 0,104 \text{ m}^3/\text{s}$$

3. Tính toán quạt ly tâm

Chọn quạt ly tâm hướng kính cánh thẳng phù hợp cho động cơ hoạt động bình thường và khi đổi chiều.

Đường kính ngoài cánh quạt

$$D_{2q} = D_n = 27,2 \text{ cm}$$

Hiệu suất cao nhất của cánh quạt:

Theo lý thuyết tính toán và thực nghiệm đối với quạt ly tâm hiệu suất cực đại là:

$$\eta_{\max} = Q / Q_{\max} = 0,5$$

Tiết diện mà không khí đi qua tại đường kính ngoài của cánh quạt:

$$S_d = \frac{Q_{\max}}{0,42 * v_2} = \frac{0,104}{0,42 * 20,85} = 118,8 \text{ cm}^2$$

Trong đó: v_2 tốc độ dài của các điểm trên vòng ngoài của cánh quạt:

$$v_2 = \frac{\pi}{60} * D_{2q} * n = \frac{\pi}{60} * 27,2 * 1464 * 10^{-2} = 20,85 \text{ m/s}$$

Chiều rộng dọc trục của cánh quạt:

$$b_4 = \frac{S_d}{0,92 * \pi * D_{2q}} = \frac{118,8}{0,92 * \pi * 27,2} = 1,511 \text{ cm}$$

Đường kính trong của cánh quạt:

Trở lực không khí tại chỗ gió vào Z_1

$$Z_1 = \frac{\xi_1}{S_1^2} = \frac{61 * 10^{-3}}{0,00785^2} = 989,9 \text{ Kgs}^3 / \text{m}^8$$

Trong đó:

$\xi_1 = 61 \cdot 10^{-3} \text{ kgs}^2/\text{m}^4$ hệ số trở lực tại chỗ gió vào

$S_1 = 0,00785 \text{ m}^2$ tiết diện của các lỗ thông gió

động học của gió ở mặt trong chao chụp quạt Z_2

$$Z_2 = \frac{\xi^2}{S_2^2} = \frac{7,5 \cdot 10^{-3}}{0,00552} = 247,9 \text{ Kgs}^3 / \text{m}^8$$

Trong đó:

$$\xi_2 = 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ kgs}^2/\text{m}^4$$

$D_2 = 0,35 \text{ m}$ đường kính chao chụp quạt

$L_c = 0,005 \text{ m}$ chiều dài chao chụp quạt

$$S = \pi \cdot d_c \cdot l = \pi \cdot 0,3 \cdot 0,005 = 0,0055 \text{ m}^3$$

Trở lực động học tính đến ma sát giữa mặt trong của chao chụp quạt và vỏ máy:

$$Z_3 = \frac{\xi_3}{S_3} = \frac{1,27 \cdot 10^{-3}}{(1,207 \cdot 10^{-3})^2} = 1052,2 \text{ kgs}^2/\text{m}^8$$

Trong đó:

$$\xi = \frac{5 \cdot l}{d} \cdot 10^{-3} = \frac{5 \cdot 0,01}{39,2} \cdot 10^{-3} = 1,27 \cdot 10^{-3} \text{ kgs}^3/\text{m}^4$$

$l = 0,01 \text{ m}$ chiều dài phần gân giữa chao chụp và vỏ máy

$$d = \frac{2 \cdot a \cdot b}{a + b} = \frac{2 \cdot 20 \cdot 942,5}{20 + 942,5} = 39,2 \text{ mm}$$

$$S_3 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 39,2^2}{4} \cdot 10^{-6} = 1,207 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

Trở lực động học giữa chao chụp và vỏ máy Z_4 :

$$Z_4 = \frac{\xi_4}{S_4} = \frac{30 \cdot 10^{-3}}{0,0039^2} = 1972,4 \text{ kgs}^2/\text{m}^8$$

Trong đó:

$$\xi = 30 \cdot 10^{-3} \text{ kgs}^3/\text{m}^4$$

S_4 diện tích vành khăn giữa chao và vỏ máy

$$S_4 = S_c - S_v = 0,0804 - 0,0765 = 0,0039 \text{ m}^2$$

$$\text{Với: } S_c = \frac{\pi \cdot d_c^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,32^2}{4} = 0,0804 \text{ m}^2$$

$$S_v = \frac{\pi \cdot d_v^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,312^2}{4} = 0,076 \text{ m}^2$$

$$\text{Với: } d_v = D_n + 2 \cdot a = 27,2 + 2 \cdot 2 = 31,2 \text{ cm}$$

Trở lực của cả hệ thống bề mặt:

$$Z=Z_1+Z_2=Z_3+Z_4=899,9+247,9+1052,2+1972,3=4172 \text{ kgs}^2/\text{m}^8$$

Áp suất cần thiết mà quạt gió cần đảm bảo:

$$H=Z*Q_2=4,72*0,0522=11,28 \text{ kg/m}^2$$

Áp suất tĩnh của quạt lúc không tải:

$$H_0=\frac{H}{0,75}=\frac{11,28}{0,75}=15,04 \text{ kg/m}^2$$

Tốc độ dài của các điểm trên vòng trong của cánh quạt:

$$U_1=\sqrt{U_1^2-\frac{H_0*g}{\eta_0*\gamma}}=\sqrt{20,85^2-\frac{15,04*9,81}{0,6*1,2}}=15,15 \text{ m/s}$$

Tong đó:

$\eta_0=0,6$ hiệu suất khí động của cánh quạt lúc không tải đối với quạt hướng kính

$G=9,81 \text{ m/s}^2$ gia tốc trọng trường

$\gamma=1,2 \text{ kg/m}^3$ trọng lượng riêng của không khí

Đường kính trong của cánh quạt:

$$D_{1q}=\frac{60000*v_1}{\pi*n}=\frac{60000*15,5}{\pi*1464}=20,2 \text{ cm}$$

$$D_0=\frac{D_{2q}}{D_{1q}}=\frac{27,2}{20,2}=1,35 \text{ nằm trong khoảng } 1,2\div 1,5$$

Vậy quạt thiết kế đạt yêu cầu

4. Chiều cao cánh quạt

$$h_q=\frac{D_{2q}-D_{1q}}{2}=\frac{27,2-20,2}{2}=3,5 \text{ cm}$$

5. Số cánh quạt

Để đảm bảo chắc chắn về cơ thường chọn chiều cao của cánh quạt bằng khoảng cách trung bình giữa các cánh quạt:

$$N_c=\pi*\frac{D_{2q}+D_{1q}}{D_{2q}-D_{1q}}=\pi*\frac{27,2+20,2}{27,2-20,2}=21,3$$

Để giảm tiếng kêu của quạt số cánh quạt nên là số nguyên tố:

Theo bảng 7-1 trang 163TKMĐ

Chọn $N_c=23$

6. Kích thước quạt

Chiều cao trung bình cánh quạt:

$$B=b_v-(5\div 12)=16,8-(5\div 12)$$

Chọn: $b=10$

Bề dày trung bình của cánh quạt:

$$b_c = (3 \div 9) \text{ mm}$$

Chọn: $b_c = 5 \text{ mm}$

7. Công suất quạt P_q

$$P_q = \frac{9,81 * H * Q}{\eta_c} = \frac{9,81 * 11,28 * 0,052}{1,18} = 31,96$$

CHƯƠNG 11. TÍNH TOÁN CƠ

Thiết kế kết cấu là một phần quan trọng trong toàn bộ thiết kế máy điện. Căn cứ vào trạng thái làm việc của máy để thiết kế ra một kết cấu thích hợp từ đó tính toán cơ.

Nguyên tắc chung để thiết kế kết cấu là:

- Đảm bảo độ tin cậy lúc vận hành máy.
- Bảo dưỡng máy thuận tiện.
- Đảm bảo chế tạo đơn giản, giá thành thấp.
- Nhiệm vụ tính toán cơ bao gồm: tính toán trục, tính toán sức bền của trục, chọn ổ bi, chọn vỏ máy, chọn móc treo, chọn chao chụp quạt và nắp máy.

I. Tính toán trục

Ngoài việc phải chịu toàn bộ trọng lượng của rôto ra, trục còn chịu momen xoắn và momen uốn trong quá trình động tải (bán răng, curoa...). Trục còn chịu lực hướng trục, thường là lực kéo như ở các máy kiểu trục đứng. Ngoài những tải trên còn phải chú ý đến lực từ một phía do khe hở sinh ra. Cuối cùng trục còn phải chịu lực do cân bằng động không tốt gây nên, nhất là khi quá tốc độ giới hạn.

Muốn thiết kế một trục cần phải đảm bảo ba yêu cầu cơ bản sau:

- Phải có đủ độ bền ở tất cả các tiết diện của trục khi máy làm việc, kể cả lúc có sự cố ngắn mạch.
- Phải có đủ độ cứng để tránh sinh ra độ võng quá lớn làm chạm rôto với stato.
- Tốc độ giới hạn của trục phải khác nhiều với tốc độ lúc máy làm việc bình thường.

Khi tính toán trục phải tính ở chế độ làm việc xấu nhất.

Đường kính trục ở chỗ đặc lõi sắt đối với máy 1÷ 250 kW có thể chọn gần đúng theo công thức sau:

$d = 0,25 \cdot D$ đối với máy có một chiều và đồng bộ

$d = 0,3 \cdot D$ đối với máy không đồng bộ.

Tong đó D là đường kính ngoài rôto.

Trục được chế tạo bằng thép tốt, số 40 hay 45.

Đối với các đường kính đến 100 mm thì dùng phôi liệu là thép cán, còn của máy lớn thì được chế tạo bằng thép rèn có hình dạng tương ứng với trục thực, có dư lượng để gia công. Trên trục máy thường có nhiều bậc đối với máy điện hiện đại có đường kính đến 100 mm thường thiết kế đường kính các bậc thang kề nhau khác nhau rất ít và cố gắng càng ít bậc càng tốt để tăng cường sức bền của trục và tính kinh tế lúc gia công. Trọng lượng trục lúc đó tuy có tăng nhưng không đáng kể vì trục chỉ chiếm từ 6 – 10 % trọng lượng của máy. Đối với máy có trục đường kính lớn do làm bằng thép rèn nên thiết kế các bậc thang theo sức bền và độ cứng của từng bậc.

Trên trục máy thường có then. Bề rộng của then chọn theo bề rộng của then ở phần đầu trục máy và được tiêu chuẩn hóa. Ở đầu trục có lỗ tâm. Khi chọn kích thước tiêu chuẩn của lỗ tâm phải chọn lớn hơn một cấp vì trong máy điện không những lỗ tâm dùng để gia công trục mà

còn để gia công những chi tiết lắp trên trục như: rãnh ngoài, đường kính ngoài, vành đai, v.v...

Đối với trục có đường kính ngoài nhỏ hơn 50 mm thì có thể không dùng để cố định ổ trục mà dùng phương pháp làm nhám.

II. Chọn kích thước trục

a) Đường kính trục

$$D_t = 0,3 * D' = 0,3 * 17,9 = 5,37 \text{ cm}$$

D': Đường kính ngoài ổ trục

b) Hình dạng trục

$$x_1 = 8 \text{ mm} \quad y_1 = 10 \text{ mm} \quad z_1 = 25 \text{ mm}$$

$$x_2 = 28 \text{ mm} \quad y_2 = 35 \text{ mm} \quad z_2 = 60 \text{ mm}$$

$$x_3 = 65 \text{ mm} \quad y_3 = 40 \text{ mm} \quad z_3 = 70 \text{ mm}$$

$$c = 80 \text{ mm}$$

$$a = 145 \text{ mm} \quad b = 120 \text{ mm}$$

$$l = a + b = 145 + 120 = 265 \text{ mm}$$

$$L = 360 \text{ mm}$$

2. Kiểm tra độ bền trục

a) Trọng lượng trục

$$G = 0,3 * D_{n2}^2 * l_2 = 0,3 * 17,9^2 * 140 * 10^{-6} = 28,3 \text{ kg}$$

D_{n2}: Đường kính ổ trục

l₂: chiều dài ổ trục

b) Độ võng giữa trục do trọng lượng sinh ra

$$f_G = \frac{G}{3 * E * l^2} * (S_b * a^2 + S_a * b^2)$$

Trong đó:

$$E = 2,1 * 10^6 \text{ kg/cm}^2 \text{ môđun đàn hồi của thép}$$

$$S_a = \frac{x_1^3}{J_1} + \frac{x_2^3 - x_1^3}{J_2} + \frac{x_3^3 - x_2^3}{J_3}$$

$$S_b = \frac{y_1^3}{J_1'} + \frac{y_2^3 - y_1^3}{J_2'} + \frac{y_3^3 - y_2^3}{J_3'}$$

Với $J_i = \frac{\pi * d_i^4}{64}$ là momen quán tính của tiết diện ở các bậc thang

Chọn tiết diện	d ₁	tiết diện	d ₂	tiết diện	d ₃
1a	16	1b	30	1c	16

2a	22	2b	34	2c	20
3a	26	3b	38	3c	24
4a	30				

$$J_1 = \frac{\pi * d_1^4}{64} = \frac{\pi * 16^4}{64} = 3217 \text{ mm}^4$$

$$J_2 = \frac{\pi * d_2^4}{64} = \frac{\pi * 22^4}{64} = 11500 \text{ mm}^4$$

$$J_3 = \frac{\pi * d_3^4}{64} = \frac{\pi * 30^4}{64} = 39760 \text{ mm}^4$$

$$S_a = \frac{8^3}{3217} + \frac{28^3 - 8^3}{11500} + \frac{65^3 - 28^3}{39760} = 8,38$$

$$S_b = \frac{10^3}{3976} + \frac{35^3 - 10^3}{65597} + \frac{40^3 - 35^3}{102354} = 0,8699$$

$$J_1' = \frac{\pi * 30^4}{64} = 39760 \text{ mm}^4$$

$$J_2' = \frac{\pi * 34^4}{64} = 65597 \text{ mm}^4$$

$$J_3' = \frac{\pi * 38^4}{64} = 102354 \text{ mm}^4$$

$$f_G = \frac{28,3}{3 * 21 * 10^6 * 265} * (0,8699 * 145^2 + 8,38 * 120^2) = 8,8889 \text{ mm}$$

c) Mômen cản của tải

$$M_x = \frac{97500 * P_{dm}}{M_{dm}} = \frac{97500 * 15}{1464} = 9,99 \text{ kg*cm}$$

d) Lực sinh ra do mômen cản của tải P

$$P = k * \frac{M_x}{R} = 1,8 * \frac{999}{6} = 299,7 \text{ kg}$$

R= 6cm bán kính bánh răng

K: hệ số truyền động thông thường động cơ nhỏ chọn k= 1,8

E: độ võng của tải

$$f_p = \frac{P}{3 * E * l^2} * [(1,5l * l * S_o - Sb) * a + b * S_o]$$

Trong đó:

$$S_o = \frac{Y_1^2}{J_1'} + \frac{Y_2^2}{J_2'} + \frac{Y_3^2 - Y_2^2}{J_3'} = \frac{10^2}{39760} + \frac{35^2 - 10^2}{65597} + \frac{40^2 - 35^2}{102354} = 0,02333$$

$$\Rightarrow f_p = \frac{299,7}{3 * 2,1 * 10^6 * 265^2} [(1,5 * 265 * 0,02333 - 0,8699) * 8,38 + 120 * 8,38]$$

$$= 0,729 * 10^{-6}$$

f) Độ lệch chuyển do độ võng e_o

$$e_o = 0,18 + f_G + f_p = 0,1 * 0,5 + 8,8879 * 10^{-6} + 0,729 * 10^{-6} = 50,0096 * 10^{-3} \text{ mm}$$

g) Lực từ ở một phía

Lực từ ở một phía do có độ lệch tâm ban đầu sinh ra.

$$Q_o = \frac{3 * D_{2n} * l_2 * l_o}{\delta} = 3 * 17 * 9 * 140 * \frac{0,05 * 0,096}{0,5} = 7532 \text{ kgmm} = 75,32 \text{ kgcm}$$

h) Độ võng do lực từ một phía

$$f_o = \frac{f_G * Q_o}{G} = \frac{8,8889 * 10^{-6} * 7532}{28,3} = 2,366 * 10^{-3} \text{ mm}$$

i) Độ võng do lực từ một phía sinh ra lúc ổn định

$$f_M = \frac{f_o}{1 - \frac{f_o}{e_o}} = \frac{f_o}{1 - m} = \frac{2,366 * 10^{-3}}{1 - \frac{2,366 * 10^{-3}}{50,0096 * 10^{-3}}} = 2,4835 * 10^{-3}$$

j) Tổng các độ võng

$$f = f_G + f_p + f_M = 8,8889 * 10^{-6} + 5 * 0,729 * 10^{-6} + 2,4835 * 10^{-3} = 2493 * 10^{-6} \text{ mm}$$

$$\text{ta có: } f < 10\% = 0,1 * 0,5 = 0,05 \text{ mm} = 50000 * 10^{-6} \text{ mm}$$

k) Tốc độ giới hạn của động cơ

$$n_{gh} = 300 * \sqrt{\frac{1 - m}{f_G}} = 300 * \sqrt{\frac{1 - \frac{2,366}{50,0096}}{8,8889 * 10^{-6}}} = 98,214 \text{ vòng/phút}$$

$70\% n_{gh} = 68750 \gg n_{db} = 1500 \text{ v/p} \Rightarrow$ động cơ không bị rung khi xảy ra cộng hưởng.

m/ Điều kiện bền của trục:

Đoạn c là đoạn có khả năng gãy trước tiên khi có sự cố.

Ứng suất do mômen uốn.

$$\sigma_v = \frac{M_u}{W}$$

$$M_u = k * l * p$$

$k = 2$ là hệ số tải

$W = 0,1 * d^3$ mômen kháng uốn.

- Ứng suất do mômen xoắn:

$$\sigma_x = \frac{\alpha * k * M_x}{W}$$

Với:

α : hệ số tỉ lệ giữa ứng suất uốn và ứng suất xoắn đối với động cơ có thể thay đổi chiều quay $\alpha = 0,8$

$$\sigma = \sqrt{\sigma_u^2 + \sigma_x^2} = \frac{1}{W} * \sqrt{M_u^2 + (\alpha * k * M_x)^2}$$

- Tại tiết diện 1c:

$$M_u = 2 * 25 * 299,7 = 14985 \text{ kgmm}$$

$$W = 0,1 * (16 - 0,5)^3 = 372,4 \text{ mm}^3$$

$$\sigma = \frac{1}{372,4} * \sqrt{14985^2 + (0,8 * 2 * 9990)^2} = 58,834 \text{ kg / mm}^2$$

Tại tiết diện 2c:

$$M_u = 2 * 60 * 299,7 = 35964 \text{ kgmm}$$

$$W = 0,1 * (20 - 0,5)^3 = 741,5 \text{ mm}^3$$

$$\sigma = \frac{1}{741,5} * \sqrt{35964^2 + (0,8 * 2 * 9990)^2} = 53,07 \text{ kg / mm}^2$$

Tại tiết diện 3c:

$$M_u = 2 * 70 * 299,7 = 41958 \text{ kgmm}$$

$$W = 0,1 * (24 - 0,5)^3 = 1297,8 \text{ mm}^3$$

$$\sigma = \frac{1}{1297,8} * \sqrt{41958^2 + (0,8 * 2 * 9990)^2} = 34,6 \text{ kg / mm}^2$$

3. Tính toán gối trục ở bi

Từ phụ lục XII trang 650 TKMĐ.

Ta chọn loại ổ bi trung bình kí hiệu 305.

Đường kính trong $d = 25 \text{ mm}$.

Đường kính ngoài $D = 62 \text{ mm}$

Bề dày $B = 17 \text{ mm}$

Bán kính trong ở mép $r = 2 \text{ mm}$

Hệ số khả năng làm việc $C = 27000$

Tốc độ giới hạn $n_{th} = 10000 \text{ v/p}$

b) Phản lực lớn nhất tại ổ bi mang pully truyền động

$$R_B = \frac{G + Q_o}{l} * a + p * \frac{c}{l} = \frac{28,3 + 75,32}{265} * 145 + 299,7 * \frac{80}{265} = 90,7$$

c) Tải đẳng trị ở ổ bi đỡ trục ngang truyền động

$$Q = (k_B + m \cdot A) \cdot k_t = 90,7 + 1,5 \cdot 0,1 \cdot 90,7 = 156,45$$

Trong đó:

m: hệ số qui đổi tải hướng trục về tải hướng kính.

Lấy $m = 1,5$

$k_t = 1,5$ hệ số xét đến đặc tính tải khi có thay đổi ít.

$A = 0,1 \cdot R_B$ Tải hướng trục

D: Tuổi thọ ổ bi.

$$C = Q \cdot (n_{đb} \cdot h)^{0,3}$$

H: tuổi thọ của ổ bi

N: tốc độ định mức (v/p)

C: hằng số năng lực làm việc của ổ bi

Q: tải đẳng trị

$$h = \frac{1}{n_{đb}} \cdot \left(\frac{C}{Q}\right)^{10/3} = \frac{1}{1464} \cdot \left(\frac{27000}{156,45}\right)^{10/3} = 19547$$

Tuổi thọ thường lấy

$$h = \geq (1,5 \div 20) \cdot 10^3 \text{ giờ}$$

→ Kết quả chấp nhận được

4. Chọn vỏ máy

Vỏ máy là kết cấu cơ bản của động cơ, việc chọn kết cấu vỏ máy phải phù hợp với yêu cầu truyền nhiệt và thông gió. Ngoài ra, còn đủ độ cứng và đủ độ bền khi làm việc cũng như khi gia công máy. Đối với động cơ không đồng bộ điều này rất quan trọng vì khe hở không khí của động cơ nhỏ nên một số biến dạng nhỏ của vỏ máy cũng khiến cho rôto và stato va chạm nhau. Độ cứng và độ bền của vỏ máy khó tính chính xác, thường phải dựa vào kinh nghiệm để thiết kế.

Với động cơ thiết kế, ta chọn loại vỏ đúc gang, vì giá thành rẻ và cũng thỏa mãn về độ cứng và độ bền, đồng thời gang cũng ưu điểm nhất về giảm xung.

Vỏ không có gân trong chỉ có gân ngoài vì động cơ thuộc kiểu kín, làm mát bằng gió thổi mặt ngoài. Lưng của lõi sắt stato ép sát vào mặt trong của vỏ và truyền nhiệt trực tiếp lên vỏ máy, vỏ máy làm nhiều gân và được thiết kế dài ra để tăng diện tích tản nhiệt.

Vì động cơ kiểu kín nên cần lắp ghép giữa vỏ và lõi sắt stato phải thật khít bằng cách lắp ghép trung gian.

5. Chọn nắp máy

Tác dụng của nắp máy là bảo vệ dây quấn, ngoài ra nó còn có tác dụng đỡ ổ trục

Theo kinh nghiệm thiết kế, đối với động cơ trung bình và nhỏ, bề dày nắp được chọn là 5 cm, nắp đúc bằng gang. Vì động cơ là kiểu kín làm mát bằng gió mặt ngoài nên nắp không những

có lỗ thông gió mà còn có thêm các cánh quạt tản nhiệt. Nắp trước và nắp sau như nhau. Trên nắp máy thiết kế ba cái vấu cấp trên máy để tiện khi gia công

6. Kích thước tổng quát và chân đế của máy theo phụ lục I trang 598 (TKMD)

Với:

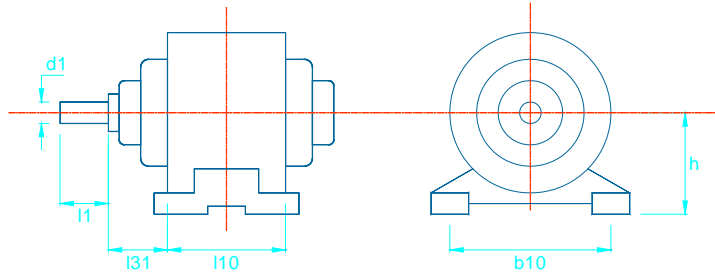
$h = 160\text{mm}$

$b_{10} = 254\text{mm}$

$l_{10} = 210\text{mm}$

$l_{31} = 108\text{mm}$

$d_{10} = 15\text{mm}$

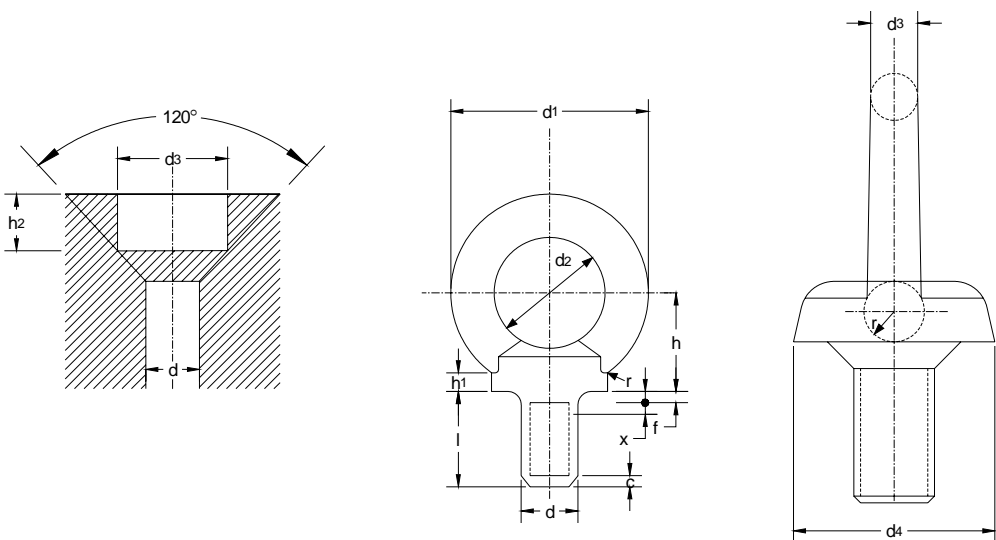


7. Chọn móc treo

Để tiện cho việc vận chuyển động cơ, trên vỏ máy có lắp một móc treo. Căn cứ vào trọng lượng động cơ và tiêu chuẩn GOST 4751-60, phụ lục XI trang 646 TKMD

Ta chọn loại móc treo có ren M8 với các kích thước sau:

- $d_1=36\text{mm}$ $l=18\text{cm}$
- $d_2=20\text{mm}$ $f=2\text{mm}$
- $d_3=8\text{mm}$ $c=1,2\text{mm}$
- $d_4=20\text{mm}$ $x=2,5\text{mm}$
- $d_5=13\text{mm}$ $r=2\text{mm}$
- $h=18\text{mm}$ $r_1=4\text{mm}$
- $h_1=6\text{mm}$ $r_2=4\text{mm}$
- $h_2=5\text{mm}$ $b=10\text{mm}$



Hình 11.2

CHƯƠNG 12. TRỌNG LƯỢNG VẬT LIỆU TÁC DỤNG VÀ CHỈ TIÊU SỬ DỤNG**1. Trọng lượng thép silic cần chuẩn bị**

$$G_{Fe} = (D_n + \Delta)^2 \cdot l_1 \cdot k_e \cdot \gamma_{Fe} \cdot 10^{-3} = (27,2 + 0,5)^2 \cdot 14 \cdot 0,95 \cdot 7,8 \cdot 10^{-3} = 79,6 \text{ kg}$$

2. Trọng lượng đồng của dây quấn stato

- Khi không tính cách điện.

$$G'_{cu} = Z_1 \cdot u_{r1} \cdot n \cdot s_1 \cdot l_{tb} \cdot \gamma_{cu} \cdot 10^{-5} = 48 \cdot 56 \cdot 1 \cdot 1,368 \cdot 33,4 \cdot 8,9 \cdot 10^{-5} = 10,93 \text{ kg}$$

- Khi kể cả cách điện

$$G_{cu} = [0,876 + 0,124 \cdot (\frac{d_{cd}}{d})^2] \cdot G'_{cu}$$

$$= [0,876 + 0,124 \cdot (\frac{1,405}{1,32})^2] \cdot 10,93$$

$$= 11,11 \text{ kg}$$

3. Trọng lượng nhôm rôto (không kể cánh quạt ở vành ngắn mạch)

Trọng lượng nhôm ở thanh dẫn.

$$G_{Td} = Z_2 \cdot S_{Td} \cdot l_2 \cdot \gamma_a \cdot 10^{-5} = 38 \cdot 137 \cdot 14 \cdot 2,6 \cdot 10^{-5} = 1,895 \text{ kg}$$

Trọng lượng nhôm ở vành ngắn mạch.

$$G_v = 2 \cdot \pi \cdot D_v \cdot S_v \cdot \gamma_a \cdot 10^{-5} = 2 \cdot \pi \cdot 14,82 \cdot 518,8 \cdot 2,6 \cdot 10^{-5} = 1,256 \text{ kg}$$

Trọng lượng nhôm ở rôto.

$$G_{Al} = G_{Td} + G_v = 1,895 + 1,256 = 3,151 \text{ kg}$$

Chỉ tiêu kinh tế về vật liệu tác dụng.

- Thép kỹ thuật điện:

$$g_{Fe} = \frac{g_{Fe}}{p} = \frac{79,6}{15} = 5,307 \text{ kg/kw}$$

- Đồng:

$$g_{cu} = \frac{G_{cu}}{p} = \frac{11,11}{15} = 0,741 \text{ kg/kw}$$

- Nhôm:

$$g_{Al} = \frac{G_{Al}}{p} = \frac{3,151}{15} = 0,21 \text{ kg/kw}$$

Đối với vật liệu kỹ thuật như đồng, nhôm, sắt khá đắt tiền nên cần thiết phải chính xác. Riêng gang là vật liệu chế tạo vỏ, nắp, chao chụp thường có hình dạng khá phức tạp nên tính khó khăn. Do đó khi đi vào sản xuất, người ta chế tạo thử một cái rồi đem đúc và cân thử độ chính xác cao và đơn giản.

PHẦN III

TIẾT KIỆM NĂNG LƯỢNG ĐIỆN BẰNG CÁCH ĐIỀU KHIỂN HỆ SỐ CÔNG SUẤT

Các động cơ không đồng bộ rôto lồng sóc như quạt gió, máy hút bụi, máy khoan. Theo sự phát triển của khoa học công nghệ, động cơ không đồng bộ phát triển mạnh mẽ. Đa số các động cơ thường làm việc không phải lúc nào cũng đầy tải mà hệ số công suất cũng như hiệu suất của động cơ chỉ có giá trị cao khi động cơ hoạt động đầy tải. Chính vì vậy những lúc hoạt động không tải hay non tải, hệ số công suất thấp, làm ảnh hưởng lưới điện cung cấp và tổn hao công suất phản kháng nhiều. Như vậy vấn đề đặt ra là làm sao để đảm bảo động cơ luôn hoạt động ở hệ số công suất cao. Đó là mong muốn rất lớn của các xí nghiệp công nghiệp để tiết kiệm năng lượng điện.

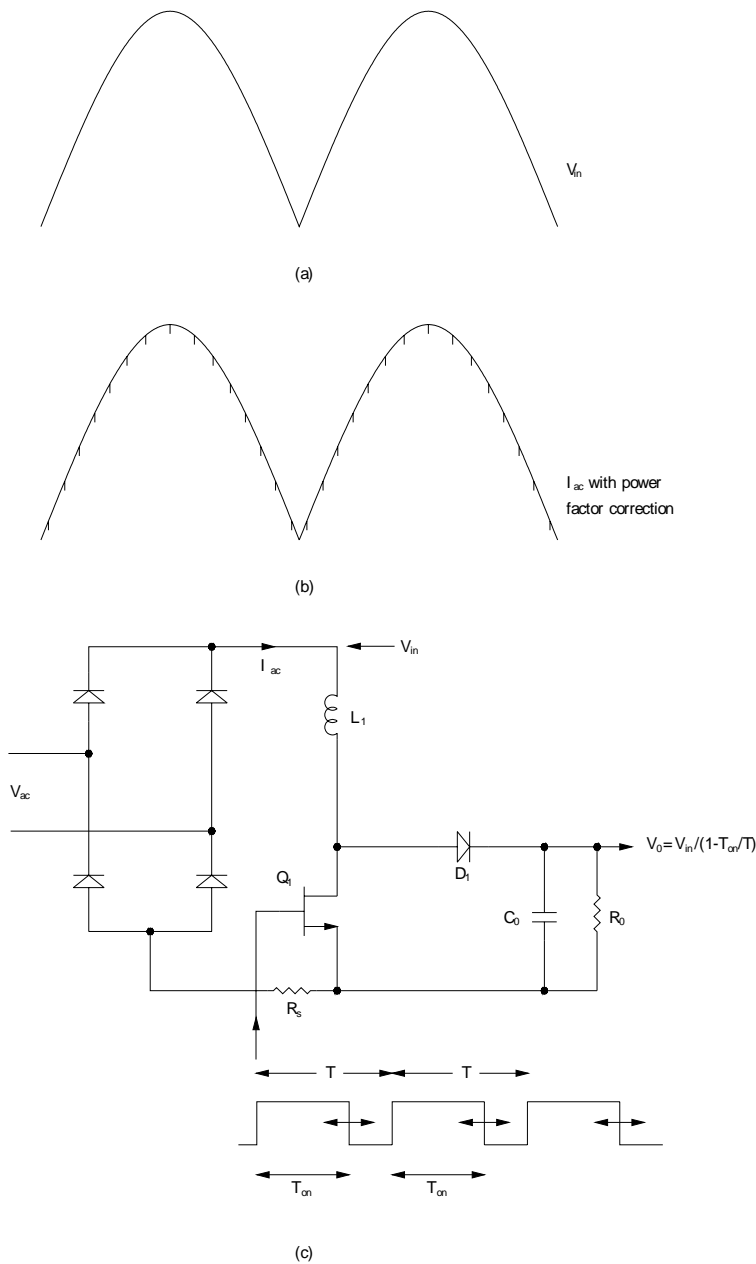
Trong thời kỳ điện khí hóa theo sau đèn điện, động cơ không đồng bộ có sự phổ biến rộng lớn trong đời sống xã hội hiện đại. Người ta khai thác triệt để khả năng ổn định tốc độ và momen theo sự thay đổi tải và điện áp. Ở tải nhẹ hiệu suất của động cơ thấp, trước các phát minh kỹ thuật điện tử, tổn hao này thực tế không thể làm giảm xuống.

Động cơ đầy tải tiêu thụ dòng điện gần như đồng pha với điện áp, hệ số công suất lúc đó được bảo toàn, năng suất vận hành của động cơ đạt tối ưu. Nhưng khi tải nhẹ tình huống này hoàn toàn khác, lúc này có thể thấy sự lệch pha giữa dòng và áp, làm cho hệ số công suất thấp, biên độ dòng tiêu thụ ở mức cao, điều này làm tổn hao I^2R rất lớn trong động cơ và đường dây, tuy nhiên điều kiện pha được bảo toàn. Tất nhiên tình huống như vậy, biên độ dòng giảm xuống để chỉ cần cung cấp momen cần thiết cho tải nhẹ. Theo từng điều kiện, mang tải mong muốn tốt hơn, việc khởi động bằng cảm biến hệ số công suất của tải cung cấp động cơ và sau đó thay đổi tham số vận hành để thay đổi quan hệ pha. Rất may, chỉ cần giảm điện áp đặt để cải thiện điều kiện pha khi động cơ nhẹ tải. Thực tế, điều này được thực hiện một cách tự động làm cho động cơ luôn vận hành ở hệ số công suất cao (dòng và áp gần như đồng pha ở mọi điều kiện tải).

1. Điều Khiển Hệ Số Công Suất- Mạch Chi Tiết Cơ Bản.

Sơ đồ cơ bản được sử dụng để thực hiện điều chỉnh hệ số công suất được trình bày trong **hình**

1



Hình 1

Đầu tiên mạch cho phép điện áp giảm xuống zero sau bộ chỉnh lưu cầu ở sóng sin ngõ đi qua điểm zero. Dòng ngõ vào chảy liên tục và có dạng hình sin, tránh xung dòng độ rộng hẹp. Kết quả điện áp bán hình sin sẽ điều khiển một bộ biến đổi khuếch đại chế độ liên tục.

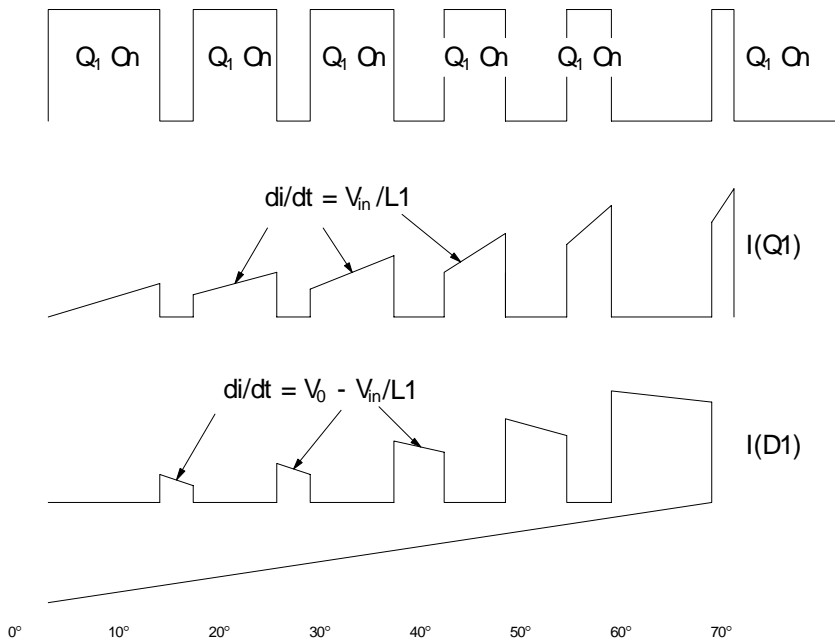
Nhiệm vụ đầu tiên của mạch điều khiển hệ số công suất là sử dụng bộ biến đổi khuếch đại để chuyển áp ngõ vào thay đổi lên và xuống theo bán hình sin thành điện áp không đổi, được điều chỉnh điện áp DC khá tốt hơn mức nào đó so với đỉnh sóng sin ngõ vào. Thực hiện điều này bằng cách sử dụng bộ khuếch đại chế độ dẫn liên tục theo cách sau đây.

Bộ khuếch đại này khuếch đại một điện áp thấp thành một điện áp cao hơn bằng cách mở Q1 trong thời gian T_{on} và tích trữ năng lượng trong cuộn cảm L1. Khi Q1 tắt, L1 được phân cực nghịch và điểm có chấu của L1 tăng đến V_0 cao hơn điện áp ngõ vào $-V_{in}$. Năng lượng tích trữ trong L1 trong thời gian T_{on} được chuyển qua D1 đến tải và C1 trong thời gian Q1 tắt. Nó được trình bày quan hệ điện áp ngõ vào - ngõ ra trong bộ khuếch đại như sau:

$$V_0 = \frac{V_{in}}{1 - \frac{T_{on}}{T}} \quad (1)$$

Bây giờ xuyên suốt nửa hình sin của V_{in} , thời gian mở Q1 biểu thị bởi T_{on} được điều chỉnh độ rộng phù hợp với biểu thức trên sinh ra một điện áp không đổi DC V_0 cao hơn một mức nào đó so với đỉnh của sóng sin điện áp ngõ vào. Thời gian mở xuyên suốt nửa chu kỳ hình sin được điều khiển bằng một chip điều khiển PFC cảm ứng V_0 , so sánh nó với một điện áp chuẩn bên trong bộ khuếch đại sửa sai điện áp DC và trong vòng hồi tiếp âm chỉnh giữ V_0 không đổi theo giá trị đã chọn.

Thời gian mở Q1 lớn để tăng điện áp ngõ vào thấp lên một giá trị cao hơn đỉnh hình sin. Và khi V_{in} tăng đến đỉnh, chip điều khiển PFC sẽ tự động giảm thời gian mở Q1 để chuỗi thời gian mở xuyên suốt nửa hình sin được thấy trong **hình 2**



Hình 2

Nhiệm vụ thứ hai của mạch điều chỉnh hệ số công suất là cảm ứng dòng ngõ vào và tạo nó trở thành dạng sóng sin cùng pha với ngõ vào. Điều này cũng được thực hiện bởi sự điều biến độ rộng của thời gian mở bộ ổn định khuếch đại. Thời gian mở được xác định trong vòng hồi tiếp âm, so sánh mẫu dòng ngõ vào thực tế với biên độ của dòng sóng sin chuẩn mạch. Sự khác nhau giữa hai sóng sin này là một điện áp sai số mà được sử dụng để điều chỉnh thời gian mở để buộc hai sóng sin bằng nhau về biên độ.

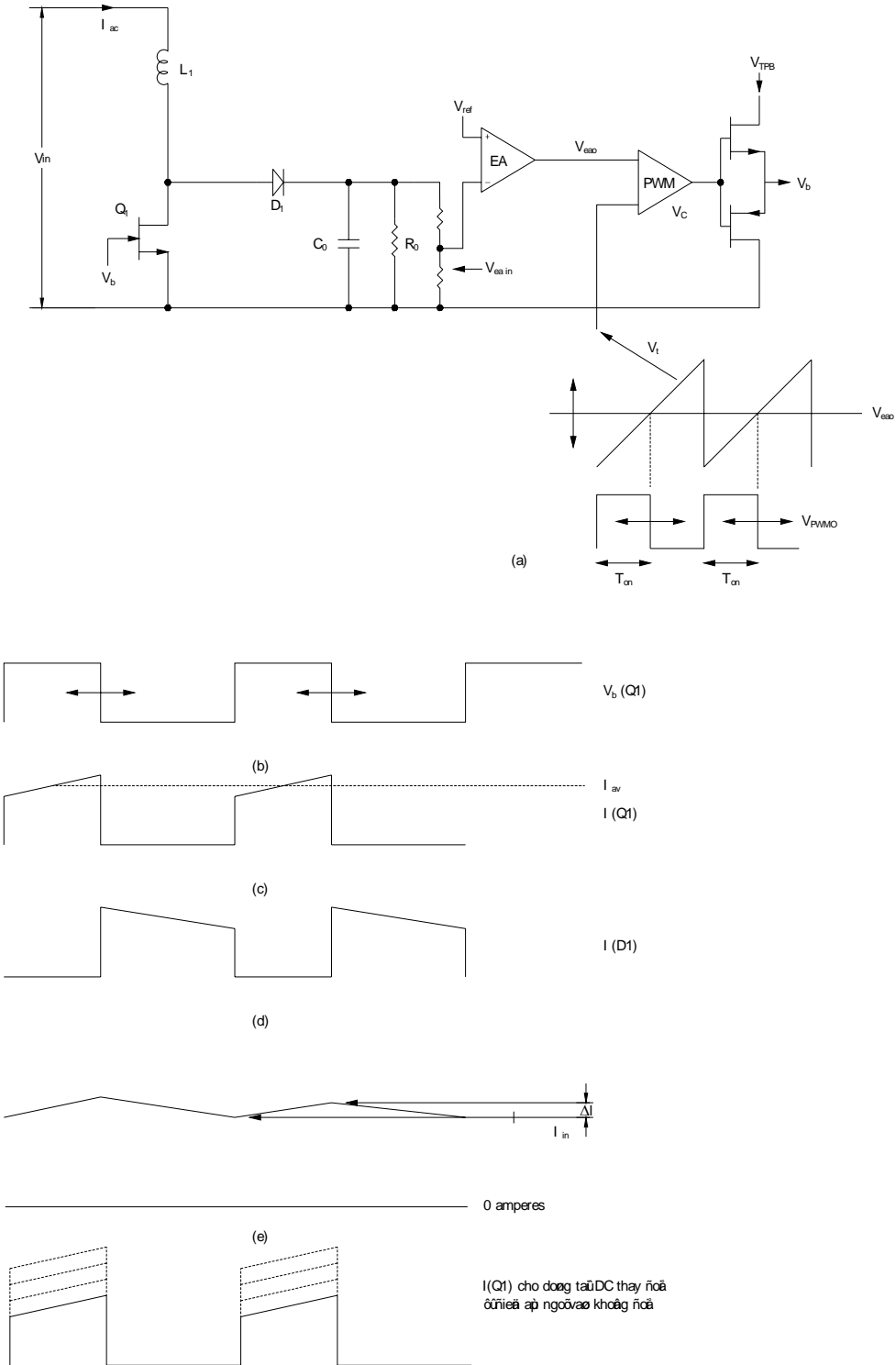
Điện áp cuối cùng điều khiển thời gian mở của bộ ổn định khuếch đại phải là sự hỗn hợp của sai số điện áp DC ngõ ra và điện áp sai số của dòng ngõ vào. Điều này được thực hiện trong bộ phân rập theo khối mà ngõ ra của nó tỉ lệ thuận với tích số điện áp sai số của ngõ ra và điện áp ngõ ra sai số dòng vào.

2. Mạch Khuếch Đại Chế Độ Không Liên Tục Đến Với Chế Độ Liên Tục Cho Sự Điều Chỉnh Hệ Số Công Suất

Bộ biến đổi khuếch đại có thể được hoạt động trong chế độ không liên tục hay liên tục. Nhưng mạch khuếch đại chế độ liên tục được sử dụng tốt hơn để sinh ra nửa hình sin của dòng ngõ vào không có độ gợn sóng, tương đối tròn trong ứng dụng này. Có thể thấy từ hình C cho thấy bộ biến đổi khuếch đại chế độ liên tục được cấp từ một điện áp DC ngõ vào không đổi.

Trong chế độ liên tục này, cuộn cảm L1 được chọn khá lớn. Khi đó dòng Q1 có dạng của một dòng bước lớn với dạng răng cưa đi lên chậm và dòng D1 có dạng của một dòng bước lớn với dạng răng cưa đi xuống chậm. Và đặc biệt, không có khoảng trống của dòng zero giữa lúc kết thúc tắt và mở tiếp. Dòng ngõ vào (hình C1) là tổng của I_{Q1} và I_d và nếu dạng răng cưa được chọn bằng cách sử dụng L1 lớn, dòng ngõ vào trong một chu kỳ chuyển mạch lúc này là dòng Iav không đổi với độ gợn sóng đỉnh-đỉnh ΔI rất nhỏ. Công suất ngõ vào lúc này là $V_{in} * I_{av}$.

Bây giờ đối với ngõ vào AC, bộ biến đổi khuếch đại chế độ liên tục như vậy được sử dụng sau ngõ ra bộ chỉnh lưu cầu như hình C. Ở bất kỳ điểm nào trên điện áp ngõ vào nửa hình sin, thời gian mở Q1 sẽ được thay đổi bởi chip điều khiển PWM để răng điện áp tức thời này thành điện áp ngõ ra yêu cầu. Một bộ khuếch đại sửa sai điện áp DC, một điện áp chuẩn DC và một bộ biến điệu độ rộng xung trong chip điều khiển, sẽ điều biến thời gian mở Q1 trong vòng hồi tiếp để sinh ra điện áp ngõ ra DC không đổi.



Hình 3

Dòng ngõ vào tức thời sẽ được cảm ứng bằng R_s và tỷ lệ thuận với điện áp tức thời. Trong bất kỳ một thời gian mở, dòng chảy qua L_1 , Q_1 và R_s trở về điểm âm của bộ chỉnh lưu cầu, và trong thời gian tắt, nó chảy qua L_1 , D_1 (R_0 và C_0) mắc song song và R_s trở về điểm âm của bộ chỉnh lưu cầu.

Bằng cách chọn L_1 lớn, dòng gợn sóng đỉnh-đỉnh xuyên suốt mỗi chu kỳ chuyển mạch nhỏ. Phụ thuộc vào tốc độ chuyển mạch của Q_1 , có thể có các xung nhọn độ rộng rất nhỏ trên nữa

sóng hình sin của dòng được quan sát qua R_s (hình 1b). Nếu có, điều này có thể gây ra một vấn đề RFI. Nhưng với một tụ rất nhỏ (trong khoảng lân cận 1,0mF) qua R_s có thể khử nó dễ dàng.

3. Sự Ổn Định Điện Áp ngõ Vào Trong Bộ Khuếch Đại Chế Độ Liên Tục

Xét quan hệ điện áp ngõ ra-ngõ vào của biểu thức (1)

Trong hình C, Transistor chuyển mạch Q1 đang mở trong thời kỳ T_{on} và tắt trong thời kỳ T_{off} .

Bỏ qua sụt áp mở trong Q1 và D1. Vì cuộn cảm L1 có điện trở có thể bỏ qua nên điện áp trung bình trên nó trong một chu kỳ chuyển mạch phải bằng zero. Và vì điện áp ở đỉnh của L1 là V_{in} nên điện áp trung bình điểm dưới của nó trong một chu kỳ phải bằng V_{in} . Điều này có nghĩa là diện tích A_1 phải bằng diện tích A_2 9 hình(15.6a)

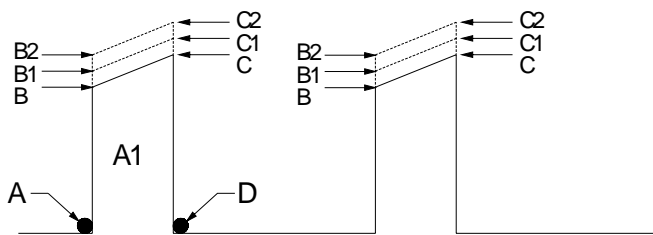
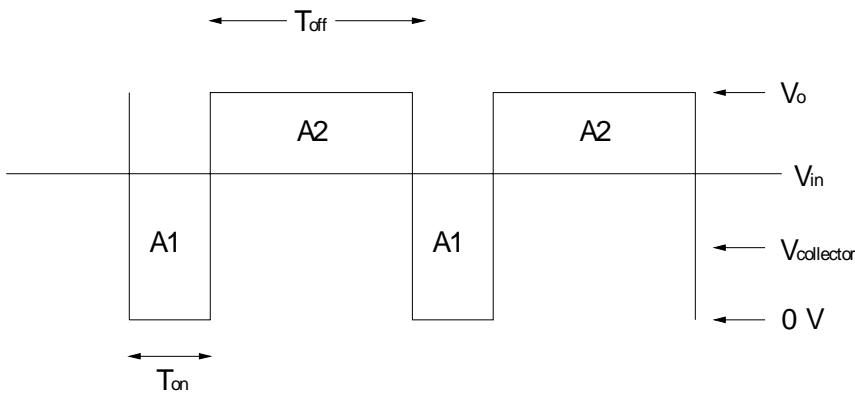
Vì trong thời gian T_{off} , đỉnh của L1 có điện thế V_0 nên:

$$V_{in} * T_0 = (V_0 - V_{in}) * T_{off} \\ = (V_0 - V_{in}) * (T - T_0)$$

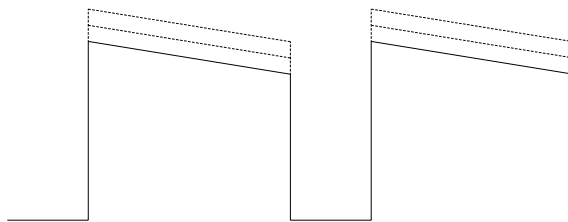
$$\text{Hay } V_0 = \frac{V_{in}}{1 - \frac{T_{on}}{T}}$$

Bây giờ trong hình C, sự ổn định điện áp ngõ ra đạt được bằng cách thay đổi T_{on} phù hợp với biểu thức 1 khi V_{in} thay đổi. Điều này thực hiện với bộ biến điệu độ rộng xung (hình 3a). Nếu V_{in} thay đổi tạm thời thì V_0 cũng vậy. Một phần điện áp của V_0 được cảm ứng bằng bộ khuếch đại sai số EA và so sánh với điện áp chuẩn để tạo ra điện áp $V_{ea,0}$. Nó được so sánh với điện áp răng cưa V_t trong bộ so sánh điện áp V_c . Ngõ ra V_c là sóng vuông cao đối với thời gian bắt đầu của xung tam giác đến ngay xung tam giác đi ngang qua mức điện áp sai số ngõ ra $V_{ea,0}$. Và Q1 được mở bộ điều khiển (TPD) đối với thời gian cao của ngõ ra V_c với TPD là totem pole driver.

Do đó nếu giảm tạm thời thì V_0 và ngõ vào đảo đến V_{ea} giảm. Do đó V ngõ ra tăng, xung điện áp V_t đi ngang qua ngõ ra bộ khuếch đại sửa sai chậm hơn, thời gian mở và V_0 tăng phù hợp với biểu thức 1. Hiển nhiên nếu V_{in} tăng, $V_{ea,0}$ giảm, T_{on} giảm và V_0 giảm.



$I(Q1)$ tải dòng tải DC



$I(D1)$ tải dòng tải DC



I_{in} tải dòng tải DC

0 A

4. Sự Ổn Định Ngõ Ra Trong Bộ Ổn Định Khuếch Đại Chế Độ Liên Tục

Bộ biến đổi khuếch đại chế độ liên tục hoạt động một cách khác để điều chỉnh khi có sự thay đổi dòng tải. Từ biểu thức 1, chú ý rằng V_0 và T_{on} độc lập với dòng tải. Nếu dòng tải DC tăng, hiển nhiên rằng các dòng Transistor và dòng diot ngõ ra phải thay đổi mặc dù thời gian mở không đổi.

Mạch đáp ứng sự thay đổi dòng tải trong cách sau đây. Trước khi dòng tải tăng, giả sử dòng Q_1 là ABCD hình 4. Bây giờ dòng tải tăng nhỏ, trong trạng thái ổn định, dòng Q_1 sẽ dịch chuyển lên AB1C1D. Nếu dòng tải thay đổi lớn thì dòng Q_1 sẽ dịch chuyển lên AB2C2D để gây ra sự thay đổi này, T_{on} thay đổi trong một vài chu kỳ chuyển mạch nhưng trở về giá trị ban đầu của nó ở trạng thái ổn định. Dòng diod D1 trạng thái ổn định đối với ba dòng tải khác nhau này được trình bày trong hình 4c. Dòng tải ngõ ra là tổng của I_{Q1} và dòng gợn sóng đỉnh-đỉnh của nó I_{or} có thể nhỏ như yêu cầu bằng cách tăng L1.

Giá trị tăng của dạng sóng răng cưa trong hình 4b và c đối với tải DC tăng, xảy ra trong nhiều chu kỳ như sau (hình 3a). Nếu dòng tải DC tăng, V_0 giảm một cách tạm thời. Do đó V_{ea} in giảm, V_{ea0} tăng. Xung tam giác V_t qua V_{ea0} chậm hơn và T_{on} tăng. Bây giờ dòng I_{Q1} tăng đến một giá trị cao hơn trong một thời gian dài hơn. Khi đó I_d bắt đầu chậm hơn từ giá trị cao hơn và với thời gian tắt ngắn hơn, và có một giá trị cao hơn ở lúc kết thúc thời gian tắt. Do đó dòng I_t ở lúc bắt đầu mở tiếp lớn hơn.

Điều này tiến hành trong nhiều chu kỳ với dòng trung bình ở tâm của I_{Q1} , I_d tăng như hình 15.5c và d đến khi chúng bằng dòng tải DC tăng, ở thời gian T_{on} và T_{off} giảm chậm xuống giá trị ban đầu của chúng như trong biểu thức 1. Do đó đối với sự thay đổi dòng tải DC, T_{on} và T_{off} thay đổi tạm thời nhưng giảm chậm về giá trị ban đầu của chúng.

Do đó xét về định tính, có thể thấy rằng dải thông của bộ khuếch đại sửa sai điện áp ngõ ra phải không được quá lớn. Nếu nó lớn, nó sẽ đáp ứng rất nhanh và không cho phép dịch chuyển quá tải một thời gian từ giá trị bình thường ở điện áp ngõ ra cố định. Điện áp ngõ ra phải được cho phép dịch chuyển từ giá trị đã được điều khiển bởi điện áp ngõ vào trong một thời gian đầy đủ đối với dòng điện tạo ra đã mô tả ở trên xảy ra trong nhiều chu kỳ chuyển mạch.

Tất cả các chức năng yêu cầu đã mô tả ở trên được thực hiện với chip có sẵn mạch IC điều chỉnh hệ số công suất từ các nhà sản xuất. Các chức năng mà chip này thực hiện là hầu như điện áp và dòng điện cảm ứng bộ khuếch đại sửa sai, trộn với tín hiệu sai số và sự phát ra của xung điều khiển mở Transistor khuếch đại điều khiển độ rộng.

5. Chip IC Cho Sự Điều Khiển Hệ Số Công Suất.

Nhiều nhà sản xuất chính có sẵn chip IC để thực hiện tất cả các chức năng yêu cầu cho sự điều chỉnh hệ số công suất. Tất cả chúng sử dụng sơ đồ khối giống nhau dựa trên bộ ổn định khuếch đại chế độ liên tục và một sơ đồ để cảm ứng và điều khiển điện áp ngõ ra DC và dòng ngõ vào bằng sự điều biến độ rộng của thời gian mở.

Các chip này thường sử dụng rộng rãi, Unitrode UC 3854 là kiểu của hầu hết các chip khác và được trình bày chi tiết.

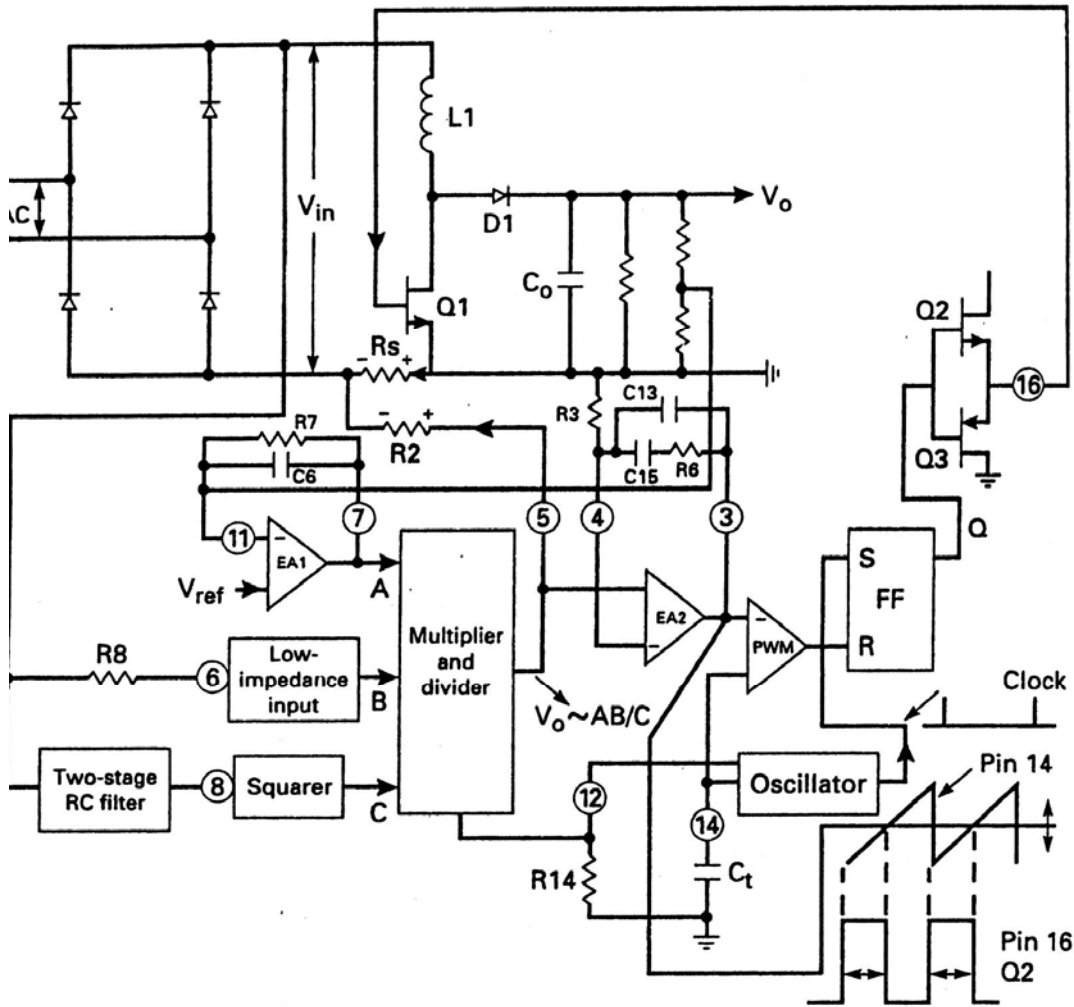
5.1 Chip Điều Khiển Hệ Số Công Suất Unitrode UC 3854.

Sơ đồ khối đơn giản cho thấy các phần tử chính của chip trong hình 5. Chức năng của các thành phần khác của nó như sau:

Transistor Q_1 , cuộn cảm L1, diod D1 và tụ ngõ ra C0 bao gồm trong bộ biến đổi khuếch đại.

Máy phát xung điện áp răng cưa, hoạt động ở tần số $F_s=1,25$ (R14 Ct) điều chỉnh tần số chuyển mạch. transistor chuyển mạch Q_1 được mở và tắt bởi các bộ điều khiển (TPB) Q_2 và Q_3 ngõ ra.

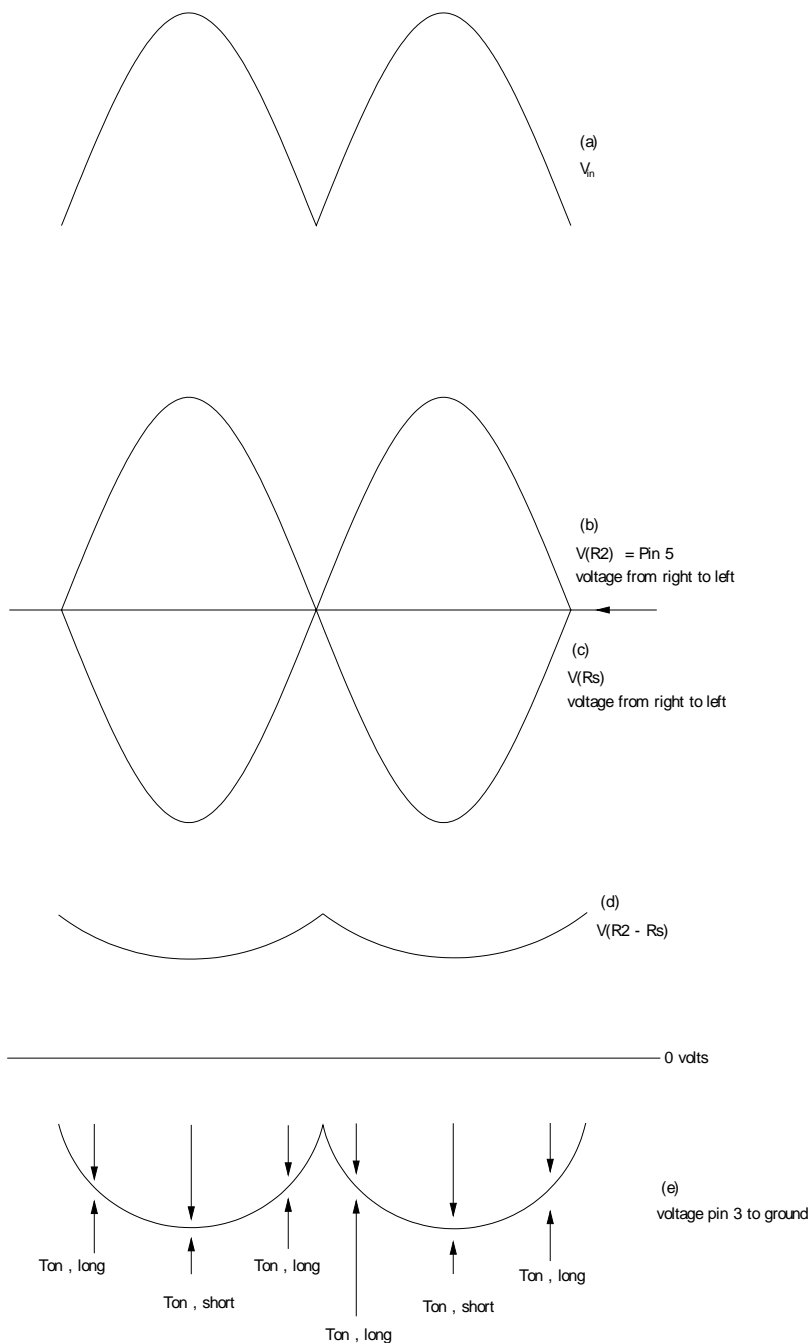
Thời gian mở bắt đầu khi FF1 (Flip-flop 1) được điều chỉnh bởi xung nhọn ở lúc bắt đầu của mỗi xung răng cưa từ bộ dao động. Kết thúc thời gian mở xảy ra khi FF1 được điều chỉnh lại bởi ngõ ra bộ biến điệu độ rộng xung (PWM) lúc xung răng cưa ở ngõ vào không đảo đi qua mức điện áp DC ở ngõ ra chân số 3 của bộ khuếch đại dòng điện tuyến tính EA2. Điện áp ở chân 3 là điện áp được khuếch đại, không đảo tức thời hoàn toàn khác nhau giữa sụt áp trên R_s và sự tăng điện áp trên R2.



Bộ điều biến độ rộng của thời gian mở máy bởi PWM làm tăng điện áp ngõ vào nửa hình sin từ bộ chỉnh lưu cầu thành điện áp ngõ ra không đổi. Nó cũng buộc dòng ngõ vào trở nên hình sin chính xác và cùng pha điện áp ngõ vào.

5.2 Tạo Sóng Vào Hình Sin Với Chip UC 3854.

Dòng ra khỏi chân số 5 là dòng liên tục nửa hình sin đi qua mức dương mà biên độ của nó tỷ lệ thuận với tích số của điện áp DC ở điểm A và dòng điện vào chân số 6. Ngõ vào ở chân số 6 là dòng nửa hình sin chuẩn cùng pha với điện áp nửa hình sin sau bộ chỉnh lưu cầu. Điện áp ở chân số 5 là dòng liên tục nửa hình sin cùng pha với hình sin của điện áp ở ngõ ra bộ chỉnh lưu cầu. Biên độ của sóng sin tỷ lệ thuận với điện áp ở ngõ ra của bộ khuếch đại sửa sai EA1. Dòng điện ngõ vào được tạo thành hình sin bằng cách sụt áp trên R_s (từ phải sang trái hình 6c) bằng sự tăng điện áp (từ trái sang phải hình 6b) trên R2.



Bây giờ dòng qua R_s , tính trung bình trong một chu kỳ chuyển mạch bằng với dòng ngõ vào tính trung bình trong chu kỳ đó. Bởi vì dòng ngõ vào bằng tổng dòng Q1 khi Q1 mở và dòng D1 khi Q1 tắt.

Do đó khi sụt áp trên R_s được buộc bằng sự tăng điện áp trên R_2 thì dòng ngõ vào cũng là nửa hình sin và cùng pha với dạng sóng điện áp sau bộ chỉnh lưu cầu.

Nó có thể thấy từ hình 3c, d và e rằng vì mạch khuếch đại hoạt động trong chế độ liên tục với cuộn cảm lớn, nên dòng gợn sóng trong một chu kỳ chuyển mạch nhỏ. Khi sụt áp trên R_s được tạo bằng sự tăng điện áp trên R_2 trong suốt một nửa chu kỳ, và vì điện áp trên R_2 là một nửa hình sin nên dòng ngõ vào qua R_s cũng nửa hình sin với một chút độ gợn sóng tần số chuyển mạch.

Bây giờ rong suất chu kỳ tần số 50hz, sự tăng điện áp trên R_2 cao hơn một lượng nhỏ sụt áp trên R_s vì sụt áp trên R_s liên tục để giữ sự tăng điện áp chuẩn trên R_2 . Sự khác nhau này-điện áp sai số nhất thời- được trình bày trong hình 6d. Nó là điện áp dương đối với điện áp đất trong cả nửa chu kỳ và có dạng sóng đỉnh lồi như hình 6d. Nó được khuếch đại bởi bộ khuếch đại dòng không đảo EA2 và có dạng sóng lồi như hình 6e.

Trong bộ so sánh PWM, dạng sóng ở chân số 3 được so sánh với xung tam giác có áp đỉnh 5V ở chân số 14. Ở các điểm như X và Y (hình 6e) xung tam giác qua mức điện áp cao hơn ở đó trễ và thời gian mở dài. Ở đỉnh sóng sin (điểm P), mức điện áp thấp hơn và vì thế xung tam giác qua điện áp thấp sớm hơn và thời gian mở ngắn hơn.

Do đó trong cả nửa chu kỳ, sóng đỉnh chân số 3 sinh ra một thời gian mở cực đại. Thời gian mở thay đổi này tăng dạng sóng ngõ vào nửa hình sin thành điện áp ngõ ra DC không đổi ở C_0 như biểu thức 1

Thời gian mở này được điều khiển bởi tín hiệu điện áp sai số ở chân số 3 trong vài chu kỳ. Khi dòng yêu cầu bằng sự thay đổi điện áp hình sin trên R_2 , do đó xung dòng dạng răng cưa qua R_s thay đổi. Điều này xảy ra như ở đã trình bày ở phần trên bằng cách thay đổi tạm thời điện áp sai số ở chân số 5 và chân số 3. Do đó bộ so sánh PWM thay đổi tạm thời thời gian mở để xung dòng dạng răng cưa chảy qua R_s gây ra điện áp trung bình trên nó bằng điện áp trên R_2 . Và sau vài chu kỳ khi các điện áp này bằng nhau, thời gian mở giảm trở về giá trị yêu cầu bởi biểu thức 1 để tăng điện áp ngõ ra tức thời thành điện áp ngõ ra DC không đổi.

5.3 Duy Trì Điện Áp Ngõ Ra Không Đổi Với Chip UC 3854.

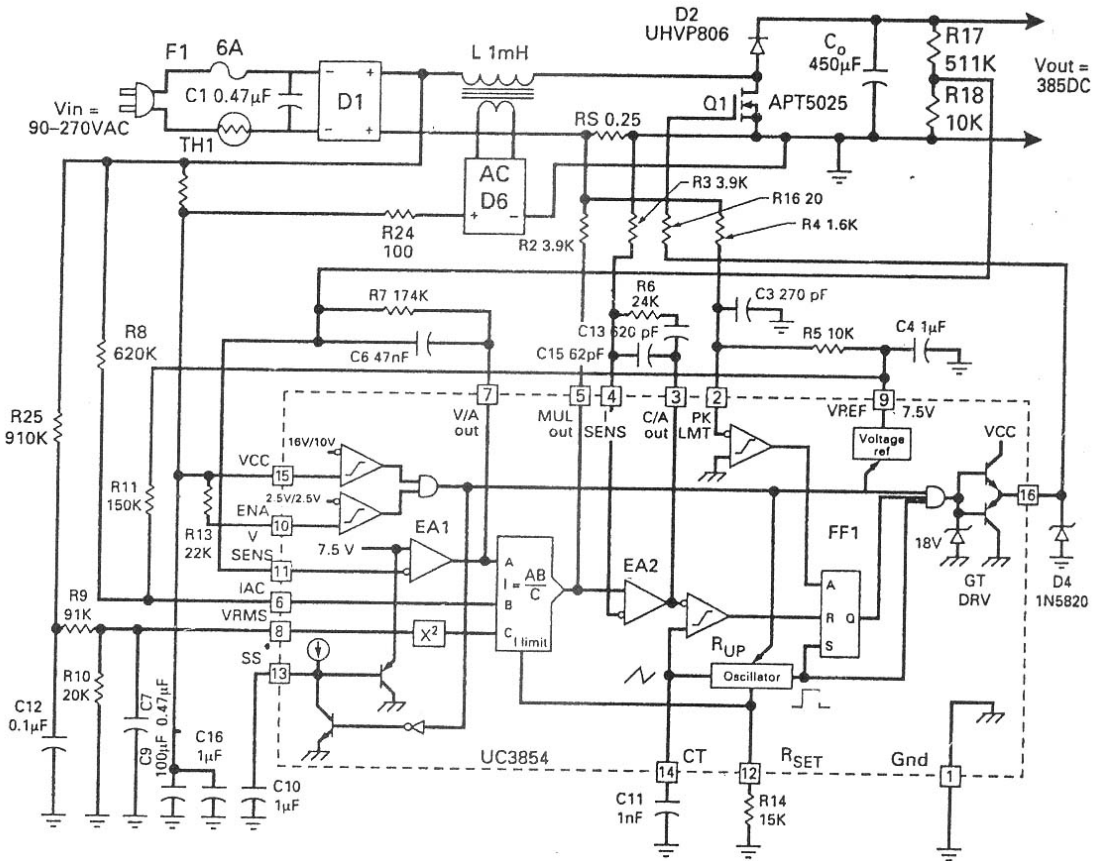
Điện áp ngõ ra chân số 5 là tích số của điện áp ở điểm A ngõ vào và dòng qua điểm B ngõ vào. Sự ổn định chống lại sự thay đổi của V_0 như sau. Điểm A là điện áp ngõ ra của bộ khuếch đại sửa sai V_0 so sánh với một phần nhỏ của V_0 với điện áp chuẩn cố định. Điện áp ở chân số 5 là trình tự của nửa sóng sin không méo dạng điện áp mà biên độ của nó tỷ lệ thuận với mức DC ở chân số 7 (ngõ ra của khuếch đại sửa sai EA1-Error Amplifier). Do đó nếu V_0 tăng, điện áp ở chân số 7 giảm và biên độ của sóng sin ở chân số 5 nhỏ hơn.

Bây giờ sự khác nhau điện áp sai số giữa chân số 5 và điện áp đất (hình 5d) gần bằng điện áp zero và điện áp ở chân số cũng tương tự. Vì vậy trong bộ so sánh PWM, xung răng cưa đi qua điện áp ở chân số 3 sớm hơn, thời gian mở trong mỗi chu kỳ chuyển mạch giảm và phù hợp với biểu thức 1, V_0 tăng trở lại.

Ngõ ra ở chân số 5 bao gồm thông tin cần thiết để giữ điện áp ngõ ra V_0 không đổi và dòng ngõ vào hình sin.

Dòng đi vào chân 6 là hình sin và cùng pha với điện áp ngõ vào vì tổng trở ở chân đó thấp và điện trở lớn R_8 được điều khiển bởi điện áp hình sin sau bộ chỉnh lưu cầu.

5.4 Công Suất Ngõ Ra Với Chip UC 3854.



Hình 7 là sơ đồ khối của bộ điều khiển hệ số công suất 15 kW sử dụng UC 3854. Công suất ngõ ra đạt được cực đại được xác định bằng cách điều chỉnh đỉnh dòng hình sin IP1 đi qua điện trở cảm ứng R_s . Nó xác định dòng hiệu dụng ngõ vào đạt được cực đại và công suất ngõ ra đạt được cực đại ở bất kỳ điện áp hiệu dụng ngõ vào.

Trong hình 7 ta có:

$$P_0 = E \cdot P_{in} = E \cdot V_{rms} \cdot I_{rms} = E \cdot V_{rms} \cdot (0,707 \cdot IP1) \quad (2)$$

Với E là hiệu suất và IP1 là dòng chảy vào điện trở cảm ứng dòng R_s ở đỉnh của sóng sin V_{rms} . Đầu tiên IP1 được chọn từ biểu thức 2. Sau đó R_s được chọn để giảm tổn hao nhỏ nhất ở tải cực đại và điện áp ngõ vào thấp và có sụt áp đỉnh ở điện áp ngõ vào thấp không nhỏ hơn 1V. Do đó có thể nói sụt áp trên R_s là 1V:

$$R_s = \frac{1}{I_{p1}}$$

Vì chi tiết bên trong I_{pmd} , là dòng cực đại sẵn có ở ngõ ra MD (chân số 5) được xác định bởi:

$$I_{pmd} = \frac{3,75}{R_{14}}$$

Và I_{pmd} có thể bằng 0,5 mA nhưng thường chỉnh ở 0,25 mA.

Bây giờ ở tất cả các giá trị tức thời, vòng hồi tiếp giữ sụt áp trên R_s bằng sự tăng áp điện áp trên R2 và đối với điện áp ngõ vào cực đại và các dòng IP1 và I_{pmd} có:

$$R_2 = \frac{I_{p1} \cdot R_s}{I_{pmd}}$$

Đối với $P_0 = 15 \text{ kw}$, $V_{rms} = 220 \text{ V}$, và hiệu suất $E = 0,89$.

$$I_{rms} = \frac{15 * 103}{0,89 * 220} = 76,6A$$

Và $IP1 = 1,41 * 76,6 = 108 A$

Và đối với sụt áp trên 1V trên R_s :

$$R_s = \frac{1}{108} = 0,0093\Omega$$

Ta lại có với $I_{pmd} = 0,25 mA$, ta có:

$$R_{14} = \frac{3,75}{0,00025} = 15k\Omega$$

Để giảm nhỏ nhất sự trôi trong EA2 (hình 5), R3 được chỉnh bằng R2

5.5 Tần Số Chuyển Mạch Khuếch Đại Với Chip UC 3854.

Ngoài việc xác định dòng ra của MD ở chân số 5, vì chi tiết thiết kế bên trong, R14 cũng chỉnh tần số chuyển mạch Boost. Khi R14 được xác định thì tần số chuyển mạch boost là :

$$F_s = \frac{125}{R_{14} * C_{11}}$$

Với C11 là tụ nối ở chân số 14 với đất, Chip UC 3854 có thể sử dụng trên 200Hz nhưng thường được sử dụng gần 100Hz.

5.6 Ổn Định Vòng Hồi Tiếp Với Chip UC 3854.

Có hai vòng hồi tiếp, một vòng bên trong dải thông cao (EA2) buộc dòng ngõ vào trở nên hình sin và một vòng bên ngoài dải thông thấp (EA2) duy trì điện áp ngõ ra không đổi.

Bộ EA2 là một bộ khuếch đại tuyến tính nó có một điểm không ở $F_z = \frac{1}{2 * \pi * R_6 * C_{15}}$, một cực

ở $F_p = \frac{1}{2 * \pi * R_6 * C_{13}}$, và một cực ở góc tọa độ $\frac{1}{2 * \pi * R_3 * (C_{13} + C_{15})}$.

Bộ khuếch đại sửa sai điện áp EA1, ngoài việc duy trì điện áp ngõ ra DC không đổi, nó còn giảm tối thiểu sự méo dạng hài của dòng ngõ vào 50Hz bởi có băng thông thấp và độ lợi thấp ở trên sóng hài bậc 3 của tần số điện áp ngõ vào.

6. Kiểm Tra Kết Quả Của Việc Sử Dụng Mạch Điều Khiển hệ Số Công Suất.

Giả sử momen tải giảm còn $\frac{3}{4} M_{dm}$. Lúc đó vì momen tỷ lệ với bình phương điện áp nên điện áp định mức tại $\frac{3}{4}$ tải là :

$$U = \left(\frac{3}{4}\right)^2 * U_{dm} = \frac{9}{16} * 220$$

Vì lúc này đây tải so với điện áp $\frac{9}{16} * U_{dm}$ nên độ trượt s ở định mức, hệ số công suất được tính

như sau:

$$R_{ns} = 8,77 \Omega$$

$$X_{ns} = 1,463 \Omega$$

$$Z_{ns} = 8,89 \Omega$$

$$I''_2 = C_1 * \frac{9}{16} * \frac{U_{dm}}{Z_{ns}} = 1,016 * \frac{9}{16} * \frac{220}{8,89} = 14,14A$$

$$I'_{dbx} \approx \frac{16}{9} * \frac{U_{dm}}{(x_1 + x_2)} \approx \frac{16}{9} * I_{dbx} = \frac{16}{9} * 8,15 = 14,49A$$

$$I'_{dbr} \approx \frac{16}{9} * I_{dbr} = \frac{16}{9} * 0,58 = 1,03$$

$$I'_{1x} = I'_{dbr} + \frac{I''_2 * R_{ns}}{C_1 * Z_{ns}} = 14,49 + \frac{14,14 * 1,463}{1,016 * 8,89} = 16,78A$$

$$I'_{1r} = I'_{dbr} + \frac{I''_2 * R_{ns}}{C_1 * Z_{ns}} = 1,03 + \frac{14,14 * 8,77}{1,016 * 8,89} = 14,76A$$

$$I'_1 = \sqrt{I'_{1r}{}^2 + I'_{1x}{}^2} = \sqrt{16,78^2 + 14,76^2} = 22,35A$$

Hệ số công suất tại đó:

$$\cos \varphi = \frac{I'_{1r}}{I'_1} = \frac{14,76}{22,35} = 0,66$$

Nếu giữ nguyên điện áp thì độ trượt tỷ lệ nghịch với momen nên độ trượt lúc này bằng :
 $s' = (1 - 3/4) * s_{dm} = 1/4 * 0,024 = 0,006$

Hệ số công suất là:

$$X'_{ns} = 1,463$$

$$R'_{ns} = C_1 * r_1 + \frac{C_1^2 * r'_2}{s'} = 1,016 * 0,33 + \frac{1,016^2 * 0,196}{0,006} = 34,06\Omega$$

$$Z'_{ns} = \sqrt{X'_{ns}{}^2 + R'_{ns}{}^2} = \sqrt{1,463^2 + 34,06^2} = 34,09\Omega$$

$$I'_2 = C_1 * \frac{U_{dm}}{Z'_{ns}} = 1,016 * \frac{220}{34,09} = 6,56A$$

$$I'_{1r} = I_{dbr} + \frac{I'_2 * R'_{ns}}{C_1 * Z'_{ns}} = 0,58 + \frac{6,56 * 34,06}{1,016 * 34,09} = 7,03A$$

$$I'_{1x} = I_{dbx} + \frac{I'_2 * X'_{ns}}{C_1 * Z'_{ns}} = 8,15 + \frac{6,56 * 1,463}{1,016 * 34,09} = 8,43A$$

$$I'_1 = \sqrt{I'_{1r}{}^2 + I'_{1x}{}^2} = \sqrt{7,03^2 + 8,43^2} = 10,98A$$

$$\cos' \varphi = \frac{I'_{1r}}{I'_1} = \frac{7,03}{10,98} = 0,64$$

Như vậy rõ ràng hệ số công suất khi điện áp giảm sẽ tốt hơn khi không giảm điện đặt ở tải nhẹ.

Khi động cơ hoạt động ở tải bằng 0,375 lần định mức lúc đó điện áp định mức cần thiết để đáp ứng cho động cơ hoạt động đầy tải là $(0,375)^2 U_{dm}$

Độ trượt lúc đó giảm 0,375 lần định mức tức là độ trượt lúc này bằng:

$$s' = (1 - 0,375) * s_{dm} = 0,625 * 0,024 = 0,015$$

Theo bảng số liệu của đặc tính làm việc:

$$\cos \varphi = 0,857$$

Bây giờ ta xét khi động cơ hoạt động ở điện áp $U = (0,375)^2 * U_{dm} = 0,141 * U_{dm}$

$$I'_{dbx} = \frac{U}{x_1 + x_2} = \frac{0,141 * U_{dm}}{x_1 + x_2} = 0,141 * I_{dbx} = 0,141 * 8,15 = 1,15A$$

$$I'_{dbr} = \frac{P}{m * U} = \frac{P}{m * 0,141} = \frac{I_{dbr}}{0,141} = \frac{0,58}{0,141} = 3,83A$$

$$I''_2 = 0,141 * I'_2 = 0,141 * 6,56 = 0,93A$$

$$I'_{1r} = I'_{dbr} + \frac{I''_2 * R'_{ns}}{C_1 * Z'_{ns}} = 3,83 + \frac{0,93 * 34,06}{1,016 * 34,09} = 4,74A$$

$$I'_{1x} = I'_{dbx} + \frac{I''_2 * X'_{ns}}{C_1 * Z'_{ns}} = 1,15 + \frac{0,93 * 1,463}{1,016 * 34,09} = 1,19A$$

$$I_1 = \sqrt{I_{1r}^2 + I_{1x}^2} = \sqrt{4,74^2 + 1,19^2} = 4,89 A$$

$$\cos' \varphi = \frac{I_{1r}}{I_1} = \frac{4,74}{4,89} = 0,97$$

Từ các kết quả trên rõ ràng khi có mạch điều khiển thì hệ số công suất của động cơ được cải thiện nhiều hơn.

Dĩ nhiên hiệu suất của động cơ cũng được cải thiện theo.