

TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ THÔNG TIN VÀ TRUYỀN THÔNG  
KHOA CÔNG NGHỆ TỰ ĐỘNG HÓA



ThS. Nguyễn Thị Thu Hiền  
ThS. Đặng Thị Loan Phượng  
ThS. Nguyễn Xuân Kiên  
ThS. Nguyễn Ngọc Ánh

**BÀI GIẢNG**  
**MÁY ĐIỆN**

**Tài liệu lưu hành nội bộ**

TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ THÔNG TIN VÀ TRUYỀN THÔNG  
**KHOA CÔNG NGHỆ TỰ ĐỘNG HÓA**

ThS. Nguyễn Thị Thu Hiền  
ThS. Đặng Thị Loan Phượng  
ThS. Nguyễn Xuân Kiên  
ThS. Nguyễn Ngọc Ánh

**BÀI GIẢNG**  
**MÁY ĐIỆN**

**Thái Nguyên, tháng 11 năm 2022**

## MỤC LỤC

|   |    |
|---|----|
| MỤC LỤC .....   | 3  |
| CÁC TỪ VIẾT TẮT .....   | 7  |
| MỞ ĐẦU .....  | 8  |
| CHƯƠNG I: MÁY BIẾN ÁP.....  | 9  |
| Nội dung chính của chương.....  | 9  |
| Mục tiêu cần đạt được của chương.....   | 9  |
| Bài 1: Khái niệm, phân loại, cấu tạo và nguyên lý làm việc của máy biến áp (Số tiết: 03 tiết) [1]; [3]; [5].....            | 9  |
| 1.1 Khái niệm và phân loại .....  | 9  |
| 1.1.1 Khái niệm.....  | 9  |
| 1.1.2 Phân loại .....   | 9  |
| 1.2 Máy biến áp.....  | 10 |
| 1.2.1 Cấu tạo và nguyên lý làm việc của máy biến áp .....   | 10 |
| 1.2.2 Tổ nối dây của máy biến áp.....   | 16 |
| Bài 2: Các phương trình cơ bản và mạch điện thay thế của máy biến áp (Số tiết: 03 tiết) [1]; [3]; [5]. .....                | 20 |
| 1.2.3 Các phương trình cơ bản.....  | 20 |
| 1.2.4 Mạch điện thay thế của máy biến áp .....  | 22 |
| Bài 3: Xác định các tham số của máy biến áp bằng thí nghiệm và máy biến áp đặc biệt (Số tiết: 03 tiết) [1]; [3]; [5]. ..... | 27 |
| 1.2.5 Xác định các tham số của máy biến áp bằng thí nghiệm.....   | 27 |
| 1.2.6. Máy biến áp đặc biệt.....  | 31 |
| BÀI TẬP CUỐI CHƯƠNG 1 .....   | 39 |
| CHƯƠNG II: MÁY ĐIỆN MỘT CHIỀU .....   | 41 |
| Nội dung chính của chương.....  | 41 |
| Mục tiêu cần đạt được của chương.....   | 41 |
| Bài 4: Nguyên lý làm việc, kết cấu cơ bản và dây quấn của máy điện một chiều (Số tiết: 03 tiết) [2]; [3]; [5].....          | 41 |
| 2.1 Máy điện một chiều.....   | 41 |
| 2.1.1 Nguyên lý làm việc và kết cấu cơ bản.....   | 41 |

|  |           |
|--|-----------|
| 2.1.2 Dây quấn máy điện một chiều.....   | 45        |
| Bài 5: Quá trình năng lượng, các phương trình cơ bản và các quan hệ điện từ trong máy điện một chiều (Số tiết: 03 tiết).....                       | 54        |
| 2.1.3 Các quan hệ điện từ trong máy điện một chiều.....  | 54        |
| 2.1.4 Quá trình năng lượng và các phương trình cơ bản.....   | 56        |
| Bài 6: Máy phát điện một chiều (Số tiết: 03 tiết) [2]; [3]; [5]. .....   | 59        |
| 2.2 Máy phát điện một chiều.....   | 59        |
| 2.2.1 Khái quát.....   | 59        |
| 2.2.2 Máy phát một chiều kích từ độc lập.....  | 60        |
| 2.2.3 Máy phát điện kích từ song song.....   | 61        |
| 2.2.4 Máy phát điện kích từ nối tiếp.....  | 62        |
| 2.2.5 Máy phát điện kích từ hỗn hợp.....   | 62        |
| Bài 7: Động cơ điện một chiều (Số tiết: 03 tiết) [2]; [3]; [5]. .....  | 64        |
| 2.3 Động cơ điện một chiều.....  | 64        |
| 2.3.1 Khái quát.....   | 64        |
| 2.3.2 Mở máy động cơ điện một chiều.....   | 65        |
| <b>BÀI TẬP CUỐI CHƯƠNG 2.....</b>  | <b>67</b> |
| <b>CHƯƠNG III: MÁY ĐIỆN XOAY CHIỀU.....</b>  | <b>69</b> |
| Nội dung chính của chương.....   | 69        |
| Mục tiêu cần đạt được của chương.....  | 69        |
| Bài 8: Cấu tạo, nguyên lý làm việc, sơ đồ thay thế, mở máy và điều chỉnh tốc độ của máy điện không đồng bộ (Số tiết: 03 tiết) [1]; [3]; [5]. ..... | 69        |
| 3.1 Máy điện một chiều.....  | 69        |
| 3.1.1 Cấu tạo của máy điện không đồng bộ.....  | 69        |
| 3.1.2. Nguyên lý làm việc của máy phát điện không đồng bộ.....   | 71        |
| 3.1.3 Sơ đồ thay thế động cơ không đồng bộ.....  | 73        |
| 3.1.4 Mở máy và điều chỉnh tốc độ.....   | 76        |
| Bài 9: Máy điện đồng bộ (Số tiết: 03 tiết) [1]; [2]; [3]; [5]. .....   | 83        |
| 3.2 Máy điện đồng bộ.....  | 83        |
| 3.2.1 Cấu tạo máy điện đồng bộ.....  | 83        |
| 3.2.2 Nguyên lý làm việc của máy phát điện đồng bộ.....  | 85        |

|  |     |
|--|-----|
| 3.2.3 Sơ đồ thay thế máy phát điện đồng bộ .....   | 86  |
| Bài 10: Động cơ bước (Số tiết: 03 tiết) [1]; [2]; [3]; [5].....  | 92  |
| 3.3 Động cơ bước.....  | 92  |
| 3.3.1 Phân loại, cấu tạo động cơ bước.....   | 92  |
| 3.3.2 Nguyên lý làm việc của động cơ bước. ....  | 94  |
| 3.3.3 Các phương pháp điều khiển động cơ bước. ....  | 94  |
| BÀI TẬP CUỐI CHƯƠNG 3.....   | 98  |
| TÀI LIỆU THAM KHẢO.....  | 100 |
| PHỤ LỤC.....   | 101 |
| CÁC CÂU HỎI THƯỜNG GẶP.....  | 104 |
| BÀI TẬP THỰC HÀNH.....   | 114 |
| Bài thực hành số 1: TÍNH TOÁN CÁC THÔNG SỐ MÁY BIẾN ÁP. THIẾT KẾ<br>MÁY BIẾN ÁP 1 PHA (số tiết: 03 tiết) [4].....                                  | 114 |
| Bài thực hành số 2: GIỚI THIỆU MÁY ĐIỆN 1 CHIỀU VÀ SƠ ĐỒ TRẢI DÂY<br>QUẦN MÁY ĐIỆN MỘT CHIỀU (số tiết: 03 tiết) [4].....                           | 119 |
| Bài thực hành số 3: THÍ NGHIỆM KHÔNG ĐỘNG CƠ KĐB (số tiết: 03 tiết) [4].<br>.....  | 122 |
| Bài thực hành số 4: KHỞI ĐỘNG VÀ ĐẢO CHIỀU QUAY ĐỘNG CƠ MỘT<br>CHIỀU Ở CHẾ ĐỘ CÓ TẢI VÀ KHÔNG TẢI (số tiết: 03 tiết) [4]. ....                     | 125 |
| Bài thực hành số 5: GIỚI THIỆU ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ BA PHA VÀ VẼ<br>SƠ ĐỒ TRẢI DÂY QUẦN CHO ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ (số tiết: 03 tiết)<br>[4]. .... | 127 |
| Bài thực hành số 6: THÍ NGHIỆM NGẮN MẠCH ĐỘNG CƠ (số tiết: 03 tiết) [4].<br>.....  | 131 |
| Bài thực hành số 7: KHỞI ĐỘNG ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ BA PHA ĐÁU<br>SAO (số tiết: 03 tiết) [4].....  | 135 |
| Bài thực hành số 8: KHỞI ĐỘNG ĐỘNG CƠ KĐB BA PHA ĐÁU TAM GIÁC (số<br>tiết: 03 tiết) [4]. ....  | 137 |
| Bài thực hành số 9: KHỞI ĐỘNG ĐẢO CHIỀU QUAY ĐỘNG CƠ KĐB BA PHA<br>(số tiết: 03 tiết) [4].....   | 139 |
| Bài thực hành số 10: KHỞI ĐỘNG ĐỘNG CƠ KĐB 3 PHA ĐỐI NÓI SAO/TAM   |     |

GIÁC (số tiết: 03 tiết) [4].....141

## CÁC TỪ VIẾT TẮT

| <b>TT</b> | <b>Từ viết tắt</b> | <b>Ý nghĩa của từ</b> |
|-----------|--------------------|-----------------------|
| 1         | MĐ                 | Máy điện              |
| 2         | CA                 | Cao áp                |
| 3         | HA                 | Hạ áp                 |
| 4         | MBA                | Máy biến áp           |
| 5         | KTĐ                | Kỹ thuật điện         |
| 6         | KĐB                | Không đồng bộ         |
| 7         | MP                 | Máy phát              |
| 8         | M                  | Mômen                 |
| 9         | TN                 | Thí nghiệm            |

## MỞ ĐẦU

Bài giảng máy điện được tập thể giảng viên thuộc Bộ môn Kỹ thuật điện, Điện tử biên soạn nhằm phục vụ cho việc giảng dạy của giảng viên và học tập của sinh viên Trường Đại học Công nghệ thông tin và Truyền thông - Đại học Thái Nguyên. Tập bài giảng này được biên soạn theo nội dung đề cương chi tiết học phần máy điện ở trình độ đại học.

Các nội dung trong bài giảng được biên soạn theo tinh thần ngắn gọn, dễ hiểu. Các kiến thức trong toàn bộ bài giảng có mối liên hệ logic chặt chẽ. Khi biên soạn bài giảng nhóm tác giả đã cố gắng cập nhật những kiến thức mới có liên quan đến môn học và phù hợp với đối tượng sử dụng cũng như cố gắng gắn những nội dung lý thuyết với những vấn đề thực tế thường gặp trong sản xuất, đời sống để bài giảng có tính thực tiễn cao.

Nội dung bài giảng gồm 3 chương:

Chương 1: Máy biến áp

Chương 2: Máy điện một chiều

Chương 3: Máy điện xoay chiều

Mặc dù nhóm tác giả đã dành nhiều thời gian và công sức để biên soạn, song nội dung bài giảng chỉ là một phần trong chương trình đào tạo. Sinh viên, giảng viên cần tham khảo thêm các sách, giáo trình có liên quan đối với ngành học để việc học tập, nghiên cứu có hiệu quả hơn. Trong quá trình biên soạn bài giảng khó tránh khỏi thiếu sót. Kính mong quý thầy cô và các bạn sinh viên đóng góp ý kiến để cuốn bài giảng được hoàn thiện hơn.

Xin trân trọng cảm ơn.



## CHƯƠNG I: MÁY BIẾN ÁP

### Nội dung chính của chương

Chương I trình bày về khái niệm, phân loại, cấu tạo, nguyên lý làm việc, tổ nối dây, mạch điện thay thế của máy biến áp. Và tìm hiểu về máy biến áp đặc biệt.

### Mục tiêu cần đạt được của chương

Giúp sinh viên nắm được khái niệm và cách phân loại máy biến áp, nắm được cấu tạo và nguyên lý làm việc của máy biến áp.

**Bài 1: Khái niệm, phân loại, cấu tạo và nguyên lý làm việc của máy biến áp (Số tiết: 03 tiết) [1]; [3]; [5].**

### 1.1 Khái niệm và phân loại

#### 1.1.1 Khái niệm



Hình 1.1: Sơ đồ mạng truyền tải điện đơn giản

Máy biến áp là một thiết bị điện từ tĩnh, làm việc theo nguyên lý cảm ứng điện từ biến đổi một hệ thống dòng điện xoay chiều ở một điện áp này thành một hệ thống dòng điện xoay chiều ở điện áp khác, với tần số không thay đổi.

Máy biến áp có hai dây quấn gọi là máy biến áp hai dây quấn. Dây quấn nối với nguồn để thu năng lượng vào gọi là dây quấn sơ cấp. Dây quấn nối với tải để đưa năng lượng ra gọi là dây quấn thứ cấp. Dòng điện, điện áp, công suất... của từng dây quấn sẽ có kèm theo tên gọi sơ cấp và thứ cấp tương ứng (ví dụ dòng điện sơ cấp  $I_1$ , điện áp thứ cấp). Dây quấn có điện áp cao gọi là dây quấn cao áp (viết tắt là CA). Dây quấn có điện áp thấp gọi là dây quấn hạ áp (viết tắt là HA). Nếu điện áp thứ cấp bé hơn điện áp sơ cấp ta có máy biến áp giảm áp, nếu điện áp thứ cấp lớn hơn điện áp sơ cấp ta có máy biến áp tăng áp.

#### 1.1.2 Phân loại

Phân loại theo công dụng:

- Máy biến áp điện lực: Dùng để truyền tải và phân phối điện năng trong hệ

thông điện lực

- Máy biến áp tự ngẫu: Biến đổi điện áp trong 1 phạm vi không lớn dùng để mở máy các động cơ điện xoay chiều.

- Máy biến áp chuyên dụng: Là những loại máy biến áp chỉ dùng trong những lĩnh vực nhất định như máy biến áp hàn, máy biến áp chỉnh lưu, máy biến áp cao tần,...

- Máy biến áp đo lường: Dùng để giảm áp và dòng điện lớn đưa vào dụng cụ đo.

- Máy biến áp thí nghiệm: Dùng để thí nghiệm điện áp cao.

Phân loại theo phương pháp làm mát:

- Máy biến áp kiểu lõi: Có dây quấn bao quanh lõi thép.

- Máy biến áp kiểu vỏ (bọc): Có 1 phần mạch từ bao quanh 1 dây quấn.

- Máy biến áp dầu: Làm mát bằng dầu.

- Máy biến áp khô: Làm mát bằng không khí.

Phân loại theo số pha và số trụ

- Máy biến áp 1 pha, 3 pha, nhiều pha.

- Máy biến áp 3 pha 3 trụ, 3 pha 5 trụ.

- Máy biến áp 2 dây quấn, 3 dây quấn, nhiều dây quấn.

## 1.2 Máy biến áp

### 1.2.1 Cấu tạo và nguyên lý làm việc của máy biến áp

a, Cấu tạo máy biến áp

Máy biến áp có các bộ phận chính sau đây:

+ Lõi thép

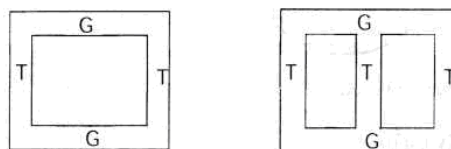
+ Dây quấn

+ Vỏ máy.

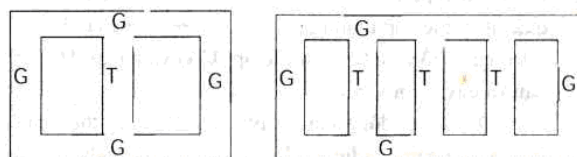
- Lõi thép của máy biến áp

Dùng làm mạch dẫn từ: là phần mà trong đó xuất hiện từ thông khi có dòng điện chạy trong dây quấn máy biến áp. Phần có dây quấn được gọi là trụ hoặc lõi, ký hiệu là T. Phần không có dây quấn chỉ để khép kín mạch từ gọi là gông, ký hiệu là G. Cấu tạo của gông từ được biểu diễn như hình vẽ:

Lõi thép máy biến áp kiểu trụ một pha và 3 pha



Lõi thép máy biến áp kiểu trụ bọc 1 pha, 3 pha



Hình 1.2: Cấu tạo của gông từ

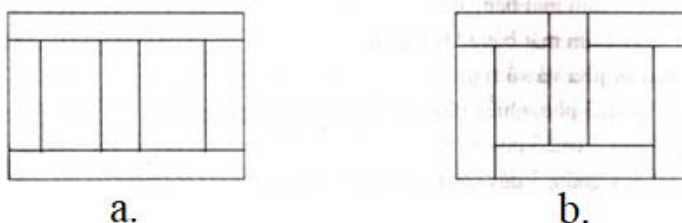
- Để giảm tổn hao do dòng điện xoáy mạch từ của máy biến áp được ghép từ những lá thép KTĐ dày  $0,35 \pm 0,5$  mm có sơn cách điện với nhau.

- Để hình thành khung từ của máy biến áp ta có 2 kiểu ghép như sau:

Ghép nối (rời): Gông và trụ được ghép riêng sau đó chúng được ghép thành mạch từ nhờ hệ thống vành ép và bu lông. Với phương pháp này ghép đơn giản, dễ thi công nhưng có nhược điểm: khe hở không khí lớn  $\rightarrow$  dòng điện không tải và tổn hao không tải tăng. Kết cấu không chặt chẽ.

Ghép xen kẽ: Các lá thép của gông và trụ ghép xen kẽ nhau. Sau khi ghép cũng được ép chặt bằng xà ép và bu lông. Ưu điểm: kết cấu chắc chắn, giảm khe hở không khí nhưng khó thi công dây quấn.

Cách ghép được biểu diễn như sau:



Hình 1.3: Ghép khung từ của máy biến áp a. Ghép rời, b. Ghép xen kẽ

- Dây quấn

Là bộ phận để truyền tải năng lượng từ đầu vào đến đầu ra của máy biến áp. Dây quấn máy biến áp thường làm bằng đồng, cũng có thể làm bằng nhôm.

Theo cách bố trí dây quấn cao áp (CA) và hạ áp (HA) ta chia thành dây quấn đồng tâm và dây quấn xen kẽ.

Dây quấn đồng tâm: Dây quấn được rải theo chiều dài của lõi. Cuộn HA ở trong. CA ở ngoài. Ưu điểm: kết cấu chắc chắn, cách điện giữa CA và lõi tốt.

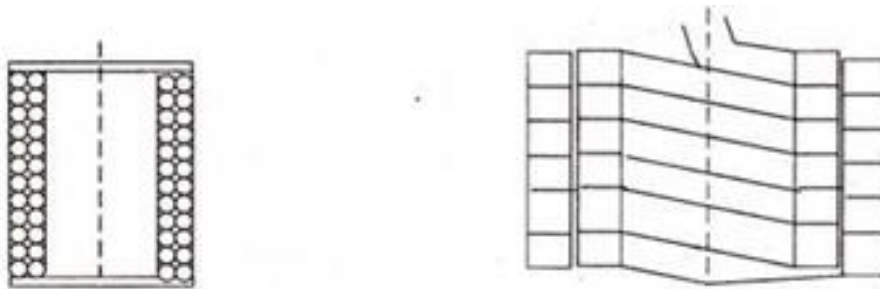


Hình 1.4: Dây quấn đồng tâm và Dây quấn xen kẽ của máy biến áp

Dây quấn xen kẽ: Các cuộn CA và HA xếp xen kẽ nhau dọc theo chiều dài lõi. Thường thì dây quấn HA đặt ở gần gông. Nhược điểm: Cách điện giữa dây quấn CA và lõi khó khăn, kém bền về mặt cơ khí.

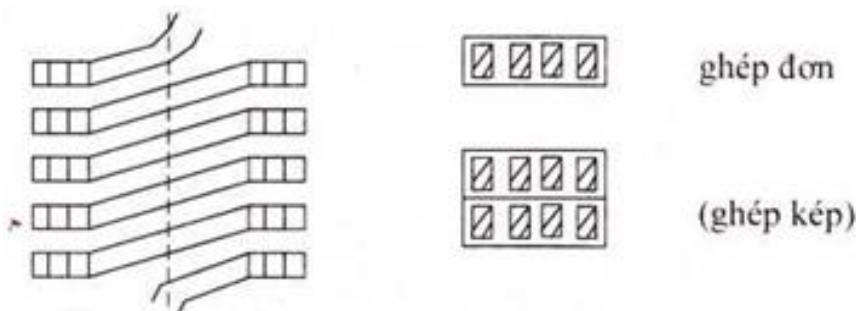
Trong thực tế người ta thường dùng dây quấn đồng tâm, bao gồm các kiểu sau:

Dây quấn hình trụ: Được quấn dọc theo chiều dài của lõi. Nếu tiết diện dây tròn nhỏ thường làm dây quấn CA và quấn nhiều lớp. Nếu tiết diện dây lớn dùng dây dẫnбет quấn làm 2 lớp (thường quấn ghép 2 hoặc nhiều sợi) chủ yếu dùng làm dây quấn HA ( $\leq 6KV$ ).



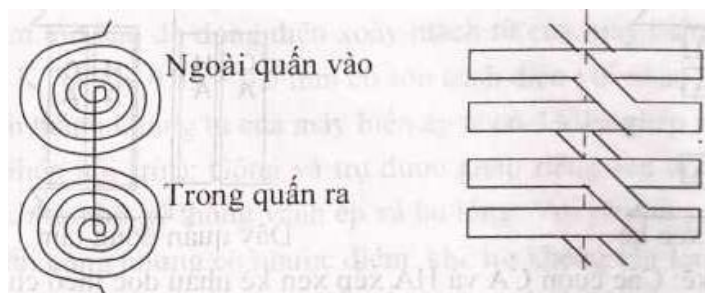
Hình 1.5: Dây quấn hình trụ MBA

Dây quấn hình xoắn (dây quấn ghép): Gồm nhiều dây dẫnбет chập lại quấn theo đường xoắn ốc, giữa các vòng dây có rãnh hở. Kiểu này thường dùng cho máy biến áp trung bình và lớn. Nếu tiết diện lớn để dễ gia công có thể ghép kếp dây quấnбет.



Hình 1.6: Dây quấn hình xoắn (dây quấn ghép) MBA

Dây quấn xoắn ốc liên tục: làm bằng dây dẫn bọc và quấn thành những bánh dây phẳng cách nhau bằng những rãnh hở. Với cách quấn đặc biệt các bánh dây này không cần mối hàn giữa chúng. Dây quấn này chủ yếu dùng làm cuộn CA điện áp  $\geq 35$  KV và dung lượng lớn.



*Hình 1.7: Dây quấn xoắn ốc liên tục*

- Vỏ máy

+ Thùng máy biến áp

Được làm bằng thép thường là hình bầu dục dùng để đặt máy biến áp vào trong và có đổ dầu máy biến áp để tăng cường cách điện cũng như làm mát máy biến áp trong quá trình làm việc.

+ Nắp thùng

Dùng để đậy thùng và trên đó có đặt một chi tiết quan trọng như các sứ đưa điện vào và lấy điện ra, thùng đựng dầu phụ, ống bảo hiểm, các bộ phận truyền động của chuyển mạch dùng để đổi nối các đầu điều chỉnh điện áp.v.v...Ta có hình dáng m.b.a. như hình:

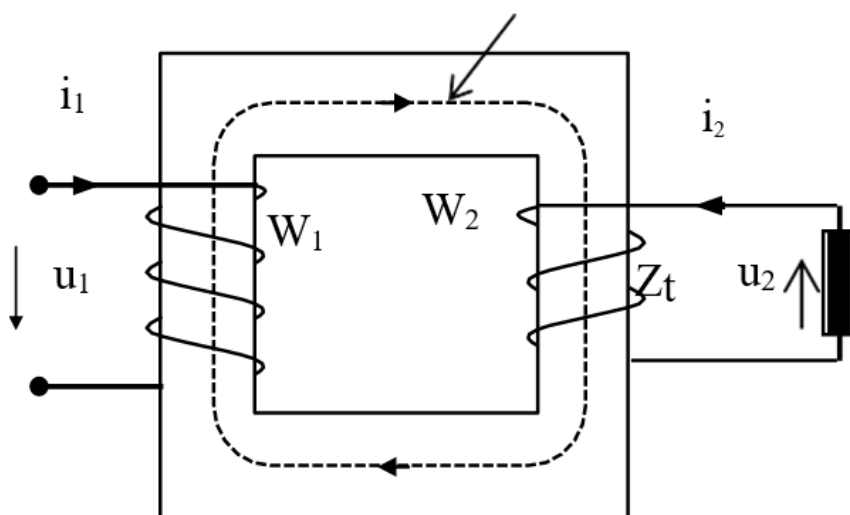


*Hình 1.8: Nắp thùng của MBA*

b, Nguyên lý làm việc của máy biến áp

Khảo sát một máy biến áp một pha hai dây quấn đơn giản gồm lõi thép, trên có đặt hai dây quấn số vòng là  $w_1, w_2$

Cuộn  $w_1$  được đặt vào điện áp xoay chiều hình sin tần số  $f$  là  $u_1 \rightarrow i_1 \rightarrow$  từ thông khép mạch trong lõi thép biến.



Hình 1.9: Nguyên lý cấu tạo máy biến áp một pha

Theo định luật cảm ứng điện từ, trong cuộn dây  $w_2$  cảm ứng sức điện động, và nếu  $w_2$  được nối với tải sẽ xuất hiện dòng  $i_2$  chạy qua tải và gây sụt áp  $u_2$  trên tải.

Dòng  $i_1, i_2$  sẽ sinh ra từ thông chính  $\Phi$  khép mạch trong lõi thép. Theo định luật cảm ứng điện từ, các sức điện động  $e_1, e_2$  cảm ứng trong các cuộn dây  $w_1, w_2$  được xác định như sau:

Ở cuộn dây sơ cấp  $W_1$  ta có:

$$e_1 = -W_1 \frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d\psi_1}{dt} \quad (1.1)$$

Trong đó:  $\psi_1 = W_1\Phi$  và  $\psi_2 = W_2\Phi$  là từ thông móc vòng với dây quấn sơ cấp và thứ cấp ứng với từ thông chính  $\Phi$ .

Ở cuộn dây thứ cấp  $W_2$  ta có:

$$e_2 = -W_2 \frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d\psi_2}{dt} \quad (1.2)$$

Trong đó  $W_1$  và  $W_2$  là số vòng dây quấn sơ cấp và thứ cấp. Khi máy biến áp không tải, dây quấn thứ cấp hở mạch, dòng điện thứ cấp  $I_2=0$ , từ thông chính trong lõi thép chỉ do dòng điện sơ cấp  $I_0$  sinh ra.

Khi máy biến áp có tải, dây quấn thứ cấp nối với tải có tổng trở tải  $Z_t$ , dưới tác dụng của suất điện động  $e_2$  có dòng điện thứ cấp  $i_2$  cung cấp điện cho tải. Khi ấy từ thông chính đồng thời do cả hai dòng điện sơ cấp  $i_1$  và thứ cấp  $i_2$  sinh ra.

Điện áp  $u_1$  là hình sin nên từ thông cũng biến thiên theo qui luật hình sin:

$$\Phi = \Phi_{\max} \sin \omega t.$$

$$e_1 = -W_1 \frac{d(\phi_{\max} \sin \omega t)}{dt} = 4,44fW_1 \phi_{\max} \sqrt{2} \sin \left( \omega t - \frac{\pi}{2} \right) = E_1 \sqrt{2} \sin \left( \omega t - \frac{\pi}{2} \right) \quad (1.3)$$

$$e_2 = -W_2 \frac{d(\Phi_{\max} \sin \omega t)}{dt} = 4,44fW_2 \Phi_{\max} \sqrt{2} \sin \left( \omega t - \frac{\pi}{2} \right) = E_2 \sqrt{2} \sin \left( \omega t - \frac{\pi}{2} \right) \quad (1.4)$$

Trong đó:  $E_1 = 4,44fW_1 \Phi_{\max} \quad (1.5)$

$$E_2 = 4,44fW_2 \Phi_{\max} \quad (1.6)$$

$E_1, E_2$  là sức điện động hiệu dụng sơ cấp và thứ cấp của máy biến áp.

Nhìn vào các biểu thức (1.3) và (1.4) ta thấy suất điện động sơ cấp và thứ cấp có cùng tần số nhưng trị hiệu dụng khác nhau.

Nếu chia  $E_1$  cho  $E_2$  ta có:

$$k = \frac{E_1}{E_2} = \frac{W_1}{W_2} = \text{const} \quad (1.7)$$

Và  $k$  được gọi là hệ số biến đổi của máy biến áp .

Nếu bỏ qua điện trở và từ thông tản của máy biến áp, có thể coi gần đúng  $U_1 \approx E_1, U_2 \approx E_2$ .

$$\frac{U_1}{U_2} \approx \frac{E_1}{E_2} = \frac{W_1}{W_2} = k \quad (1.8)$$

Có nghĩa là tỉ điện áp sơ cấp và thứ cấp gần đúng bằng tỉ số vòng dây của sơ cấp và thứ cấp.

Đối với máy biến áp tăng áp ta có  $U_2 > U_1 ; W_2 > W_1$ .

Đối với máy biến áp giảm áp ta có  $U_2 < U_1 ; W_2 < W_1$ ;

c, Các đại lượng định mức của máy biến áp

Các đại lượng định mức của máy biến áp do xưởng chế tạo máy biến áp qui định để cho máy có khả năng làm việc lâu dài và tốt nhất.

Các đại lượng cơ bản của máy biến áp là:

*Điện áp định mức*

Đối với máy biến áp một pha thì điện áp định mức là điện áp pha còn đối với máy biến áp ba pha thì điện áp định mức là điện áp dây.

*Dòng điện định mức:* là dòng điện qui định cho mỗi dây quấn của máy biến áp, ứng với công suất định mức và điện áp định mức. Ký hiệu:  $I_{1đm}$ ,  $I_{2đm}$ , tính bằng (kA) hay (A)

Đối với máy biến áp một pha thì dòng điện định mức là dòng điện pha còn đối với máy biến áp ba pha thì dòng điện định mức là dòng điện dây.

*Dung lượng hay công suất định mức:* là công suất toàn phần (hay biểu kiến) đưa ra ở dây quấn thứ cấp của m.b.a ở chế độ định mức, ký hiệu là  $S_{đm}$ , tính bằng kilô-vôn-ampe (kVA) hay vôn-ampe (VA)

Đối với máy biến áp một pha công suất định mức là:

$$S_{đm} = U_{2đm} I_{2đm} = U_{1đm} I_{1đm}. \quad (1.9)$$

Đối với máy biến áp ba pha công suất định mức là:

$$S_{đm} = \sqrt{3} U_{2đm} I_{2đm} = \sqrt{3} U_{1đm} I_{1đm} \quad (1.10)$$

*Tần số định mức  $f_{đm}$ , tính bằng Hz:* Thường các máy điện lực có tần số công nghiệp là  $f = 50$  Hz.

### 1.2.2 Tổ nối dây của máy biến áp

a, Cách ký hiệu đầu dây:

Tên dây quấn

| Tên dây quấn |       | Đầu đầu    | Đầu cuối   |
|--------------|-------|------------|------------|
| - Cao áp- CA | 1 pha | A          | X          |
|              | 3 pha | A, B, C    | X, Y, Z    |
| - Hạ áp- HA  | 1 pha | a          | x          |
|              | 3 pha | a, b, c    | x, y, z    |
| - Trung áp   | 1 pha | Am         | Xm         |
|              | 3 pha | Am, Bm, Cm | Xm, Ym, Zm |

- Dây trung tính: Phía cao áp: O; Hạ áp :o; Trung áp: Om



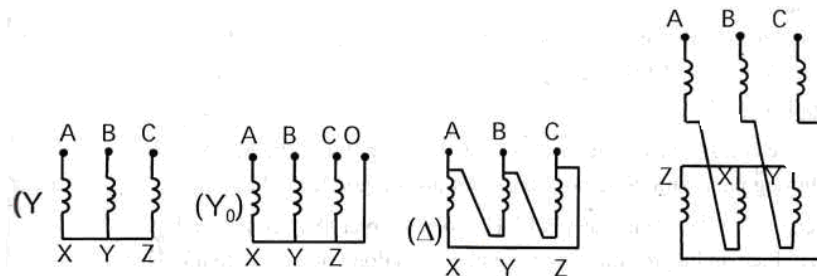
b, Các kiểu đấu dây quấn:

Qui ước kiểu đấu dây quấn MBA được biểu diễn bằng một tỉ số:

- Tử số: sơ đồ nối dây của dây quấn sơ cấp
- Mẫu số: sơ đồ nối dây của dây quấn thứ cấp

Với MBA một pha: chỉ có một kiểu đấu đơn giản là dây quấn sơ cấp một pha được nối với nguồn để nhận năng lượng vào, dây quấn thứ cấp một pha được nối với tải để đưa năng lượng ra.

Với MBA ba pha: Dây quấn sơ cấp, thứ cấp có thể đấu hình Y, Y0, Δ, zig-zắc



Hình 1.10: Các kiểu đấu dây quấn

c, Tổ nối dây của máy biến áp

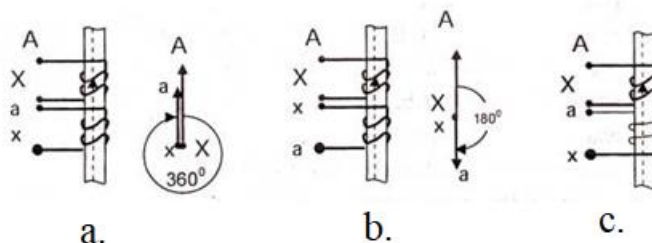
Tổ nối dây biểu thị góc lệch pha giữa các sức điện động dây thứ cấp và sơ cấp cùng tên của máy biến áp.

Tổ nối dây phụ thuộc vào ba yếu tố sau:

- Chiều quấn dây.
- Cách ký hiệu các đầu dây
- Kiểu đấu dây ở sơ cấp và thứ cấp.

Chứng minh

MBA một pha: tùy thuộc vào chiều quấn dây và cách kí hiệu đầu dây, góc lệch pha giữa sức điện động thứ cấp và sơ cấp có thể là  $360^\circ$  hoặc  $180^\circ$



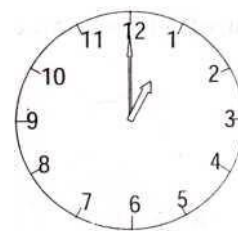
Hình 1.11: Góc lệch pha giữa sức điện động thứ cấp và sơ cấp, a. Cùng chiều quấn dây, cùng ký hiệu đầu dây, b. Cùng chiều quấn dây, cùng ký hiệu đầu dây, c. Ngược chiều dây quấn, cùng ký hiệu đầu dây

MBA ba pha: Tùy thuộc vào chiều quấn dây, cách kí hiệu đầu dây, kiểu đầu dây quấn sơ cấp, thứ cấp (Y hay  $\Delta$  với những thứ tự pha khác nhau) mà góc lệch pha giữa các sức điện động dây thứ cấp và sơ cấp có thể là  $n.30^\circ$  (với  $n=1,2,3...12$ ).

Do cách chia giờ trên mặt đồng hồ cũng tạo ra các con số từ 1,2,...,12 và góc lệch pha giữa hai số giờ liền nhau cũng là  $30^\circ$ , nên người ta dùng phương pháp kim đồng hồ để biểu thị tổ nối dây qui ước như sau:

Kim dài biểu thị sức điện động dây sơ cấp luôn chỉ cố định ở số 12

Kim ngắn biểu thị sức điện động dây thứ cấp có thể chỉ các con số từ 1,2,...,12 ứng với góc lệch pha tương ứng là  $30^\circ, 60^\circ, \dots, 360^\circ$ .



- Các con số mà kim ngắn chỉ sẽ xác định tổ nối dây của MBA  
Với phương pháp kim đồng hồ, MBA một pha có góc lệch pha giữa các s. đ. đ thứ cấp và sơ cấp là  $360^\circ$  có tổ nối dây là I/I-12; góc lệch pha  $180^\circ$  có tổ nối dây là I/I-6.

Với máy biến áp ba pha, dùng phương pháp kim đồng hồ có các tổ nối dây như sau:

Với kiểu đầu dây Y/Y:

Sơ cấp và thứ cấp cùng chiều quấn dây và cùng kí hiệu đầu dây: Tổ nối dây sẽ là: Y/Y-12

Đảo chiều quấn dây, hoặc đảo kí hiệu đầu dây hoặc hoán vị thứ tự pha dây quấn thứ cấp. có các tổ nối dây chẵn Y/Y-2,4,6,8,10

Với kiểu đầu dây Y/ $\Delta$ :

Dây quấn sơ cấp và thứ cấp cùng chiều quấn dây và cùng kí hiệu đầu dây, ta có tổ nối dây Y/ $\Delta$ -1 1

Đảo chiều quấn dây hoặc đảo kí hiệu đầu dây, hoặc hoán vị thứ tự pha thứ cấp ta có tổ nối dây lẻ Y/ $\Delta$ -1,3,5,7,9

Với kiểu đầu dây  $\Delta/\Delta$ : có kết luận tương tự như kiểu đầu Y/Y

Với kiểu đầu dây  $\Delta/Y$ : có kết luận tương tự như kiểu đầu Y/ $\Delta$

## CÂU HỎI CUỐI BÀI

Câu 1: Trình bày cấu tạo của máy biến áp?

Câu 2: Trình bày nguyên lý làm việc của máy biến áp?

Câu 3: Trình bày cách ký hiệu đầu dây của máy biến áp?

Câu 4: Trình bày các kiểu đấu dây quấn của máy biến áp?

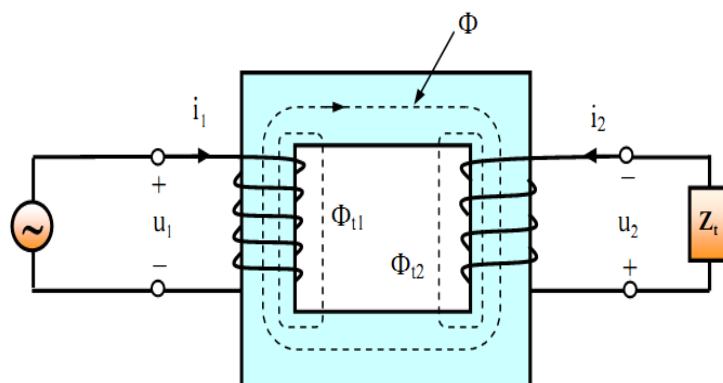
Câu 5: Trình bày tổ nối dây của máy biến áp?

**Bài 2: Các phương trình cơ bản và mạch điện thay thế của máy biến áp (Số tiết: 03 tiết) [1]; [3]; [5].**

*1.2.3 Các phương trình cơ bản*

*1.2.3.1 Phương trình cân bằng sức điện động*

Xét một MBA một pha hai dây quấn như hình vẽ



*Hình 1.12: MBA một pha hai dây quấn*

Đặt điện áp  $u_1(f)$  và  $W_1$ ; dây quấn  $W_2$  nối với tải  $Z_t \rightarrow$  có dòng  $i_1, i_2$ .  $i_1 w_1$  và  $i_2 w_2$  sẽ sinh ra từ thông trong máy gồm:

- Phần lớn là từ thông chính  $\phi$  khép mạch lớn trong lõi thép, móc vòng với cả hai dây quấn.

Một phần nhỏ là từ thông tản chỉ móc vòng với cả hai cuộn dây bao gồm:

- Từ thông tản sơ cấp  $\phi_{i1}$  do  $i_1$  sinh ra chỉ móc vòng với  $w_1$
- Từ thông tản thứ cấp  $\phi_{i2}$  do  $i_2$  sinh ra chỉ móc vòng với  $w_2$

Từ thông chính  $\phi$  sinh ra trong 2 dây quấn các sức điện động chính như đã biết:

$$e_1 = -W_1 \frac{d\Phi}{dt} \quad (1.11)$$

$$e_{i2} = -W_2 \frac{d\Phi}{dt} \quad (1.12)$$

Các từ thông tản cũng cảm ứng ra các sức điện động tản tương ứng:

$$e_{i1} = -W_1 \frac{d\Phi_{i1}}{dt} \quad (1.13)$$

$$e_{i2} = -W_2 \frac{d\Phi_{i2}}{dt} \quad (1.14)$$

Vì  $\phi_{i1}, \phi_{i2}$  chủ yếu khép mạch qua môi trường không từ tính như dầu ( hoặc

không khí), đồng, các vật liệu cách điện khác có độ từ thẩm không đổi, nên chúng tỉ lệ với dòng điện sinh ra chúng qua các hệ số tỉ lệ  $k_1$  và  $k_2$ :

$$\phi_{11} = k_1 i_1 \quad (1.15)$$

$$\phi_{12} = k_2 i_2 \quad (1.16)$$

Do đó các sức điện động tản sơ cấp và thứ cấp có thể viết:

$$e_{11} = -k_1 W_1 \frac{di_1}{dt} = -L_{11} \frac{di_1}{dt} \quad (1.17)$$

$$e_{12} = -k_2 W_2 \frac{di_2}{dt} = -L_{12} \frac{di_2}{dt} \quad (1.18)$$

Trong đó:

$L_{11} = k_1 W_1$ ,  $L_{12} = k_2 W_2$  là các hệ số điện cảm tản sơ cấp và thứ cấp

Áp dụng định luật kiếc hốp 2, ta có phương trình cân bằng sức điện động mạch dây quấn sơ cấp:

$$u_1 + e_1 + e_{11} = i_1 r_1 \Rightarrow u_1 = -e_1 - e_{11} + i_1 r_1 \quad (1.19)$$

Trong đó,  $r_1$  là điện trở của dây quấn sơ cấp

Cũng áp dụng định luật kiếc hốp 2 với mạch dây quấn thứ cấp, ta có:

$$e_2 + e_{12} = u_2 + i_2 r_2 \Rightarrow u_2 = -e_2 + e_{12} + i_2 r_2 \quad (1.20)$$

Trong đó,  $r_2$  là điện trở của dây quấn thứ cấp

Thay (1.17), (1.18) vào (1.19), (1.20) ta có:

Với mạch dây quấn sơ cấp:

$$u_1 = -e_1 + L_{11} \frac{di_1}{dt} + i_1 r_1 \quad (1.21)$$

Với mạch dây quấn thứ cấp:

$$u_2 = e_2 - L_{12} \frac{di_2}{dt} - i_2 r_2 \quad (1.22)$$

Chuyển sang dạng số phức, ta có:

Với mạch dây quấn sơ cấp:

$$\dot{U}_1 = -\dot{E}_1 + j\omega L_{11} \dot{I}_1 + \dot{I}_1 r_1 = -\dot{E}_1 + \dot{I}_1 (r_1 + jx_1) \Rightarrow \dot{U}_1 = -\dot{E}_1 + \dot{I}_1 \dot{Z}_1 \quad (1.23)$$

Với mạch dây quấn thứ cấp:

$$\dot{U}_2 = -\dot{E}_2 + j\omega L_{12} \dot{I}_2 + \dot{I}_2 r_2 = -\dot{E}_2 + \dot{I}_2 (r_2 + jx_2) \Rightarrow \dot{U}_2 = -\dot{E}_2 + \dot{I}_2 \dot{Z}_2 \quad (1.24)$$

(1.23) và (1.24) là các phương trình cân bằng sức điện động mạch sơ cấp và thứ cấp

của

MBA

Trong đó:

+  $x_1 = \omega L_{t1}$  - là điện kháng tản của dây quấn sơ cấp

+  $x_2 = \omega L_{t2}$  - là điện kháng tản của dây quấn thứ cấp

+  $Z_1 = r_1 + jx_1$  - là tổng trở của dây quấn sơ cấp

+  $Z_2 = r_2 + jx_2$  - là tổng trở của dây quấn thứ cấp

+  $\dot{I}_1 Z_1, \dot{I}_2 Z_2$  - gọi là điện áp rơi trên các dây quấn sơ cấp và thứ cấp

### 1.2.3.2 Phương trình cân bằng sức từ động

Thường  $U_1 = U_{1dm} = \text{const}$  khi không tải cũng như khi có tải

Nếu bỏ qua điện áp rơi trong dây quấn sơ cấp, ta có:

$$U_1 \approx E_1 = 4,44W_1 f \phi_m = \text{const} \Rightarrow \phi_m = \text{const} \quad (1.25)$$

Nghĩa là khi không tải cũng như khi có tải, từ thông  $\phi_m$  không thay đổi, do đó sức từ động sinh ra từ thông lúc không tải ( $i_0 W_1$ ) phải bằng sức từ động sinh ra từ thông lúc có tải ( $i_1 W_1 + i_2 W_2$ ):  $i_1 W_1 + i_2 W_2 = i_0 W_1$

Khi  $i_1, i_2$  là những hàm số hình sin theo thời gian, ta có thể viết phương trình cân bằng sức từ động dưới dạng số phức như sau:

$$\dot{I}_1 w_1 + \dot{I}_2 w_2 = \dot{I}_0 w_1 \rightarrow \dot{I}_1 = \dot{I}_0 + (-\dot{I}_2 \frac{w_1}{w_2}) \rightarrow \dot{I}_1 = \dot{I}_0 + (-\dot{I}'_2) \quad (1.26)$$

$$\dot{I}'_2 = \dot{I}_2 \frac{w_2}{w_1}$$

Trong đó:

Từ (1.25) ta thấy khi MBA có tải dòng  $I_1$  gồm 2 thành phần: Thành phần  $I_0$  dùng để sinh ra từ thông chính trong máy biến áp còn thành phần  $(-I'_2)$  dùng để bù lại tác dụng của dòng điện tải thứ cấp. Khi tải tăng, tức  $I_2$  tăng thì  $(-I'_2)$  cũng tăng, dòng  $I_1$  cũng tăng để giữ cho dòng  $I_0$  không đổi để sinh ra từ thông không đổi (Với  $U_1 = \text{const}$ ). Như vậy MBA đã nhận năng lượng từ lưới để truyền sang dây quấn thứ cấp cung cấp cho tải.

### 1.2.4 Mạch điện thay thế của máy biến áp

Đặt vấn đề:

- MBA truyền tải công suất dựa vào sự hỗ cảm giữa các dây quấn sơ cấp và thứ

cấp thông qua sức điện động mạch vòng là mạch từ có độ từ thẩm thay đổi.

- Việc nghiên cứu các chế độ làm việc của MBA dựa vào sự tính toán phối hợp mạch điện và mạch từ ứng với các mức độ hóc búa khác nhau của lõi thép gặp rất nhiều khó khăn

- Để đơn giản trong tính toán đối với bản thân MBA cũng như đối với toàn bộ lưới điện, người ta thay các mạch điện và mạch từ của MBA bằng một mạch điện tương đương gồm các điện trở, điện kháng đặc trưng cho MBA gọi là mạch điện thay thế của MBA.

- Để có thể nối trực tiếp mạch sơ cấp và thứ cấp với nhau thành một mạch điện, các dây quấn sơ cấp và thứ cấp phải có cùng một cấp điện áp

- Thực tế cấp điện áp của các dây quấn sơ cấp và thứ cấp là rất khác nhau, vì vậy phải qui đổi một trong hai dây quấn về dây quấn kia để cho chúng có cùng một cấp điện áp. Muốn vậy hai dây quấn phải có số vòng dây như nhau.

- Thường người ta qui đổi dây quấn thứ cấp về dây quấn sơ cấp, nghĩa là thay dây quấn thứ cấp có số vòng dây  $w_2$  bằng một dây quấn  $w_2 = w_1$  để  $E_2 = E_1$

- Việc qui đổi phải đảm bảo các quá trình vật lý và năng lượng xảy ra trong MBA không thay đổi

#### 1.2.4.1 Quy đổi máy biến áp

Qui ước các đại lượng, tham số thứ cấp đã qui đổi về sơ cấp có thêm dấu phẩy ở trên đầu như  $E'_2, I'_2, \dots$

##### a) Sức điện động thứ cấp quy đổi $E'_2$

Khi qui đổi, ta thay dây quấn thứ cấp  $w_2$  bằng một dây quấn có số vòng  $w_2 = w_1$ , nên  $E'_2 = E_1 = kE_2$ , trong đó  $k = w_1/w_2$ .

##### b) Dòng điện thứ cấp quy đổi $I'_2$

Việc qui đổi phải đảm bảo sao cho công suất thứ cấp của MBA trước và sau qui đổi không thay đổi, nghĩa là:

$$E_2 I_2 = E'_2 I'_2 \Rightarrow I'_2 = \frac{E_2}{E'_2} I_2 = \frac{1}{k} I_2 \quad (1.27)$$

##### c) Điện áp thứ cấp qui đổi $U'_2$

$$U_2 I_2 = U'_2 I'_2 \Rightarrow U'_2 = \frac{I_2}{I'_2} U_2 = k U_2 \quad (1.28)$$

**d) Điện trở, điện kháng và tổng trở thứ cấp quy đổi:**

Tồn hao đồng trong dây quấn thứ cấp trước và sau qui đổi không thay đổi

$$I_2^2 r_2 = I_2'^2 r_2' \Rightarrow r_2' = \left(\frac{I_2}{I_2'}\right)^2 r_2 = k^2 r_2 \quad (1.29)$$

Công suất phản kháng tạo từ trường tản dây quấn thứ cấp trước và sau qui đổi không thay đổi

$$I_2^2 x_2 = I_2'^2 x_2' \Rightarrow x_2' = \left(\frac{I_2}{I_2'}\right)^2 x_2 = k^2 x_2 \quad (1.30)$$

Tổng trở thứ cấp qui đổi:

$$Z_2' = r_2' + jx_2' = k^2(r_2 + jx_2) = k^2 Z_2 \quad (1.31)$$

Điện trở, điện kháng, tổng trở tải thứ cấp qui đổi:

$$r_t' = k^2 r_t; \quad x_t' = k^2 x_t; \quad Z_t' = k^2 Z_t \quad (1.32)$$

**e) Hệ phương trình cơ bản sau quy đổi:**

$$\begin{aligned} \dot{U}_1 &= -\dot{E}_1 - \dot{I}_1 Z_1 \\ \dot{U}_2' &= -\dot{E}'_{21} - \dot{I}_2' Z_2' \\ \dot{I}_1 &= \dot{I}_0 + (-\dot{I}_2') \\ \dot{E}_1 &= \dot{E}'_2 \end{aligned} \quad (1.33)$$

**1.2.4.2 Mạch điện thay thế của MBA**

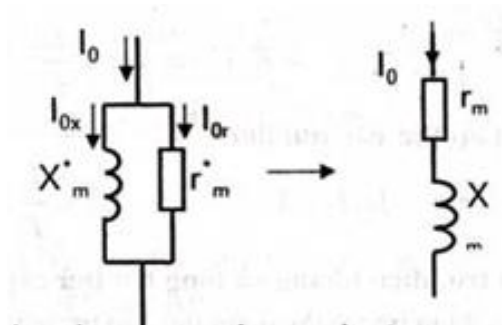
Trong mạch điện thay thế, tổng trở  $Z_m$  được suy ra như sau:

$$I_0 = I_{0r} + I_{0x}$$

$$\psi_1 = kM i_{0x}$$

$$\psi_2 = M i_{0x}$$

Do đó:



Hình 1.13: Mạch điện thay thế của MBA



$$\begin{aligned} e_1 &= -W_1 \frac{d\phi}{dt} = -\frac{d\psi_1}{dt} = -kM \frac{di_{0x}}{dt} \\ e_2 &= -W_2 \frac{d\phi}{dt} = -\frac{d\psi_2}{dt} = -M \frac{di_{0x}}{dt} \end{aligned} \quad (1.34)$$

Với dòng đẳng trị hình  $\sin i_{0x}$  ta có:

$$\dot{E}_1 = \dot{E}_2 = -j\omega kM I_{0x} = -j I_{0x} x_m^* \quad (1.35)$$

Với dòng đẳng trị hình  $\sin i_{0x}$ , ta có:

Trong đó:  $x_m^* = k\omega M$  là điện kháng mạch từ hóa biểu thị cho sự hỗ cảm giữa mạch sơ cấp và thứ cấp ứng với từ thông chính  $\Phi$

Tổn hao sắt từ trong lõi thép có thể biểu thị được bằng tổn hao trên điện trở từ hóa  $r_m^*$  đặt song song với điện kháng từ hóa  $x_m^*$  và có trị số:

$$\begin{aligned} p_{Fe} &= I_0 E_1 = I_{0r}^2 r_m^* \\ E_1 = E_2 &= -j I_{0x} x_m^* = -I_0 (r_m + jx_m) = -I_0 Z_m \end{aligned} \quad (1.36)$$

Trong đó:

$r_m$  - là điện trở mạch từ hóa đặc trưng cho tổn hao sắt từ trong lõi thép

$$p_{Fe} = I_{0r}^2 r_m \quad (1.37)$$

$X_m$ - là điện kháng mạch từ hóa đặc trưng cho sự hỗ cảm giữa hai dây quấn

$Z_m = r_m + jx_m$  - là tổng trở mạch từ hóa.

#### 1.2.4.3 Mạch điện thay thế đơn giản của máy biến áp

Trên thực tế, thường  $Z_m \gg Z_1$  và  $Z_2$  ( $Z_m^* = 10 \div 50, Z_1^* \approx Z_2^* = 0,025 \div 0,1$ ), nên

có thể xem  $Z_m$  vô cùng lớn (so với  $Z_1$  và  $Z_2$ ), nghĩa là coi  $I_0 = 0$ , và:  $I_1 \approx -I_2$

khi đó ta có mạch điện thay thế đơn giản:

$$r_n = r_1 + r_2$$

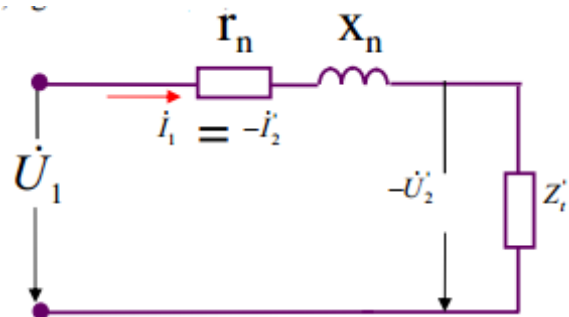
$$x_n = x_1 + x_2$$

$$Z_n = r_n + jx_n$$

$Z_m$  là tổng trở ngắn mạch của máy

biến áp, vì nó bằng tổng trở của MBA

khi ngắn mạch thứ cấp và có thể xác



Hình 1.14: Mạch điện thay thế đơn giản của máy biến áp

định từ thí nghiệm ngắn mạch

### **CÂU HỎI CUỐI BÀI**

- Câu 1: Trình bày phương trình cân bằng sức điện động?
- Câu 2: Trình bày phương trình cân bằng sức từ động?
- Câu 3: Trình bày các đại lượng quy đổi máy biến áp?
- Câu 4: Trình bày mạch điện thay thế của của máy biến áp?
- Câu 5: Trình bày mạch điện thay thế đơn giản của máy biến áp?

### Bài 3: Xác định các tham số của máy biến áp bằng thí nghiệm và máy biến áp đặc biệt (Số tiết: 03 tiết) [1]; [3]; [5].

#### 1.2.5 Xác định các tham số của máy biến áp bằng thí nghiệm.

##### 1.2.5.1 Thí nghiệm không tải

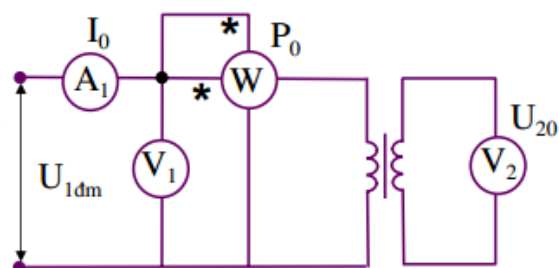
Sơ đồ thí nghiệm không tải của máy biến áp 1 pha như hình vẽ

Thao tác:

- Thứ cấp để hở mạch
- Sơ cấp đặt điện áp  $U_1=U_{1dm}$

Các thông số đo được:

- Từ đồng hồ  $A_1$  đo được dòng không tải  $I_0$
- Từ đồng hồ  $V_1$  đo được điện áp  $U_1 = U_{1dm}$
- Từ đồng hồ  $W$  đo được công suất  $P_0$
- Từ đồng hồ  $V_2$  đo được điện áp  $U_{20}$



Hình 1.15: Sơ đồ thí nghiệm không tải của máy biến áp 1 pha

Xác định tổng trở, điện trở, điện kháng của máy biến áp lúc không tải từ các số liệu thí nghiệm:

$$z_0 = \frac{U_{1dm}}{I_0}; \quad r_0 = \frac{P_0}{I_0^2}; \quad x_0 = \sqrt{z_0^2 - r_0^2} \quad (1.38)$$

Xác định tỉ số biến đổi của máy biến áp và hệ số công suất lúc không tải từ các số liệu thí nghiệm:

$$K = \frac{W_1}{W_2} \approx \frac{U_{1dm}}{U_{20}} \quad \cos \varphi_{10} = \frac{P_0}{U_{1dm} I_0} \quad (1.39)$$

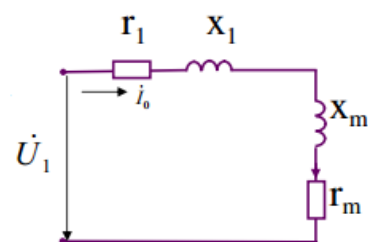
Mạch điện thay thế MBA lúc không tải ( $I_2'=0$ )

-Từ mạch điện thay thế, ta thấy các tham số không tải  $z_0, r_0, x_0$  chính là:

$$z_0 = |Z_1 + Z_m|; \quad r_0 = r_1 + r_m; \quad x_0 = x_1 + x_m$$

Thực tế  $r_1 \ll r_m, x_1 \ll x_m$ , nên:

$$z_0 \approx z_m; \quad r_0 \approx r_m; \quad x_0 \approx x_m$$



Hình 1.16: Mạch điện thay thế MBA lúc không tải ( $I_2'=0$ )

Nghĩa là tổng trở, điện trở, điện kháng xác định được trong thí nghiệm không tải có thể xem là các tham số của mạch từ hóa tương ứng

Công suất đo được trong thí nghiệm không tải:  $P_0 = I_0^2 r_1 + I_0^2 r_m$

Cũng do  $r_1 \ll r_m$  nên có thể coi:  $P_0 = I_0^2 r_1 + I_0^2 r_m \approx I_0^2 r_m = P_{Fe}$

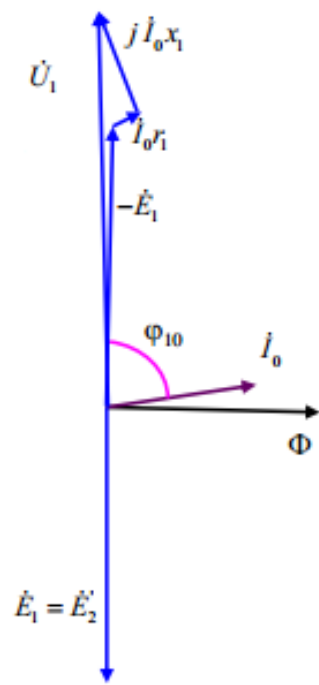
nghĩa là công suất đo được trong thí nghiệm không tải có thể coi gần đúng là tổn hao sắt trong lõi thép do từ trễ và dòng xoáy gây ra.

Nếu  $u_1 = \text{const}$ , thì từ thông  $\Phi = \text{const}$  và tổn hao sắt, tức tổn hao không tải không thay đổi. Hệ phương trình cơ bản lúc không tải:

$$\begin{cases} U_1 = -E_1 + I_0 Z_1 \\ U_{20} = E'_2 = E_1 \\ I_1 = I_0 \end{cases} \quad (1.40)$$

Vẽ đồ thị véc tơ:

Từ đồ thị véc tơ ta thấy  $\varphi_{10}$  gần bằng  $90^\circ$ , nên hệ số  $\cos \varphi_{10}$  lúc không tải rất nhỏ:  $\cos \varphi_{10} \leq 0,1$  nên không vận hành MBA không tải hoặc non tải vì lúc đó sẽ làm xấu hệ số công suất của lưới điện.



Hình 1.17: Đồ thị véc tơ

### 1.2.5.2 Thí nghiệm ngắn mạch

Sơ đồ thí nghiệm

Thao tác:

- Thứ cấp nối ngắn mạch
- Sơ cấp đặt điện áp giảm thấp  $U_1=U_n$  sao cho

$$I_1=I_{1dm}$$

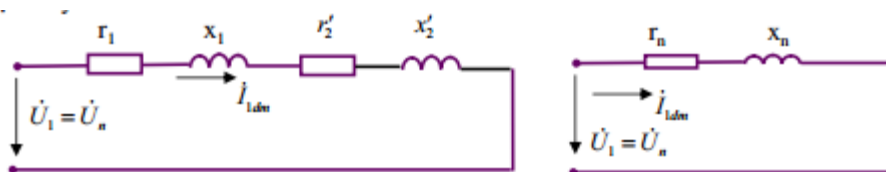
Các thông số đo được:

- Từ đồng hồ A đo được dòng  $I_1=I_{1dm}$
- Từ đồng hồ V đo được điện áp  $U_1=U_n$
- Từ đồng hồ W đo được công suất  $P_n$

Xác định các tham số ngắn mạch của máy biến áp từ các số liệu thí nghiệm:

$$z_n = \frac{U_n}{I_{1dm}}; \quad r_n = \frac{P_n}{I_{1dm}^2}; \quad x_n = \sqrt{z_n^2 - r_n^2} \quad (1.41)$$

Mạch điện thay thế MBA lúc thí nghiệm ngắn mạch: Lúc ngắn mạch thì nghiệm,  $U_1=U_n=(5-10)\%U_{1dm}$  có giá trị nhỏ, nên  $\Phi$  và  $I_0$  nhỏ  $\rightarrow$  bỏ qua nhánh từ hóa  $\rightarrow$  mạch điện thay thế như hình vẽ.



Hình 1.19: Mạch điện thay thế MBA lúc thí nghiệm ngắn mạch

Từ mạch điện thay thế, ta thấy các tham số xác định được trong thí nghiệm ngắn mạch chính là:

$$z_n = |Z_1 + Z_2'|; \quad r_n = r_1 + r_2'; \quad x_n = x_1 + x_2' \quad (1.42)$$

Thường  $z_{1*} = z_{2*} = 0,025 \div 0,10$

Cũng do  $I_0$  rất nhỏ, nên công suất đo được trong thí nghiệm ngắn mạch có thể coi là tổn hao đồng trên các dây quấn sơ cấp, thứ cấp ở tải định mức:

$$P_n = I_{1dm}^2 r_1 + I_{2dm}^2 r_2' = P_{cu1} + P_{cu2} = I_{1dm}^2 (r_1 + r_2') = I_{1dm}^2 r_n \quad (1.43)$$

Từ mạch điện thay thế lúc TN ngắn mạch, ta thấy  $U_n$  hoàn toàn cân bằng với điện áp rơi trong MBA và gồm hai thành phần:

- Thành phần tác dụng là điện áp rơi trên điện trở của MBA:  $U_{nr}=I_{1dm}r_n$
- Thành phần phản kháng là điện áp rơi trên điện kháng của MBA:  $U_{nx}=I_{1dm}x_n$

Đồ thị véc tơ MBA trong TN ngắn mạch:

- Tam giác OAB gọi là tam giác điện áp ngắn mạch:
- Cạnh huyền biểu thị điện áp ngắn mạch toàn phần  $U_n$
- Các cạnh góc vuông chính là điện áp rơi trên điện trở và điện kháng của MBA:

$$U_{nr} = U_n \cos \vartheta_n; \quad U_{nx} = U_n \sin \vartheta_n; \quad \vartheta_n: \text{ Là góc giữa } U_n \text{ và } I_n = I_{1dm}$$

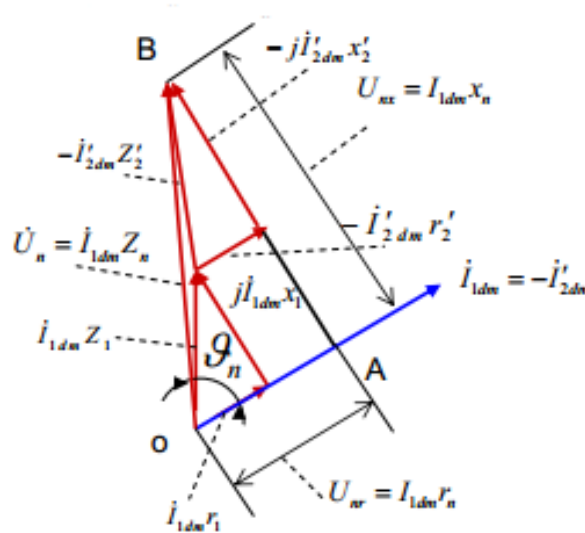
Qua các phân tích trên, ta thấy điện áp ngắn mạch  $U_n$  có thể xem như đại lượng đặc trưng cho điện trở và điện kháng tản của dây quấn MBA, thường được cho dưới dạng % so với điện áp định mức và được ghi trên nhãn của máy:

$$U_n \% = \frac{U_n}{U_{1dm}} \cdot 100 = \frac{I_{1dm} z_n}{U_{1dm}} \cdot 100 \quad (1.44)$$

Các thành phần điện áp ngắn mạch là:

$$U_{nr} \% = \frac{U_{nr}}{U_{1dm}} \cdot 100 = \frac{I_{1dm} z_n}{U_{1dm}} \cdot 100 = \frac{I_{1dm}^2 r_n}{U_{1dm} I_{1dm}} \cdot 100 = \frac{P_n (W)}{10 S_{dm} (KVA)} \quad (1.45)$$

$$U_{nx} \% = \frac{U_{nx}}{U_{1dm}} \cdot 100 = \frac{I_{1dm} x_n}{U_{1dm}} \cdot 100$$



Hình 1.20: Đồ thị véc tơ MBA trong TN ngắn mạch

Phân biệt ngắn mạch thí nghiệm và ngắn mạch sự cố

- Ngắn mạch TN: Thứ cấp ngắn mạch, sơ cấp đặt điện áp giảm thấp để  $I_1 = I_{1dm}$
- Ngắn mạch sự cố (ngắn mạch vận hành): Thứ cấp ngắn mạch, trong khi sơ cấp đặt điện áp bằng  $U_{1dm}$ , khi đó dòng ngắn mạch chạy trong MBA sẽ rất lớn:

$$I_n = \frac{U_{1dm}}{z_n} = \frac{I_{1dm}}{\frac{I_{1dm} z_n}{U_{1dm}} 100} 100 = \frac{I_{1dm}}{U_n \%} 100 = \frac{I_{1dm} 100}{(5 \div 10)} = (10 \div 20) I_{1dm} \quad (1.46)$$

Dòng ngắn mạch lớn sẽ phá hỏng MBA, vì vậy phải bố trí thiết bị bảo vệ tự động cắt phần sự cố ra khỏi lưới điện.

### 1.2.6. Máy biến áp đặc biệt

#### 1.2.6.1 Máy biến áp ba dây quấn

- Cấu tạo

Gồm 1 dây quấn sơ cấp và 2 dây quấn thứ cấp. Dùng để cung cấp điện cho các lưới điện có điện áp khác nhau, ứng với các tỷ số biến đổi:

$$K_{12} = \frac{W_1}{W_2} \approx \frac{U_1}{U_2}; \quad K_{13} = \frac{W_1}{W_3} \approx \frac{U_1}{U_3} \quad (1.47)$$

Máy biến áp 3 dây quấn có ưu điểm nâng cao được tiêu chuẩn kinh tế và kỹ thuật của trạm biến áp vì số máy biến áp ít hơn và tổn hao vận hành nhỏ hơn.

Thường chế tạo theo kiểu tổ máy biến áp 3 pha hoặc máy biến áp 3 pha 3 trụ. Mỗi pha có đặt 3 dây quấn.

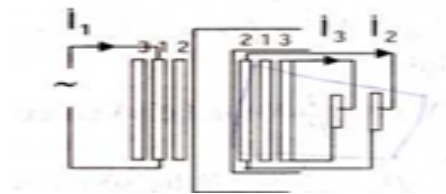
Các tổ nối dây tiêu chuẩn:  $Y_0/Y_0/\Delta$ -12-11 và  $Y_0/\Delta/\Delta$ -11-11 Theo quy định công suất của 3 dây quấn được chế tạo theo tỷ lệ:

100%, 100%, 100%

100%, 100%, 67%

100%, 67%, 100%

100%, 67%, 67%



Hình 1.21: Máy biến áp ba dây quấn

Công suất của máy lấy theo công suất của dây. quấn sơ cấp (có công suất lớn nhất)

- Phương trình cơ bản, mạch điện thay thế và đồ thị véc tơ của máy biến áp 3 dây quấn

Cũng như ở máy biến áp 2 dây quấn dòng điện từ hoá của máy biến áp 3 dây quấn rất nhỏ nên sau khi quy đổi dây quấn 3 và 3 về dây quấn 1 ta có các phương trình cơ bản sau:

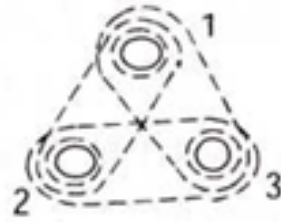
$$I_1 + I_2 + I_3 = I_0 \approx 0 \quad (1.48)$$

$$U_1 - I_1 Z_1 = -(U_2' + I_2' Z_2') = -(U_3' + I_3' Z_3') \quad (1.49)$$

Trong đó:

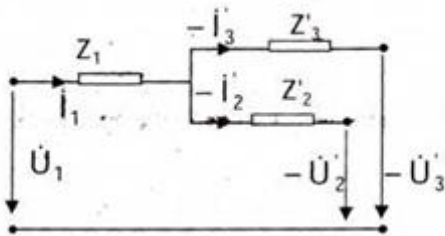
$$Z_1 = r_1 + jx_1; \quad Z_2 = r_2 + jx_2; \quad Z_3 = r_3 + jx_3$$

Chú ý: Điện kháng tản của máy biến áp 3 dây quấn không chỉ quyết định bởi từ thông tản riêng biệt từng dây quấn mà còn quyết định bởi sự ngẫu hợp từ thông tản của 3 dây quấn như bên.

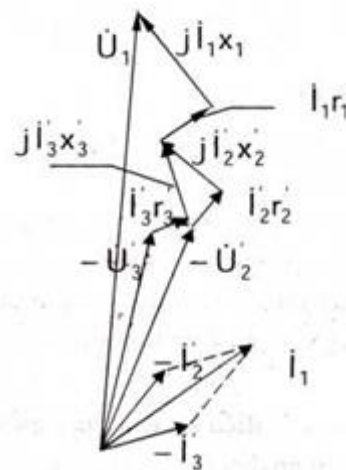


Hình 1.22: Từ thông tản trong máy biến áp ba dây quấn

Mạch điện thay thế và đồ thị véc tơ ứng với các phương trình trên như hình 1.23 và hình 1.24.



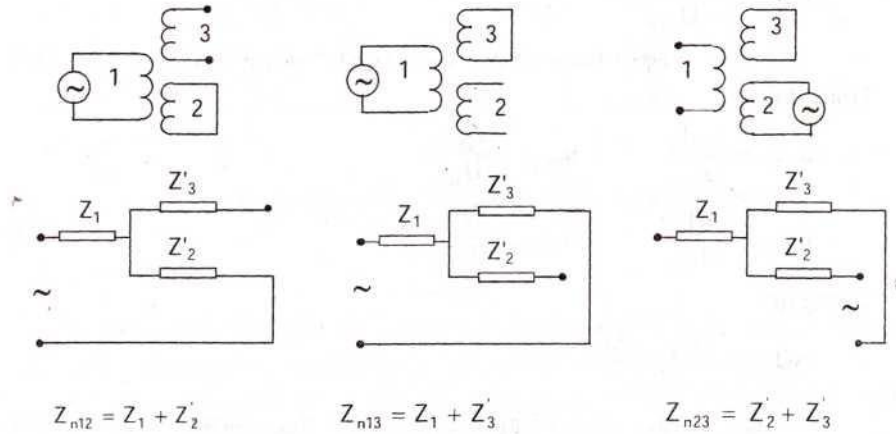
Hình 1.23: Mạch điện thay thế của máy biến áp ba dây quấn



Hình 1.24: Đồ thị véc tơ của máy biến áp ba dây quấn

- Xác định các tham số của máy biến áp ba dây quấn từ thí nghiệm  
 Các tham số của mạch điện thay thế của máy biến áp 3 dây quấn được xác định từ 3 thí nghiệm ngắn mạch theo hình vẽ:





Hình 1.25: Sơ đồ và mạch điện thay thế ứng với các thí nghiệm ngắn mạch của máy biến áp ba dây quấn

Từ sơ đồ ta có:

$$\begin{aligned}
 Z_{n12} &= Z_1 + Z_2' = r_{n12} + jx_{n12} = (r_1 + r_2') + j(x_1 + x_2') \\
 Z_{n13} &= Z_1 + Z_3' = r_{n13} + jx_{n13} = (r_1 + r_3') + j(x_1 + x_3') \\
 Z_{n23} &= Z_2' + Z_3' = r_{n23} + jx_{n23} = (r_2' + r_3') + j(x_2' + x_3')
 \end{aligned}
 \tag{1.50}$$

Trong đó các lượng trong biểu thức đều quy về dây quấn 1.

Từ đó ta suy ra:

$$\begin{aligned}
 r_1 &= \frac{r_{n12} + r_{n13} - r_{n23}}{2}; & r_3 &= \frac{r_{n13} + r_{n23} - r_{n12}}{2} \\
 r_2 &= \frac{r_{n12} + r_{n23} - r_{n13}}{2}
 \end{aligned}
 \tag{1.51}$$

Tương tự:

$$\begin{aligned}
 x_1 &= \frac{x_{n12} + x_{n13} - x_{n23}}{2}; & x_3 &= \frac{x_{n13} + x_{n23} - x_{n12}}{2} \\
 x_2 &= \frac{x_{n12} + x_{n23} - x_{n13}}{2}
 \end{aligned}
 \tag{1.52}$$

Các thí nghiệm ngắn mạch cũng cho phép ta xác định điện áp ngắn mạch tương ứng với các tổng trở ngắn mạch trên.

- Độ thay đổi điện áp của máy biến áp 3 dây quấn

Các điện áp đầu ra  $U_2, U_3$  của máy biến áp 3 dây quấn thay đổi theo trị số và tính chất của các dòng điện tải  $I_2, I_3$ . Chú ý rằng, ở đây nếu tải của một dây quấn thứ cấp thay đổi thì sẽ ảnh hưởng đến điện áp của dây quấn thứ cấp kia do có điện áp rơi trên dây quấn sơ cấp.

Độ thay đổi điện áp ở các tải  $I_2$  và  $I_3$  với hệ số công suất  $\cos \varphi_2, \cos \varphi_3$  như sau:

$$\begin{aligned}\Delta U_{12} &= \frac{U_{1dm} - U_2'}{U_{1dm}} \\ &= u_{nr12*} \cos \varphi_2 + u_{nx12*} \sin \varphi_2 + u_{nr(3)*} \cos \varphi_3 + u_{nx(3)*} \sin \varphi_3\end{aligned}\quad (1.53)$$

Trong đó:

$$\begin{aligned}u_{nr12*} &= \frac{r_{n12} I_2'}{U_{1dm}} & u_{nx12*} &= \frac{x_{n12} I_2'}{U_{1dm}} \\ u_{nr(3)*} &= \frac{r_1 I_3'}{U_{1dm}} & u_{nx(3)*} &= \frac{x_1 I_3'}{U_{1dm}}\end{aligned}\quad (1.54)$$

Tương tự:

$$\begin{aligned}\Delta U_{13*} &= \frac{U_{1dm} - U_3'}{U_{1dm}} \\ &= u_{nr13*} \cos \varphi_3 + u_{nx13*} \sin \varphi_3 + u_{nr(2)*} \cos \varphi_2 + u_{nx(2)*} \sin \varphi_2\end{aligned}\quad (1.55)$$

Trong đó:

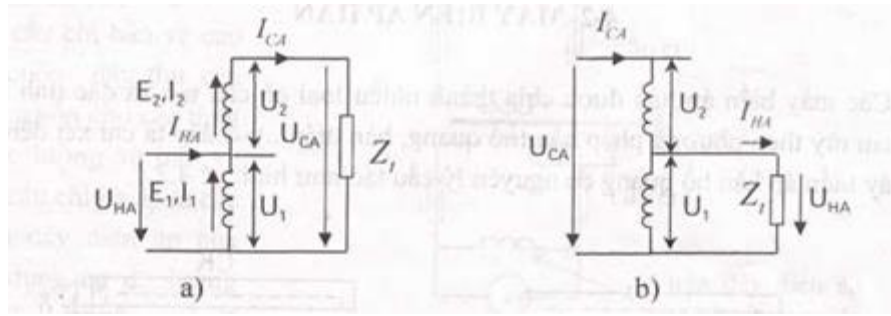
$$\begin{aligned}u_{nr13*} &= \frac{r_{n13} I_3'}{U_{1dm}} & u_{nx13*} &= \frac{x_{n13} I_3'}{U_{1dm}} \\ u_{nr(2)*} &= \frac{r_1 I_2'}{U_{1dm}} & u_{nx(2)*} &= \frac{x_1 I_2'}{U_{1dm}}\end{aligned}\quad (1.56)$$

### 1.2.6.2 Máy biến áp tự ngẫu

Phạm vi sử dụng : trong trường hợp điện áp của các lưới điện sơ cấp và thứ cấp khác nhau không nhiều, nghĩa là tỉ số biến đổi điện áp nhỏ, để được kinh tế hơn về chế tạo và vận hành người ta dùng máy biến áp tự ngẫu thay cho máy biến áp hai dây quấn.

Đặc điểm cấu tạo: Máy biến áp tự ngẫu khác máy biến áp hai dây quấn ở chỗ dây quấn thứ cấp là một bộ phận của dây quấn sơ cấp (với máy biến áp giảm áp) hoặc ngược lại (với máy biến áp tăng áp), nên ngoài sự liên hệ qua hồ cảm, các dây quấn sơ cấp và thứ cấp còn liên hệ trực tiếp với nhau về điện. Như vậy có thể coi dây quấn máy biến áp tự ngẫu gồm hai phần, phần chung (phần sơ cấp và thứ cấp chung nhau) và phần nối tiếp (phần còn lại của dây quấn). Hai phần của dây quấn có thể đấu thuận cực tính hoặc đấu ngược cực tính, trong đó kiểu đấu thuận có ưu việt hơn về kinh tế nên thực tế thường dùng kiểu đấu thuận. Máy biến áp tự ngẫu cũng có thể là máy tăng áp, giảm áp, máy biến áp 1 pha hoặc 3 pha.

Xét máy biến áp tự ngẫu một pha tăng áp như hình 1.7 a làm ví dụ.



Hình 1.26: Sơ đồ của máy biến áp tự ngẫu một pha nói thuận, a. Tăng áp b. Giảm áp

Với cách nối dây như vậy, công suất truyền tải qua máy biến áp tự ngẫu gồm hai phần một phần qua từ trường của lõi thép và một phần truyền dẫn trực tiếp. Giống như đối với máy biến áp hai dây quấn, dung lượng thiết kế máy biến áp tự ngẫu  $S_{tk}$ , tức là dung lượng truyền qua từ trường bằng:

$$S_{tk} = E_1 I_1 = E_2 I_2 \quad (1.57)$$

Và tỉ số biến đổi của máy biến áp tự ngẫu:

$$\frac{U_1}{U_2} \approx \frac{E_1}{E_2} = \frac{I_2}{I_1} = k \quad (1.58)$$

Trên thực tế, lúc vận hành dung lượng truyền tải của máy biến áp tự ngẫu bằng (bỏ qua tổn hao trong máy biến áp):

$$S_{tt} = U_{CA} I_{CA} = U_{HA} I_{HA} \quad (1.59)$$

Và tỉ số biến đổi điện áp của lưới điện:

$$\frac{U_{CA}}{U_{HA}} = \frac{I_{HA}}{I_{CA}} = k' \quad (1.60)$$

Như vậy, ta có:

$$\frac{S_{tk}}{S_{tt}} = \frac{E_2 I_2}{U_{CA} I_{CA}} = \frac{(U_{CA} - U_{HA}) I_{CA}}{U_{CA} I_{CA}} = 1 - \frac{1}{k'} \quad (1.61)$$

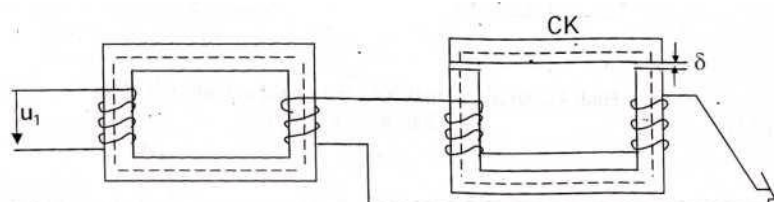
Từ (1.60), ta thấy nếu  $k'$  càng gần bằng 1 thì càng có lợi, vì  $S_{tk}$  càng nhỏ so với công suất truyền tải  $S_{tt}$ , điều đó có nghĩa là máy biến áp tự ngẫu kinh tế hơn so với máy biến áp hai dây quấn về mặt chế tạo khi điện áp phía cao áp và hạ áp khác nhau không nhiều.

Người ta đã chứng minh được trong vận hành, tổn hao công suất trong máy biến áp tự ngẫu cũng nhỏ hơn điện áp ngắn mạch của máy biến áp tự ngẫu cũng nhỏ hơn máy biến áp hai dây quấn có cùng dung lượng và do đó độ thay đổi điện áp  $\Delta U$  hay

điện áp rơi trong máy biến áp tự ngẫu cũng nhỏ hơn. Tuy nhiên dòng ngắn mạch của nó sẽ tăng lên tương ứng.

### 1.2.6.3 Máy biến áp hàn

Các máy biến áp hàn được chia thành nhiều loại có cấu tạo và đặc tính khác nhau tùy theo phương pháp hàn (hồ quang, hàn điện...), ở đây ta chỉ xét đến loại máy biến áp hàn hồ quang có nguyên lý cấu tạo như hình vẽ 1.27



Hình 1.27: Máy biến áp hàn hồ quang làm việc có cuộn kháng

Các máy biến áp hàn hồ quang được chế tạo sao cho có đặc tính ngoài  $U_2(I_2)$  rất dốc để hạn chế được dòng ngắn mạch và đảm bảo cho hồ quang được ổn định. Để thực hiện được yêu cầu đó, thì tổng trở ngắn mạch của máy biến áp hàn phải lớn, muốn vậy các cuộn dây sơ cấp, thứ cấp của máy biến áp hàn phải được đặt lên các phần khác nhau của lõi thép và lõi thép có kết cấu dài. Ngoài ra để tăng điện kháng và điều chỉnh được dòng điện hàn, người ta nối thêm vào cuộn thứ cấp một cuộn cảm phụ có điện kháng thay đổi được bằng cách thay đổi khe hở không khí  $\delta$  của lõi thép cuộn cảm.

Máy biến áp hàn hồ quang thường có điện áp không tải bằng 60 đến 75V và điện áp ở tải định mức bằng 30V. Công suất thông thường vào khoảng 20 kVA và nếu dùng cho hàn tự động thì có thể tới hàng 100 kVA.

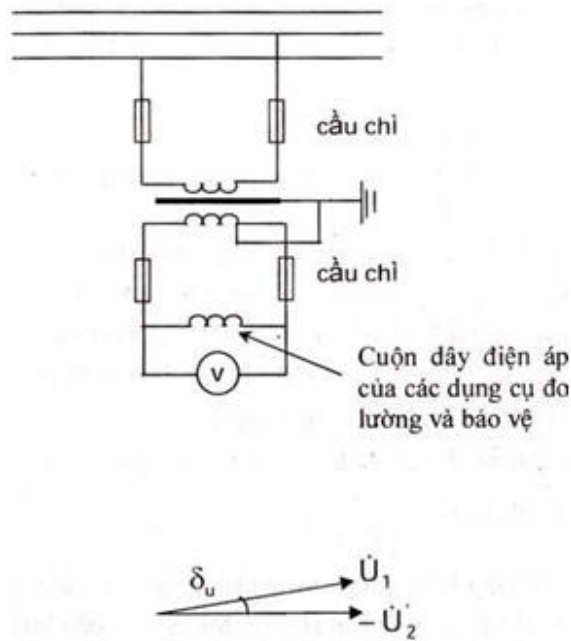
### 1.2.6.4 Máy biến áp đo lường

- Máy biến điện áp

Máy biến điện áp dùng để biến đổi điện áp cao xuống giá trị nhỏ phù hợp với các dụng cụ đo lường và bảo vệ tiêu chuẩn. Ngoài ra còn cách ly các dụng cụ này với điện áp cao của lưới điện. Thường điện áp định mức của các máy biến điện áp là 100V (đôi khi là  $100/\sqrt{3}$  V).

+ Về cấu tạo, nguyên lý làm việc và các quan hệ điện từ thì máy biến điện áp không khác gì máy biến áp điện lực, chỉ khác ở cấp chính xác.

+ Sơ đồ đấu dây của một máy biến điện áp một pha như hình



Hình 1.28: Sơ đồ đấu dây của một máy biến điện áp một pha

Cuộn dây sơ cấp được nối song song với lưới điện điện áp cao qua cầu chì bảo vệ cao áp, cuộn dây thứ cấp cấp nguồn cho các thiết bị đo lường và bảo vệ qua cầu chì hạ áp là các cuộn dây điện áp của các dụng cụ đo lường và bảo vệ tổng trở  $z$  của những dụng cụ này rất lớn nên máy biến điện áp làm việc ở trạng thái gần như không tải, điện áp rơi trong, máy nhỏ, do đó sai số về trị số điện áp:

$$\Delta u\% = \frac{\frac{w_1}{w_2} U_2 - U_1}{U_1} 100 \text{ và sai số về góc } \delta_U \text{ giữa } U_1 \text{ và } (-U_2) \text{ đều nhỏ.}$$

Tuỳ theo mức độ sai số máy biến điện áp có các cấp chính xác 0,5 ; 1; 3 nghĩa là  $\Delta U\%$  tương ứng bằng  $\pm 0,5\%$ ,  $\pm 1\%$ ,  $\pm 3\%$  và  $\delta_U$  tương ứng bằng  $\pm 20'$ ,  $\pm 40'$  (cấp 3 không có quy định tiêu chuẩn về  $\delta_U$ ).

Khi sử dụng máy biến điện áp chú ý không được nối tắt mạch thứ cấp, vì như vậy sẽ tương đương với nối tắt mạch sơ cấp, nghĩa là gây sự cố ngắn mạch ở lưới điện.

- Máy biến dòng điện

Máy biến dòng điện (BI) hay biến dòng là thiết bị điệndùng để biến đổi dòng điện có trị số lớn xuống dòng điện nhỏ có trị số tiêu chuẩn 5A hoặc 1A để cung cấp cho các mạch đo lường, điều khiển và bảo vệ.

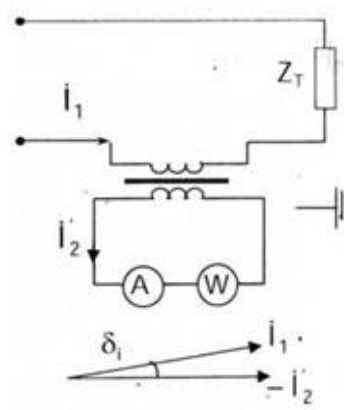
Về cấu tạo: máy biến dòng cũng gồm có lõi thép dẫn từ và các cuộn dây sơ cấp, thứ cấp được quấn trên lõi thép. Trong đó dây quấn sơ cấp gồm ít vòng dây (một vài

vòng) và nối nối tiếp với mạch điện cần đo dòng điện, còn dây quấn thứ cấp gồm nhiều vòng dây hơn được mắc nối tiếp với amperemét hoặc với các cuộn dây dòng điện của các dụng cụ đo lường (như wattmet) và bảo vệ như hình 1.27.

Tổng trở  $Z$  của những dụng cụ này rất nhỏ và trạng thái làm việc của máy biến dòng điện là trạng thái ngắn mạch, lõi thép không bão hòa, mật độ từ cảm trong lõi thép bé (0,06 đến 0,1 T) và lo gần bằng  $I_0$ , do đó các sai số

$$\text{đo lường về trị số bằng: } \Delta i\% = \frac{w_1 I_2 - I_1}{I_1} 100$$

và sai số về góc  $\delta_i$



Hình 1.29: Sơ đồ đấu dây của một máy biến dòng điện một pha

(Hình 1.27) cũng sẽ nhỏ. Tùy theo mức độ sai số máy biến dòng điện có các cấp chính xác 0,2 ; 0,5 ; 1 ; 3 ; 10, nghĩa là  $\Delta i\%$  tương ứng bằng  $\pm 0,2\%$ ,  $\pm 0,5\%$ ,  $\pm 1\%$ ,  $\pm 3\%$ ,  $\pm 10\%$  và  $\delta_i$  tương ứng bằng  $\pm 10'$ ,  $\pm 40'$ ,  $\pm 80'$  (cấp 3 và 10 không có quy định tiêu chuẩn về  $\delta_i$ ).

Khi sử dụng biến dòng chú ý không được để dây quấn thứ cấp hở mạch vì như vậy dòng điện từ hóa rất lớn ( $I_0=I_1$ ), lõi thép bị bão hòa nghiêm trọng sẽ nóng lên và làm cháy dây quấn. Hơn nữa khi bão hòa, từ thông bằng đầu sẽ sinh ra sức điện động nhọn đầu, do đó ở đầu dây quấn thứ cấp có thể xuất hiện điện áp cao hàng nghìn vôn, không an toàn cho người sử dụng.

### CÂU HỎI CUỐI BÀI

- Câu 1: Trình bày cách tiến hành thí nghiệm không tải của máy biến áp?
- Câu 2: Trình bày cách tiến hành thí nghiệm ngắn mạch của máy biến áp?
- Câu 3: Trình bày cấu tạo của máy biến áp 3 dây quấn?
- Câu 4: Trình bày cấu tạo của máy biến áp tự ngẫu?
- Câu 5: Trình bày tác dụng của máy biến áp đo lường?

## BÀI TẬP CUỐI CHƯƠNG 1

Bài 1: Vẽ sơ đồ nối dây quấn tương ứng với tổ nối dây Y/Y<sub>2,4,6,8,10,12</sub>?

Bài 2: Vẽ sơ đồ nối dây quấn tương ứng với tổ nối dây Y/Δ<sub>1,3,5,7,9,11</sub>?

Bài 3: Cho một máy biến áp ba pha có các số liệu:  $S_{đm}=5600\text{kVA}$ ,  $U_1/U_2=35000/6600\text{ V}$ ,  $I_1/I_2=92,5/490\text{ A}$ ,  $P_0=18,5\text{ kW}$ ,  $i_0=4,5\%$ ,  $u_n=7,5\%$ ,  $P_n=57\text{kW}$ ,  $f=50\text{Hz}$ , Y/Δ-11. Hãy xác định các tham số lúc không tải  $z_0, r_0, x_0$ .

Bài 4: Cho một máy biến áp ba pha có các số liệu:  $S_{đm}=5600\text{kVA}$ ,  $U_1/U_2=35000/6600\text{ V}$ ,  $I_1/I_2=92,5/490\text{ A}$ ,  $P_0=18,5\text{ kW}$ ,  $i_0=4,5\%$ ,  $u_n=7,5\%$ ,  $P_n=57\text{kW}$ ,  $f=50\text{Hz}$ , Y/Δ-11. Hãy xác định các tham số ngắn mạch  $z_n, r_n, x_n$ .

Bài 5: Một máy biến áp một pha 5KVA,  $E_1/E_2 = 240/120\text{V}$ ,  $R_1 = 0,06\Omega$ ,  $X_1 = 0,18\Omega$ ,  $R_2 = 0,015\Omega$ ,  $X_2 = 0,045\Omega$ . Điện trở tương ứng với tổn hao mạch từ  $R_m = 1200\Omega$ , điện kháng từ hóa  $X_m = 400\Omega$ . Hãy quy đổi các đại lượng thứ cấp về sơ cấp và vẽ sơ đồ tương đương của máy biến áp trên

Bài 6: Trong trạm biếp áp phân phối có đặt máy biến áp 3 pha. Trên nhãn MBA ghi: 560kVA, 35/0,4 kV,  $P_0=1060\text{W}$ ,  $P_n=5470\text{W}$ ,  $U_n\%=5$ ,  $I_0\%=1,5$ ; Y/Y0-12;  $\pm 5\%$ . Hãy giải thích ý nghĩa của các thông số ghi trên nhãn của MBA trên.

Bài 7: Một MBA ba pha nối Y/Δ có  $S_{đm}=60\text{ KVA}$ ;  $U_{1đm}=35\text{KV}$ ;  $U_{2đm}=400\text{V}$ ;  $I_0\% = 11\%$ ,  $U_n\%=4,55\%$ ;  $P_0=502\text{ W}$ ,  $P_n=1200\text{W}$ . Hãy tính:

a, Dòng điện định mức sơ cấp và thứ cấp, dòng điện không tải

b, Hệ số công suất không tải, điện áp ngắn mạch  $U_n$ , hệ số công suất ngắn mạch cực đại

Bài 8: Hãy giải thích tại sao khi tải của MBA thay đổi thì điện áp ra trên cực của MBA sẽ thay đổi tùy theo tính chất của phụ tải? Hãy cho biết trong thực tế muốn thay đổi điện áp ra của MBA điện lực người ta thường dùng phương pháp nào? Tại sao?

Bài 9: Cho một máy biến áp ba pha có các số liệu:  $S_{đm}=6600\text{kVA}$ ,  $U_1/U_2=40000/6600\text{ V}$ ,  $I_1/I_2=92,5/490\text{ A}$ ,  $P_0=20,5\text{ kW}$ ,  $i_0=4,5\%$ ,  $u_n=7,5\%$ ,  $P_n=60\text{kW}$ ,  $f=50\text{Hz}$ , Y/Δ-11.

Hãy xác định các thành phần của điện áp ngắn mạch.

Bài 10: Một máy biến áp một pha 200KVA, 6000/400V, 50Hz có 80 vòng dây quấn thứ cấp. Hãy tính

a. Giá trị dòng điện sơ cấp và thứ cấp

b. Số vòng dây quấn sơ cấp.

Bài 11: Một máy biến áp một pha lý tưởng (không bị sụt áp, không tổn hao, dòng điện không tải bằng không) 20kVA, 1200V/120V. Nếu máy cấp cho tải 12kW có hệ số công suất bằng 0,8; tính dòng sơ cấp và thứ cấp?



## CHƯƠNG II: MÁY ĐIỆN MỘT CHIỀU

### *Nội dung chính của chương*

Nội dung chính của chương II trình bày về nguyên lý làm việc, kết cấu cơ bản của máy điện một chiều. Và dây quấn, các quan hệ điện từ trong máy điện một chiều

### *Mục tiêu cần đạt được của chương*

Giúp sinh viên nắm được nguyên lý làm việc và kết cấu cơ bản của máy điện một chiều, Hiểu rõ về dây quấn và các quan hệ điện từ trong máy điện một chiều, quá trình năng lượng và các phương trình cơ bản. Phân biệt được giữa Máy phát và Động cơ điện một chiều.

### **Bài 4: Nguyên lý làm việc, kết cấu cơ bản và dây quấn của máy điện một chiều (Số tiết: 03 tiết) [2]; [3]; [5].**

#### **2.1 Máy điện một chiều**

##### *2.1.1 Nguyên lý làm việc và kết cấu cơ bản*

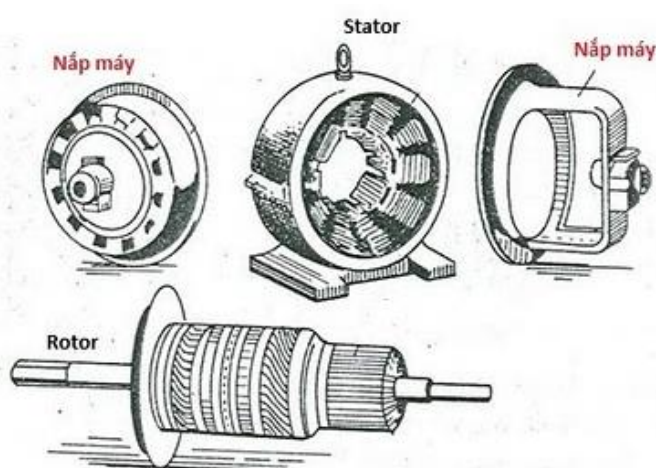
##### *2.1.1.1 Cấu tạo của máy điện một chiều*

Kết cấu máy điện một chiều gồm hai phần chính là: Phần tĩnh và phần quay:

- Phần tĩnh (Stato)

a, Cực từ chính: (Là bộ phận để sinh ra từ thông kích từ)

Cực từ chính và dây quấn kích từ: (Là bộ phận để sinh ra từ thông kích thích)



*Hình 2.1: Cấu tạo của máy điện một chiều*

b, Cực từ phụ

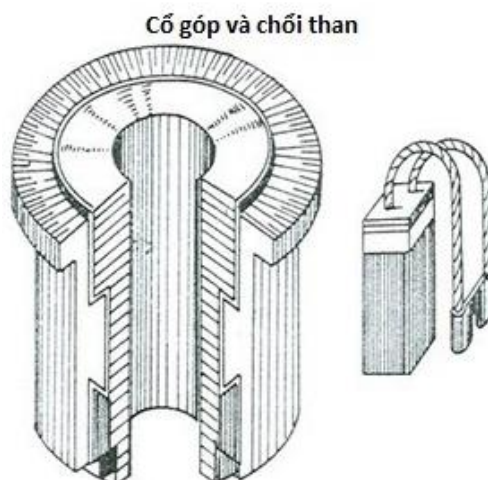
Đặt giữa các cực từ chính, dùng để cải thiện đổi chiều.

c, Gông từ vừa làm mạch từ nối liền giữa các cực từ vừa là vỏ máy

d) Cốc bộ phận khác: như nắp máy để bảo vệ an toàn cho người và thiết bị. Cơ cấu

chổi than để đưa dòng điện từ phần quay ra mạch ngoài.

Hình vẽ stato, rôto, nắp, cổ góp.



Hình 2.2: Cổ góp và chổi than của máy điện một chiều

- Phần động (Rôto)

a, Lõi sắt phần ứng: Dùng để dẫn từ.

+ ) Với các máy công suất vừa và lớn người ta đặt lỗ thông gió dọc trục.

+ ) Với các máy điện công suất lớn theo hướng dọc trục còn để rãnh thông gió ngang trục.

b, Dây quấn phần ứng:

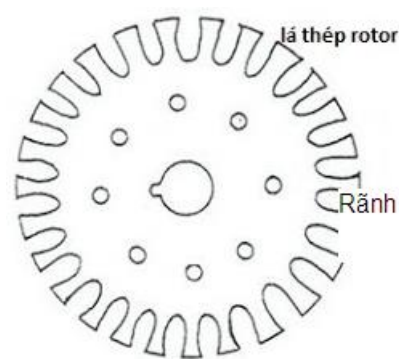
Là phần cảm ứng ra sức điện động và có dòng điện chạy qua.

+ ) Dây quấn thường làm bằng đồng có bọc cách điện. Để tránh khi quay dây quấn bị văng ra miệng rãnh thường được nẹp chặt bằng tre, gỗ phíp và đầu dây quấn được đai chặt.

+ ) Với các MĐ công suất nhỏ dây quấn có tiết diện tròn, còn máy có công suất vừa và lớn dây quấn có tiết diện hình chữ nhật.

c, Vành đổi chiều (Vành góp)

Gồm các phiến góp bằng hợp kim của đồng ghép cách điện với nhau thành hình trụ tròn. Vành góp kết hợp với chổi than có tác dụng biến đổi dòng xoay chiều thành dòng một chiều.



Hình 2.3: Phần động (Rôto)

d, Các bộ phận khác

+ Cánh quạt: Dùng làm mát

+ Trục máy: Gắn lõi sắt phần ứng, cổ góp, cánh quạt và ổ bi. Trục làm thép các bon tốt.

### 2.1.1.2 Nguyên lý làm việc

Xét cấu tạo điện một chiều đơn giản như sau:

Phần tĩnh: Gồm một hệ thống có hai cực từ N và S làm nhiệm vụ tạo ra từ thông chính hướng từ N tới S.

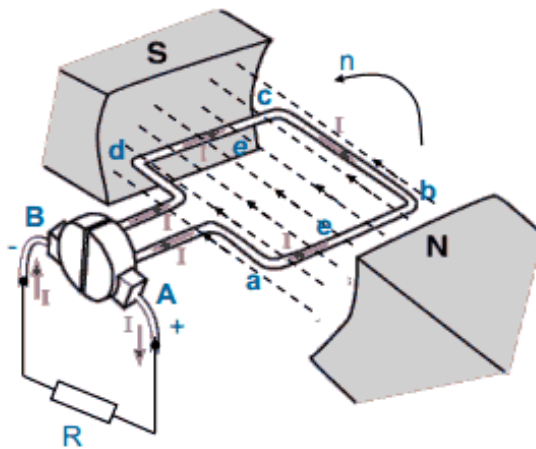
Phần động: Gồm khung dây quay a,b,c,d đặt từ trường của phần tĩnh.

**Chế độ máy phát:** dùng cơ năng quay khung dây, các thanh dẫn của khung dây chuyển động cắt từ trường và cảm ứng trong nó sức điện động. Trị số sức điện động trong từng thanh dẫn ab và cd được xác định như sau:  $e = B.l.v$

Trong đó: B là trị số cảm ứng từ ở nơi thanh dẫn quét qua.

l: là chiều dài thanh dẫn nằm trong từ trường và thẳng góc với từ trường.

v: là vận tốc dài của thanh dẫn



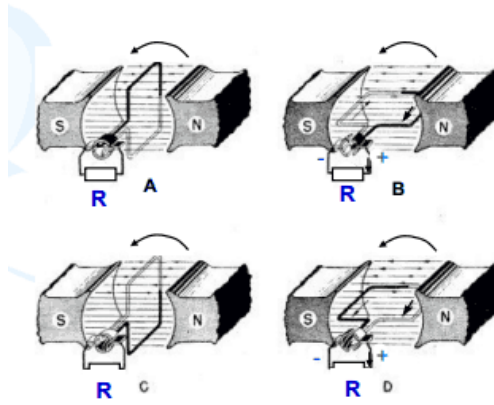
Hình 2.4: Nguyên lý làm việc của máy điện một chiều

Chiều sức điện động được xác định theo quy tắc bàn tay phải. Sức điện động và dòng điện xoay chiều cảm ứng trong thanh dẫn đã được chỉnh lưu thành sức điện động và dòng một chiều ở mạch ngoài nhờ hệ thống vành góp và chổi than.

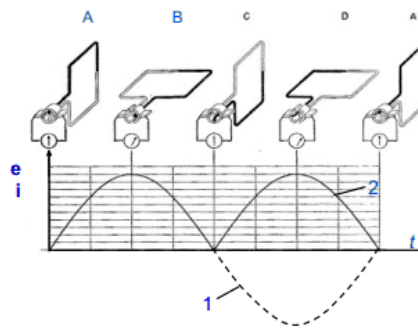
Khi mạch ngoài có tải trong khung dây sẽ có dòng điện. Tương tự giữa từ trường và dòng điện trong thanh dẫn sẽ sinh ra lực điện từ.

$$F_{dt} = B.i.L \quad (2.1)$$

Chiều được xác định theo bàn tay trái.



Hình 2.5: Vị trí của khung dây ở các thời điểm khác nhau

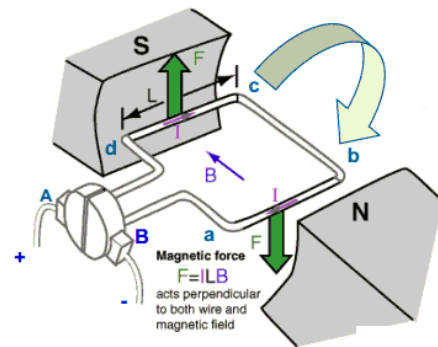


Hình 2.6: Sức điện động trong khung dây và dòng điện

Momen điện từ sinh ra ngược với chiều quay phần động nên nó được gọi là M hãm:

$$M_{dt} = F_{dt} \cdot D = B \cdot i \cdot l \cdot D \quad (2.2)$$

**Chế độ động cơ:** Nếu đặt điện áp một chiều vào khung dây thông qua chổi than, trong khung dây sẽ có dòng điện. Tương tác giữa các từ trường nam châm và dòng điện trong thanh dẫn sẽ sinh ra lực điện từ và mo men, có tác dụng làm khung dây quay. Chiều lực điện từ, momen quay được xác định theo quy tắc bàn tay trái.



Hình 2.7: Chiều lực điện từ

Ở chế độ động cơ  $M_{dt}$  cùng chiều với chiều quay phần động. Chiều sức điện động cảm ứng trong thanh dẫn ngược chiều với chiều dòng điện

### 2.1.1.3 Các lượng định mức

+ Công suất định mức:  $P_{dm}$  (KW)

- + Điện áp định mức:  $U_{dm}$  (V)
- + Dòng điện định mức  $I_{dm}$  (A)
- + Tốc độ quay định mức (v/ph hoặc  $\omega$ )
- + Hiệu suất...

## 2.1.2 Dây quấn máy điện một chiều.

### 2.1.2.1 Nhiệm vụ và phân loại

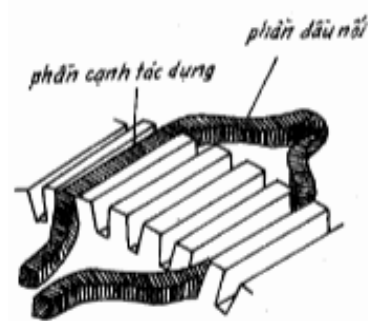
Cảm ứng được 1 sức điện động cần thiết, có thể cho 1 dòng điện nhất định chạy qua dài hạn mà không bị nóng quá 1 nhiệt độ nhất định. Sinh ra 1 mômen cần thiết đồng thời đảm bảo đổi chiều tốt, cách điện tốt, làm việc chắc chắn, an toàn.

Ngoài ra dây quấn còn phải đảm bảo độ bền cơ, nhiệt, điện theo yêu cầu sử dụng. Tiết kiệm vật liệu, kết cấu đơn giản.

### 2.1.2.2 Cấu tạo dây quấn phần ứng

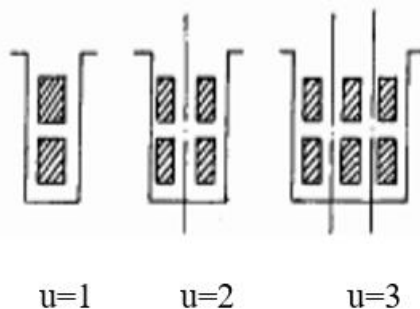
Dây quấn phần ứng gồm nhiều phần tử nối với nhau theo 1 quy luật nhất định. Phần tử dây quấn là một bó dây gồm một hay nhiều vòng dây mà hai đầu vào của nó nối vào hai phiến góp. Các phần tử nối với nhau thông qua phiến góp và làm thành các mạch vòng kín.

+ Rãnh thực và rãnh nguyên tố : Nếu một trong rãnh phần ứng ( rãnh thực) chỉ đặt hai cạnh tác dụng ( dây quấn 2 lớp) thì rãnh đó là rãnh nguyên tố. Còn nếu trong một rãnh thực có  $2u$  cạnh với  $u=1,2,3\dots$  thì rãnh thực đó chia thành  $u$  rãnh nguyên tố.



Hình 2.8: Cấu tạo dây quấn phần ứng

- Quan hệ giữa rãnh thực  $Z$  và rãnh nguyên tố  $Z_{nt}$ :  $Z_{nt} = u.Z$
- Quan hệ giữa số phần tử của dây quấn  $S$  và số phiến góp  $G$ :  $S=G$ .



Hình 2.9: U rãnh nguyên tố

### 2.1.2.3 Phân loại dây quấn

Dây quấn phần ứng có thể phân thành các loại chủ yếu sau:

- + Dây quấn xếp đơn và dây quấn phức tạp.
- + Dây quấn sóng đơn và dây quấn sóng phức tạp.

Trong 1 số trường hợp còn dùng dây quấn hỗn hợp: kết hợp cả dây quấn xếp và dây quấn sóng. Tùy theo kích thước các phần tử mà người ta chia dây quấn có phần tử đồng đều và dây quấn theo cấp.

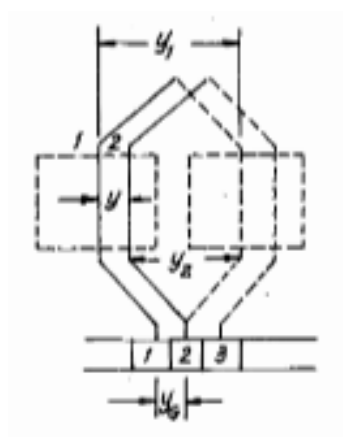
### 2.1.2.4 Các bước dây quấn.

Bước dây quấn thứ nhất  $y_1$

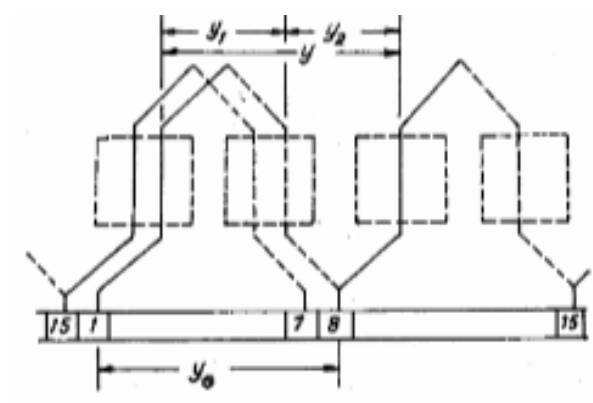
Bước dây quấn thứ hai  $y_2$

Bước dây tổng hợp  $y$

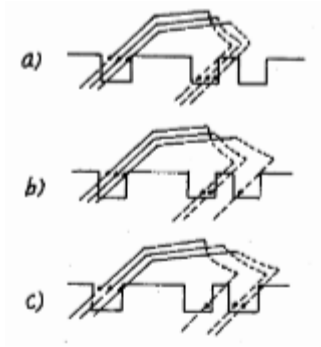
Bước vành góp  $y_G$



Hình 2.10: Dây quấn dạng xếp



Hình 2.11: Dây quấn dạng sóng



Hình 2.12: Dây quấn đồng đều và dây quấn theo cấp

### 2.1.2.5 Dây quấn xếp đơn

- Bước cực và các bước dây quấn.

a, Bước cực  $\tau$  : là khoảng cách giữa hai trục cực kề nhau xác định bằng số rãnh nguyên tố:

$$\tau = \frac{\pi \cdot D_u}{2p} = \frac{Z_{nt}}{2p} \quad (2.3)$$

Trong đó:  $D$  là đường kính phần ứng,  $\tau$  là bước cực,  $p$  là số đôi cực

b, Các bước dây quấn

Bước dây quấn thứ nhất  $y_1$ :  $y_1 = \tau \pm \varepsilon$

Trong đó:  $\varepsilon$  là 1 số hoặc phân số để  $y_1$  là số nguyên, thường  $\varepsilon < 1$ .

+ Nếu  $y_1 = \frac{Z_{nt}}{2p}$  ta có dây quấn bước đủ.

+ Nếu  $y_1 > \frac{Z_{nt}}{2p}$  ta có dây quấn bước dài.

+ Nếu  $y_1 < \frac{Z_{nt}}{2p}$  ta có dây quấn bước ngắn.

Dây quấn thường được thực hiện theo bước ngắn hơn vì đỡ tổn đồng hơn.

+ Bước dây quấn tổng hợp và bước vành góp: Đặc điểm của dây quấn xếp đơn là 2 đầu của một phần tử nối với hai phiến góp kề nhau nên:  $y_G = y = 1$ .

+ Bước dây quấn thứ hai  $y_2$ :

Trong dây quấn xếp đơn  $y_1 = y_2 + y$ ;  $y_2 = y_1 - y$ .

- Sơ đồ triển khai

Xét 1 ví dụ cụ thể: Thành lập giản đồ khai triển dây quấn MĐMC có:

$$Z_{nt} = S = G = 16, 2p = 4. \quad (2.4)$$



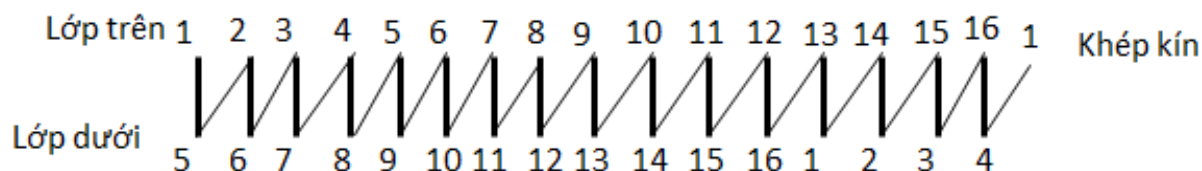
a, Tính bước cực và các bước dây quấn:

$$\text{Bước cực} \quad \tau = Z_m / 2p = 4$$

$$\text{Chọn } y_1=4 \text{ (Bước đủ)} \quad y_2 = y_1 - y = 4 - 1 = 3; \quad y = y_G = 1$$

b, Thứ tự nối các phần tử:

Nếu đặt cạnh tác dụng 1 của phần tử thứ nhất ở lớp trên của rãnh 1 thì căn cứ vào bước dây quấn ta có thể nối các phần tử để thực hiện dây quấn như sau:



Hình 2.13: Thứ tự nối các phần tử dây quấn xếp đơn

c, Giản đồ khai triển

Gia sử tại thời điểm khảo sát phần tử thứ nhất nằm trên đường trung tính hình học (đó là đường thẳng trên bề mặt phần ứng mà chỉ dọc theo nó cảm ứng từ bằng 0).

Trình tự thực hiện:

+ Vẽ các cạnh tác dụng nằm trong rãnh (thanh dẫn lớp trên vẽ bằng nét liền lớp dưới vẽ bằng nét đứt)

+ Phân bước cực, quy ước cực từ, quy ước chiều quay phần ứng và xác định chiều dòng điện trong các cạnh tác dụng dây quấn lớp trên.

+ Vẽ phiên góp và đầu dây nối với phiên góp (quy ước đường kính cổ góp bằng đường kính phần ứng)

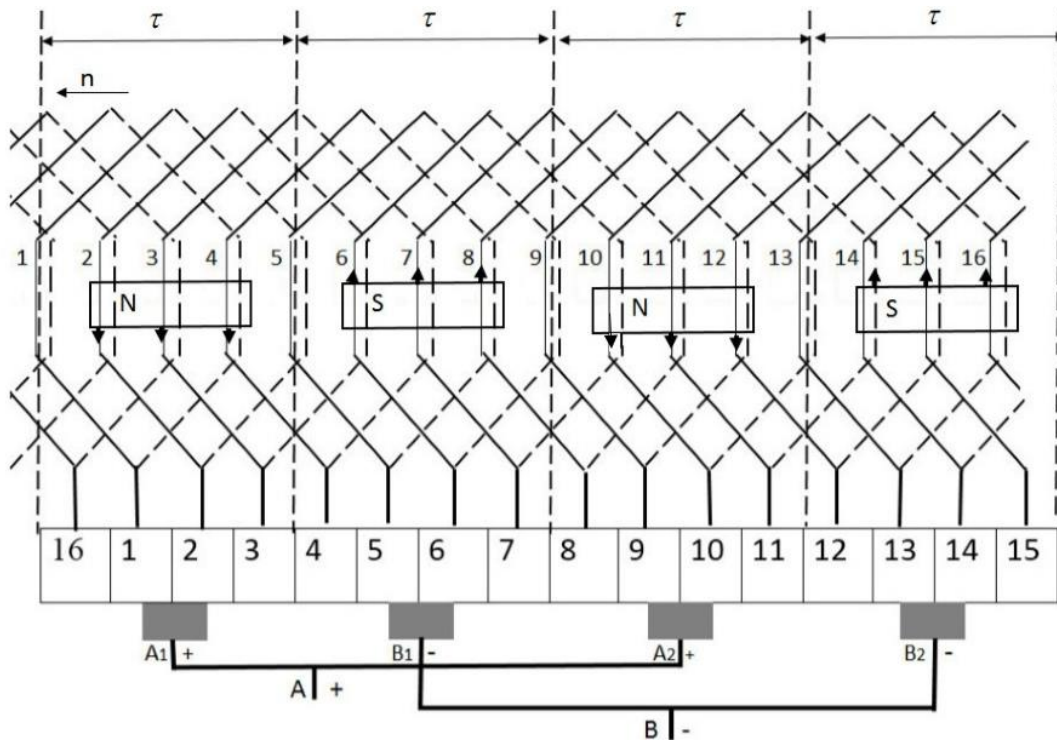
+ Nối các cạnh tác dụng và nối với phiên góp cho các phần tử

+ Xác định vị trí và vẽ chổi than, nối các chổi than cùng cực tính ;

+ Xác định số đôi mạch nhánh song song.

Vẽ giản đồ triển khai.





Hình 2.14: Giản đồ khai triển dây quấn xếp đơn

+ Vị trí của chổi than trên cổ góp phải đối xứng nghĩa là khoảng cách giữa các chổi than phải bằng nhau. Chiều rộng chổi than lấy bằng 1 phiên đổi chiều.

+ Chổi than phải đặt ở vị trí nào đó để dòng điện trong phần tử bị chổi than ngắn mạch là nhỏ nhất và sức điện động lấy ra ở hai đầu chổi than là lớn nhất. Như vậy vị trí của chổi than trên cổ góp là trùng với cực từ.

- Xác định số đôi mạch nhánh

Nhìn từ ngoài vào dây quấn phần ứng có thể biểu thị bằng sơ đồ sau:

Ta thấy dây quấn là 1 mạch điện gồm 4 mạch nhánh song song hợp lại.

Kết luận: Ở dây quấn xếp đơn nếu máy có  $2p$  cực thì sẽ có  $2p$  mạch nhánh song song: số đôi mạch nhánh  $a = p$

Nếu dây quấn xếp thỏa mãn 2 điều kiện: chổi than nằm trên đường trung tính hình học và hệ thống mạch từ đối xứng thì sức điện động các nhánh bằng nhau và đạt giá trị lớn nhất.

#### 2.1.2.6 Dây quấn xếp phức tạp

a, Bước dây quấn

Đặc điểm của dây quấn xếp phức tạp khác dây quấn xếp đơn là  $y_G = m$  ( với  $m=2,3,4\dots$ ). Thông thường chỉ dùng  $m=2$  trong những máy có công suất thật lớn mới dùng  $m > 2$

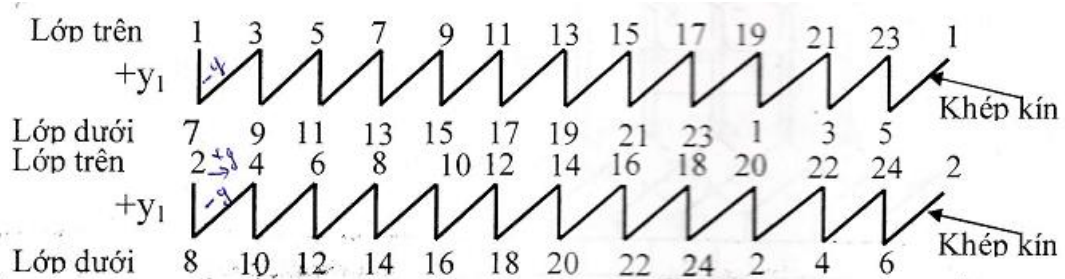
Ví dụ: xét dây quấn xếp phức tạp ta có :  $y_G=m=2$ ;  $2p=4$ ;  $Z_{nt}=S=G=24$

Bước cực và bước dây quấn:

$$\text{Bước cực: } \tau = \frac{Z}{2p} = \frac{24}{4} = 6$$

Chọn  $y_1=6$  (dây quấn bước đủ)  $y_G=y_2$      $y_2=y_1-y_1=6-2=4$

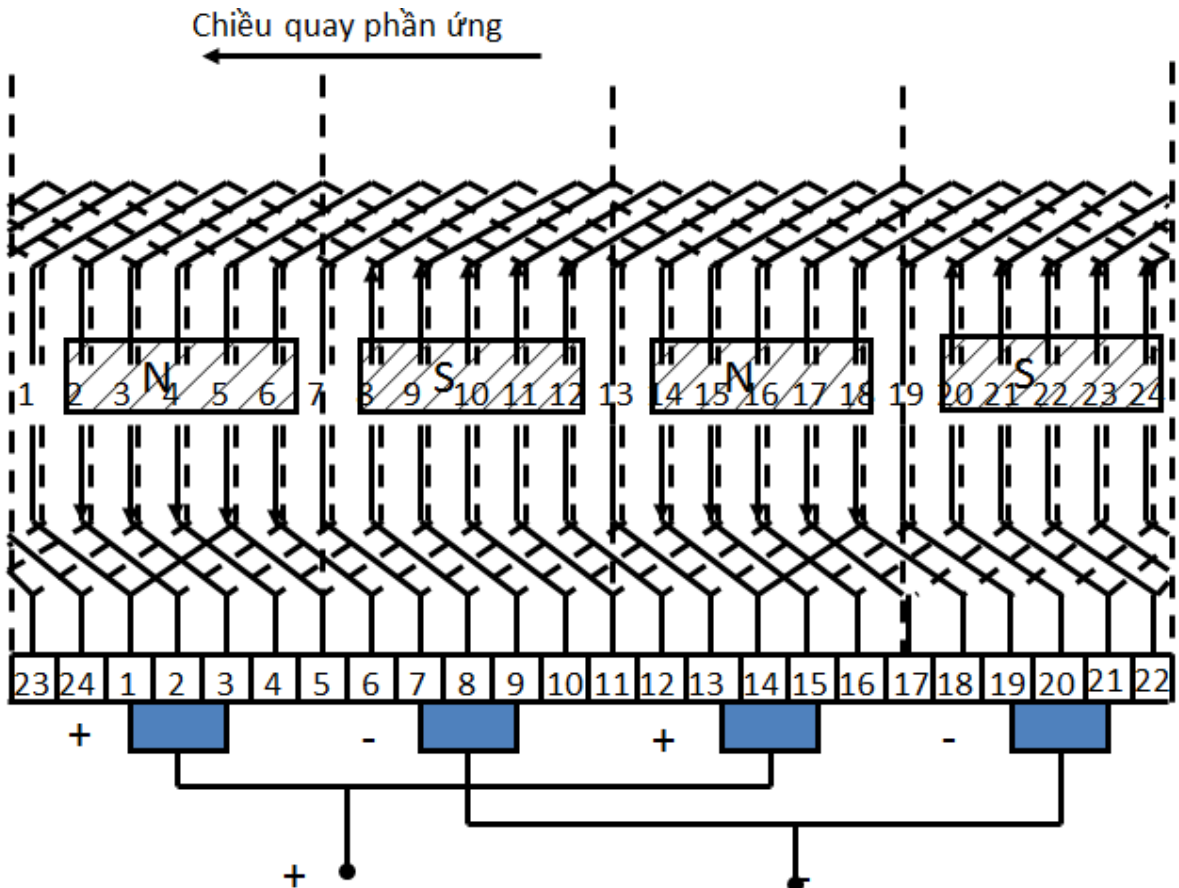
b, Trình tự nối các phần tử



Hình 2.15: Trình tự nối các phần tử dây quấn xếp phức tạp

Ta thấy: dây quấn này như gồm 2 dây quấn xếp đơn độc lập hợp lại thành

c, Giản đồ triển khai dây quấn



Hình 2.16: Giản đồ triển khai dây quấn dây quấn xếp phức tạp

Cách bố trí các cực từ và chổi điện như dây quấn xếp đơn. Chỉ khác là bề rộng

chỗ điện ít nhất bằng hai lần bề rộng phiên góp để có thể lấy điện đồng thời ở hai dây quấn ra.

Chú ý: Trong những trường hợp dây quấn phức tạp trên, như gồm 2 dây quấn đơn độc lập: Một dây gồm các phần tử và phiên góp lẻ, còn dây kia là các phần tử và phiên góp chẵn. Dây quấn này được gọi là dây quấn xếp hai mạch kín. Thực tế cũng tồn tại dây quấn xếp phức tạp gồm hai dây quấn xếp đơn giản nhưng không độc lập mà nối tiếp nhau thành một mạch kín. Tuy nhiên số mạch nhánh song song cả hai trường hợp là khác nhau.

Như vậy có thể coi dây quấn xếp phức tạp gồm m dây quấn xếp đơn làm việc song song nhờ chỗ than. Và để lấy điện đồng thời trên các dây quấn đơn thì chỗ than phải có bề rộng  $\geq$  lần phiên góp.

### 2.1.2.7 Dây quấn sóng đơn

- Bước dây quấn:

$$\text{Bước dây quấn thứ nhất } y_1 = \frac{Z_m}{2p} \pm \varepsilon$$

Dây quấn sóng đơn chỉ khác với dây quấn xếp đơn ở  $y_G$ .

Sau khi nối các phần tử quanh phần ứng 1 vòng thì đầu cuối của phần tử thứ p phải nối với phiên góp kề với phiên góp xuất phát. Như vậy số phiên góp mà p phần tử vượt qua là:

$$p \cdot y_G = G \pm 1 \quad \text{nên } y_G = \frac{G \pm 1}{p} \quad (G \text{ là số phiên góp})$$

+ Dấu (+) ứng với dây quấn phải. Dấu (-) ứng với dây quấn trái.

+ Bước dây quấn :  $y_2 = y - y_1 = y_G - y_1$

- Sơ đồ triển khai.

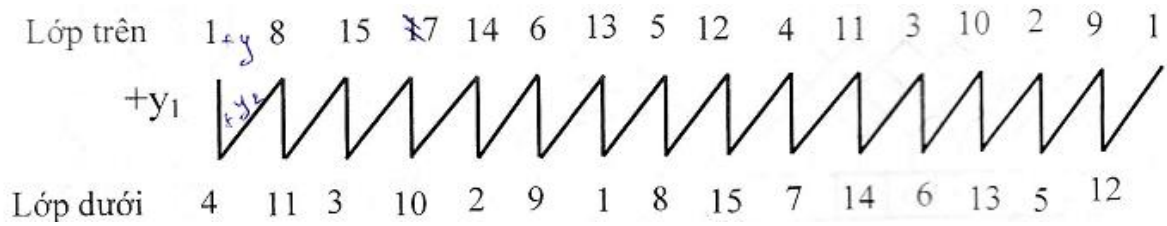
Ví dụ triển khai dây quấn sóng đơn có  $Z_{nt} = S = G = 15$ ;  $2p = 4$

a, Bước cực và các bước dây quấn

$$\text{Bước cực } \tau = Z_{nt} / 2p = 15/4 = 3 + 3/4$$

Bước dây quấn:  $y_1 = 3$  dây quấn bước ngắn :  $y = y_G = 7$  ( dây quấn trái) :  $y_2 = 4$

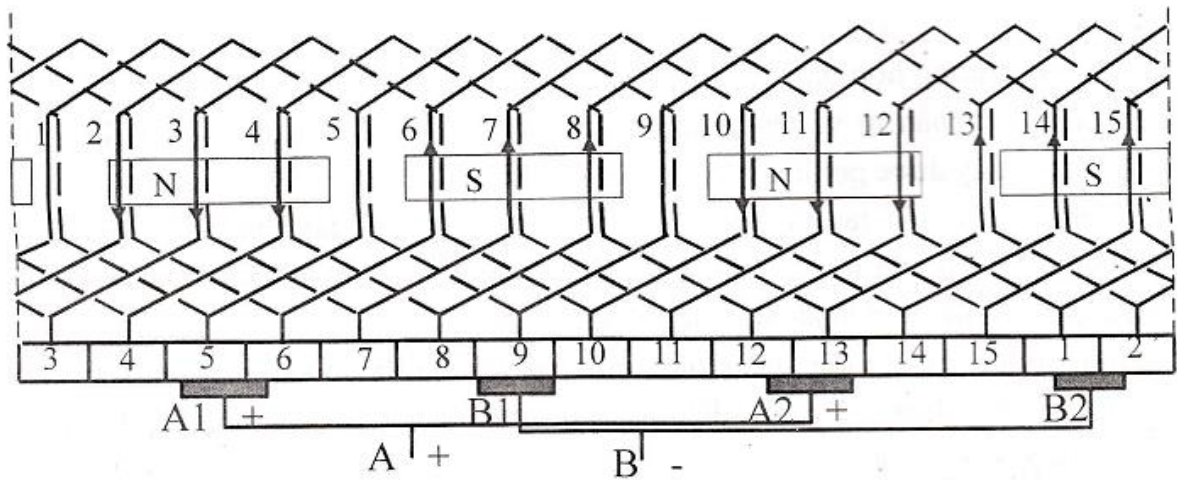
b, Thứ tự nối các phần tử



Hình 2.17: Thứ tự nối các phần tử dây quần sóng đơn

Quy luật nối dây của dây quần sóng đơn là nối tiếp các phần tử dưới các cực có cùng cực tính lại rồi nối với các phần tử ở dưới các cực có tính khác cho đến hết.

c, Giản đồ triển khai dây quần



Hình 2.18: Giản đồ triển khai dây quần dây quần sóng đơn

### 2.1.2.8 Dây quần sóng phức tạp

- Bước dây quần

Cách xác định các bước dây quần tương tự như với dây quần sóng đơn. Riêng

bước vành góp  $y_G = \frac{G \pm m}{p}$

Ví dụ xét dây quần sóng phức tạp:  $m=2$ ;  $2p=4$ ;  $Z_{nt}=18$ .

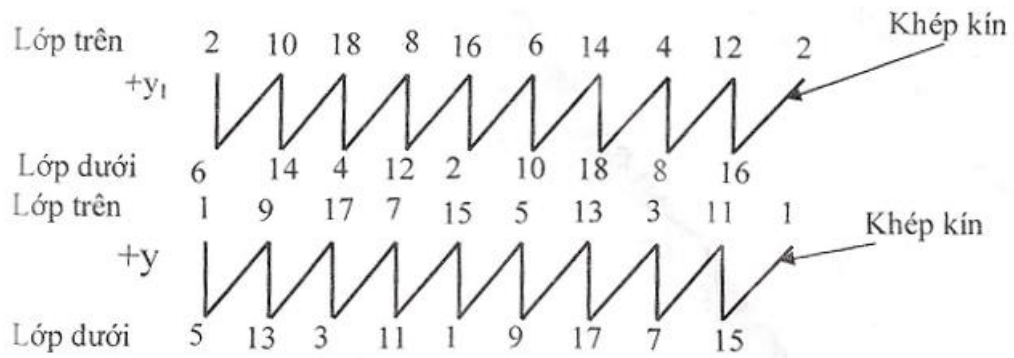
a, Bước cực và bước dây quần

Bước cực  $\tau = Z_{nt}/2p = 18/4 = 4 + 1/2$ .

$$y_G = \frac{G \pm m}{p} = \frac{18 - 2}{2} = 8 \text{ (Dây quần trái)}$$

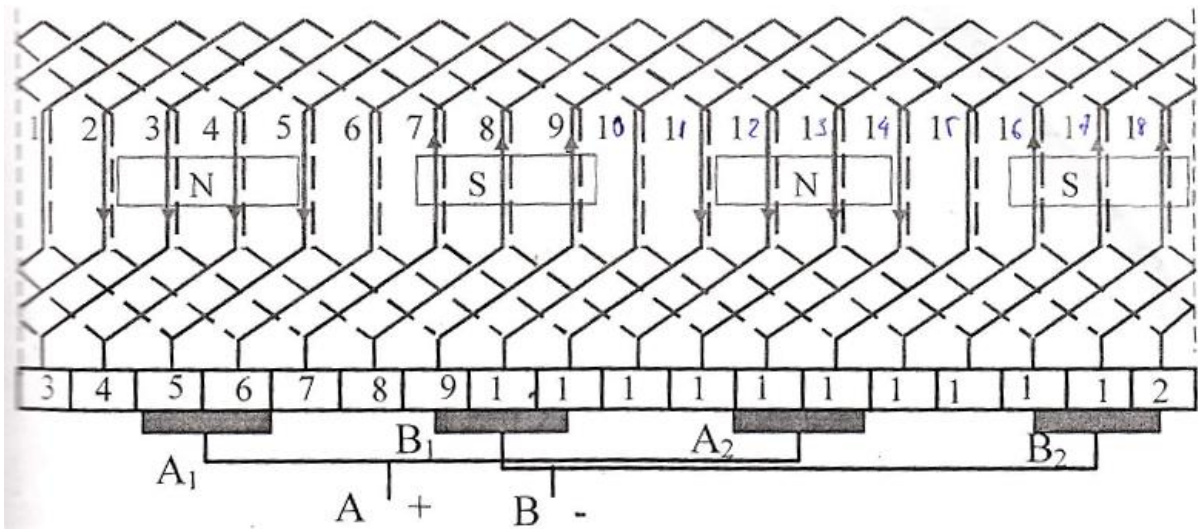
$$y_1 = \frac{Z_{nt}}{2p} \pm \varepsilon = \frac{18 - 2}{4} = 4 \text{ (Dây quần bước ngắn)} \quad y_2 = y - y_1 = 8 - 4 = 4$$

b, Thứ tự nối các phần tử



Hình 2.19: Thứ tự nối các phần tử dây quấn sóng phức tạp

c, Sơ đồ triển khai.



Hình 2.20: Sơ đồ triển khai dây quấn sóng phức tạp

## CÂU HỎI CUỐI BÀI

Câu 1: Trình bày cấu tạo của máy điện một chiều?

Câu 2: Trình bày nguyên lý làm việc của máy điện một chiều ở chế độ máy phát?

Câu 3: Trình bày nguyên lý làm việc của máy điện một chiều ở chế độ động cơ?

Câu 4: Trình bày nhiệm vụ và phân loại của dây quấn máy điện một chiều?

Câu 5: Trình bày cấu tạo dây quấn phản ứng?

Câu 6: Trình bày dây quấn xếp đơn?

Câu 7: Trình bày dây quấn sóng đơn?

## Bài 5: Quá trình năng lượng, các phương trình cơ bản và các quan hệ điện từ trong máy điện một chiều (Số tiết: 03 tiết)

### 2.1.3 Các quan hệ điện từ trong máy điện một chiều

#### 2.1.3.1 Sức điện động dây quấn phần ứng

Khi cho dòng điện kích thích vào dây quấn kích từ trong khe hở sẽ sinh ra từ thông. Khi phần ứng quay với 1 tốc độ nhất định thì trong dây quấn phần ứng sẽ cảm ứng một sức điện có độ lớn phụ thuộc vào từ thông khe hở, tốc độ quay, số thanh dẫn của dây quấn và kiểu dây quấn. Vì dây quấn có 2a mạch nhánh song song nên sức điện động của dây quấn sẽ bằng sức điện động cảm ứng trên 1 mạch nhánh, nghĩa là bằng sức điện động tổng của các thanh dẫn nối tiếp nhau trong một mạch nhánh đó.

Ta có thể tính sức điện động trung bình cảm ứng trong một thanh dẫn có chiều dài l. Chuyển động với vận tốc v trong từ trường bằng:  $e_{tb} = B_{tb} \cdot l \cdot v$

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60} = 2 \cdot \rho \cdot \tau \cdot \frac{n}{60} \quad B_{tb} = \frac{\phi_{\delta}}{\tau \cdot l} \quad (2.5)$$

Với D: là đường kính ngoài phần ứng.

$\tau$  là bước cực, p là số đôi cực, n là tốc độ quay phần ứng (v/phút)

$\phi_{\delta}$  là từ thông khe hở dưới mỗi cực từ ( Wb)

$$e_{td} = \frac{\phi_{\delta}}{\tau \cdot l} \cdot l \cdot 2 \cdot \rho \cdot \tau \cdot \frac{n}{60} = 2 \cdot \rho \cdot \phi_{\delta} \cdot \frac{n}{60} \quad (2.6)$$

Nếu gọi N là tổng số thanh dẫn của dây quấn thì mỗi mạch nhánh song song sẽ có N/2a thanh dẫn nối tiếp nhau, Như vậy sức điện động của máy bằng:

$$E_u = \frac{N}{2a} \cdot e_{td} = \frac{\rho \cdot N}{60a} \cdot \phi_{\delta} \cdot n \quad (2.7)$$

Hay

$$E = C_e \cdot \phi_{\delta} \cdot n \quad (V) \quad (2.8)$$

Trong đó:  $C_e = \frac{\rho N}{60a}$  là hệ số phụ thuộc kết cấu máy và dây quấn.

Từ biểu thức \* ta thấy: Chiều của E phụ thuộc vào chiều của từ thông  $\phi_{\delta}$  và chiều quay của phần ứng và được xác định bằng quy tắc bàn tay phải.

#### **Nhận xét:**

Sức điện động của dây quấn phần ứng máy điện một chiều phụ thuộc vào từ



thông và tốc độ cả về chiều và độ lớn.

Ngoài ra sức điện động còn phụ thuộc vào bước dây quấn. Dây quấn bước ngắn sđđ đều giảm

Sức điện động dây quấn phần ứng cũng phụ thuộc vào vị trí của chổi than trên cổ góp.

### 2.1.3.2 Công suất điện từ, momen điện từ của máy điện một chiều.

- Momen điện từ

Khi máy điện làm việc trong dây quấn phần ứng sec có dòng điện chạy qua. Tác dụng của từ trường cực từ lên dây dẫn mang dòng điện sẽ sinh ra lực điện từ và do đó sinh ra momen điện từ trên trục máy.

Lực điện từ tác dụng lên từng thanh dẫn:

$$f = B_{tb} \cdot l \cdot v \quad (2.9)$$

Nếu gọi N là tổng số thanh dẫn của dây quấn và dòng trong mạch nhánh là :

$i_u = \frac{I_u}{2a}$  thì momen điện từ được sinh ra là :

$$M = 2 \cdot B_{tb} \cdot l \cdot \frac{I_u}{2a} \cdot \frac{D_u}{2} \cdot Na \text{ thay } D = \frac{2\rho\tau}{\pi} \text{ và } B_{tb} = \frac{\phi_\delta}{\tau \cdot l} \quad (2.10)$$

Ta có:

$$M = \frac{\phi_\delta}{\tau \cdot l} \cdot \frac{I}{2a} \cdot \frac{2\rho\tau}{2\pi} \cdot l \cdot N = \frac{pN}{2\pi a} \phi_\delta \cdot I_u \quad (2.11)$$

$$M = C_M \cdot \phi_\delta \cdot I \quad (\text{Nm}) \quad (2.12)$$

Trong đó:  $C_M = \frac{pN}{2a\pi}$  là hệ số phụ thuộc kết cấu máy.

$\phi_\delta$  là từ thông dưới mỗi cực từ (Wb).

- Công suất điện từ

Công suất ứng với momen điện từ (lấy vào với máy phát và đưa ra với động cơ) gọi là công suất điện từ:  $P_{dt} = M \cdot \omega$

$\omega = \frac{2\pi n}{60}$  là tốc độ góc phần ứng

Thay biểu thức của M vào ta có:

$$P_{dt} = \frac{pN}{2\pi a} \cdot \phi_{\delta} \cdot I_u \cdot \frac{2\pi n}{60} = E_u \cdot I_u \quad (2.13)$$

Nhận xét:

Từ công thức này ta thấy được mối quan hệ giữa công suất điện từ và momen điện từ và sự trao đổi năng lượng trong máy điện.

+ Trong chế độ máy phát: Momen điện từ ngược chiều quay với phần ứng nên đóng vai trò là momen hãm. Máy chuyển công suất cơ ( $M \cdot \omega$ ) thành công suất điện ( $E_u I_u$ ).

+ Trong chế độ động cơ: Momen điện từ có tác dụng làm quay phần ứng nên cùng chiều với chiều quay phần ứng. Máy chuyển công suất điện ( $U \cdot I_u$ ) thành công suất cơ ( $M \cdot \omega$ ).

#### 2.1.4 Quá trình năng lượng và các phương trình cơ bản

##### 2.1.4.1 Tổn hao trong máy điện một chiều

a) Tổn hao cơ (pcơ):

Bao gồm tổn hao ở ổ bi, tổn hao ma sát chổi than với vành góp... tổn hao này phụ thuộc vào tốc độ quay của máy làm cho ổ bi, vành góp nóng lên.

b) Tổn hao phụ (pf):

Trong đồng và trong thép đều sinh ra tổn hao phụ. Tổn hao phụ thường khó tính. Ta lấy pf = 1% Pđm

c) Tổn hao sắt (pFe):

Tổn hao do từ trễ, dòng xoáy trong lõi thép gây nên. Tổn hao này phụ thuộc vào vật liệu, chiều dày, trọng lượng lõi thép, từ cảm B và tần số f.

Hai loại tổn hao trên tồn tại ngay cả khi không tải nên gọi là tổn hao không tải:  $P_0 = p_{cơ} + p_{Fe}$ . Tổn hao này sinh ra M hãm ngay cả khi không tải nên gọi là mo men không tải:

$$M_0 = \frac{P_0}{\omega} \quad (2.14)$$

d) Tổn hao đồng (pcu): Gồm 2 phần:

- Tổn hao đồng trên mạch phần ứng:  $p_{cu} = I_u R_u$

Với  $R_u$  là điện trở mạch vòng phần ứng:  $R_u = r_u + r_f + r_{tx} + r_b$ ; ( $r_u$ : điện trở dây quấn phần ứng;  $r_f$ : điện trở phụ,  $r_b$ : điện trở dây quấn bù  $r_{tx}$ : điện trở tiếp xúc chổi than.)



- Tổn hao đồng trên mạch kích thích:

Bao gồm tổn hao đồng của dây quấn kích thích và của điện trở điều chỉnh trong mạch kích thích:

$$p_{cu.kt} = U_{kt} I_{kt} \quad (2.15)$$

#### 2.1.4.2 Giảm độ năng lượng và hiệu suất:

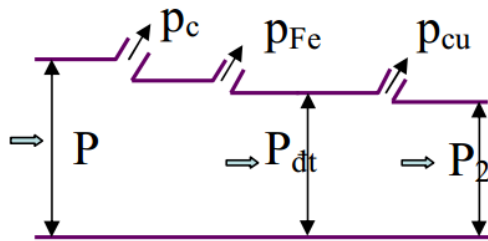
a) Máy phát điện:(kích từ lấy từ nguồn ngoài) Công suất cơ đưa vào  $P_1$ , tiêu hao 1 phần do tổn hao cơ và tổn hao sắt, còn phần lớn biến thành công suất điện từ:

$$P_{đt} = P_1 - (p_{cơ} + p_{Fe}) = P_1 - P_0 \quad (2.16)$$

$P_{đt} = E_u \cdot I_u$  Một phần tiêu hao do tổn hao đồng trên dây quấn phản ứng nên công suất đưa ra (điện) là  $P_2$ :

$$P_2 = P_{đt} - p_{cu} = E_u \cdot I_u - I_u \cdot R_u = U \cdot I_u \quad (2.17)$$

Giảm độ năng lượng của máy phát điện:



Hình 2.21: Giảm độ năng lượng của máy phát điện

Hiệu suất:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_1 - (p_{cơ} + p_{Fe} + p_{cu})}{P_1} = 1 - \frac{\sum p}{P_1} \quad (2.18)$$

Phương trình cân bằng điện áp và mômen. Từ các phương trình cân bằng công suất trên ta có:

- Phương trình cân bằng điện áp:  $U = E_u - I_u \cdot R_u$

- Phương trình cân bằng mômen:  $M_{đt} = M - M_0$

b, Động cơ điện:

- Ta có công suất điện mà động cơ nhận từ lưới:

$$P_1 = U \cdot I_u = U \cdot (I_u + I_{kt}) \quad (2.19)$$

Với:  $I = I_u + I_{kt}$  là dòng nhận từ lưới vào.

$U$  là điện áp ở đầu cực máy.

- Công suất  $P_1$ : Một phần cung cấp cho mạch kích thích:  $U \cdot I_{kt}$  còn phần lớn

đưa vào phần ứng:  $U \cdot I_u$

- Tiêu hao 1 phần do tổn hao đồng phần còn lại là công suất điện từ:

$$P_{đt} = P_1 - (p_{cu} + p_{cu.kt}) \quad (2.20)$$

- Một phần tiêu hao do tổn hao cơ và tổn hao sắt, phần còn lại là công suất cơ đưa ra đầu trục:

$$P_2 = P_{đt} - (p_{cơ} + p_{Fe}) = P_{đt} - P_0 \quad (2.21)$$

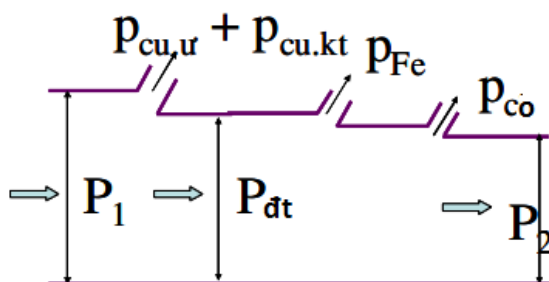
- Phương trình cân bằng điện áp:

$$P_{đt} = U \cdot (I_u + I_{kt}) - (I_u \cdot R_u + U \cdot I_{kt}) = U \cdot I_u - I_u \cdot R_u = E_u I_u \text{ Hay } U = E_u + I_u \cdot R_u \quad (2.22)$$

- Phương trình cân bằng mô men

$$M \cdot \omega = M_{đt} \cdot \omega - M_0 \cdot \omega \quad M_{đt} = M + M_0 \quad (2.23)$$

Giản đồ năng lượng:



Hình 2.22: Giản đồ năng lượng của động cơ điện

Hiệu suất:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_1 - (p_{co} + p_{Fe} + p_{cu})}{P_1} = 1 - \frac{\sum p}{P_1} \quad (2.24)$$

## CÂU HỎI CUỐI BÀI

Câu 1: Trình bày tổn hao trong máy điện một chiều?

Câu 2: Trình bày sức điện động dây quấn phần ứng?

Câu 3: Trình bày giản đồ năng lượng và hiệu suất của máy điện một chiều?

Câu 4: Trình bày công suất điện từ, momen điện từ của máy điện một chiều?

Câu 5: Trình bày các quan hệ điện từ trong máy điện một chiều?

## Bài 6: Máy phát điện một chiều (Số tiết: 03 tiết) [2]; [3]; [5].

### 2.2 Máy phát điện một chiều

#### 2.2.1 Khái quát

- Phân loại tùy theo phương pháp kích thích cực từ chính MFMC được phân thành hai loại:

a, Máy phát điện một chiều kích từ độc lập:

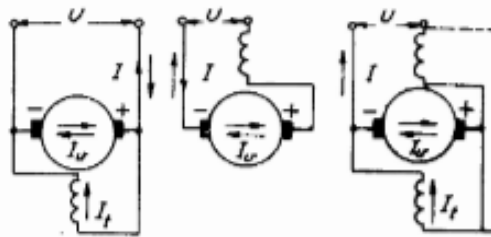


Hình 2.23: Máy phát điện một chiều kích từ độc lập

- + Kích từ được lấy từ nguồn ngoài.
- + Kích từ bằng nam châm vĩnh cửu.

b, Máy phát 1 chiều tự kích thích

- + Máy phát một chiều tự kích thích song song:  $I = I_{kt} + I_r$  (hình a)
- + Máy phát một chiều kích thích nối tiếp:  $I = I_{kt} = I_r$  (hình b)
- + Máy phát một chiều kích thích hỗn hợp:  $I = I_{ktss} + I_r$  (hình c)



Hình 2.24: Máy phát 1 chiều tự kích thích

Trong mọi trường hợp công suất kích thích chiếm  $0,3 \rightarrow 5 \% P_{đm}$

- Phương trình cân bằng điện áp :  $U = E_r - I_r R_r$
- Phương trình cân bằng momen :  $M = M_o + M_{đt}$

Trong đó:

$M$  là momen quay máy phát điện

$M_o$  là momen cản không tải

$M_{đt}$  là momen điện từ.

- Các đặc tính của máy phát một chiều

Có 5 đặc tính

+ Đặc tính không tải:  $U_0 = E_{ur} = f(I_{kt})$  khi  $I_{ur} = 0, n = \text{const.}$

+ Đặc tính ngắn mạch:  $I_n = f(I_{kt})$  khi  $U = 0, n = \text{const.}$

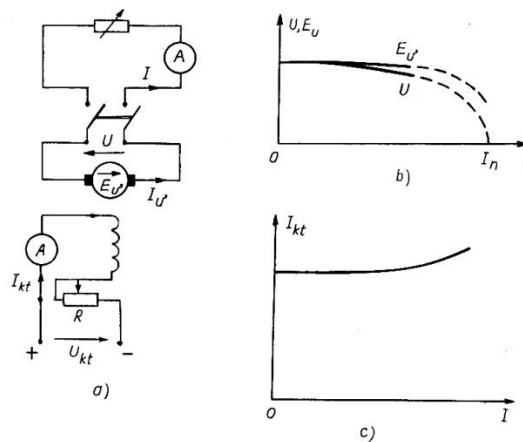
+ Đặc tính ngoài:  $U = f(I_{ur})$  khi  $I_{kt} = \text{const}, n = \text{const.}$

+ Đặc tính tải:  $U = f(I_{kt})$  khi  $I_{ur} = \text{const}, n = \text{const.}$

+ Đặc tính điều chỉnh:  $I_{kt} = f(I_{ur})$  khi  $U = \text{const}, n = \text{const.}$

### 2.2.2 Máy phát một chiều kích từ độc lập

Sơ đồ máy phát điện một chiều kích từ độc lập như hình dưới đây:



Hình 2.24: Sơ đồ máy phát điện một chiều kích từ độc lập

Sơ đồ máy phát điện một chiều kích từ độc lập như hình dòng điện phần ứng  $I_{ur}$  bằng dòng điện  $I$  tải:

$$\text{Phương trình dòng điện: } I = I_{ur}. \quad (a)$$

Phương trình cân bằng điện áp:

$$+ \text{ Mạch phần ứng: } U = E_{ur} - I_{ur}R_{ur}. \quad (b)$$

$$+ \text{ Mạch kích từ: } U_{Kt} = I_{Kt} \cdot (R_{Kt} + R_{đc}). \quad (c)$$

Khi dòng điện tải tăng thì dòng điện phần ứng tăng, điện áp  $U$  giảm xuống do hai nguyên nhân sau: (biểu diễn ở hình b)

- Tác dụng của từ trường phản ứng làm cho từ thông  $\Phi$  giảm, kéo theo s.đ.đ  $E_{ur}$  giảm.

- Điện áp rơi trên mạch phần ứng  $I_{ur} \cdot R_{ur}$  tăng.

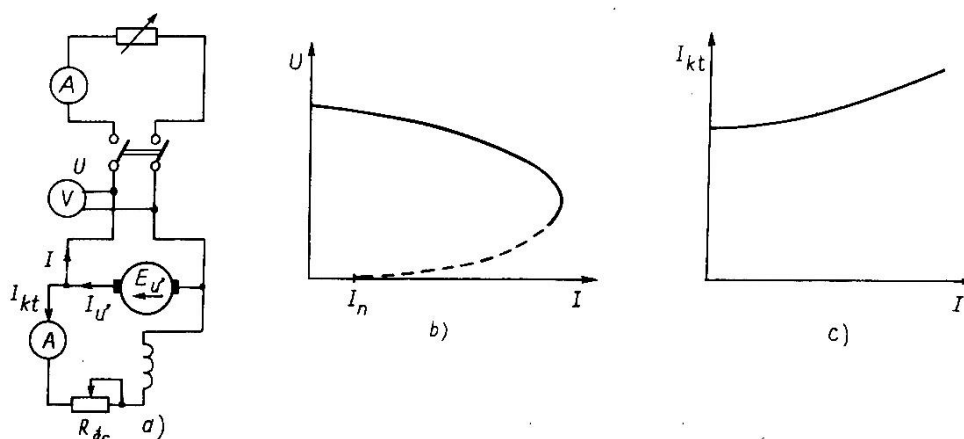
Đường đặc tính ngoài  $U = f(I)$  khi  $n, I_{kt}$  không thay đổi được biểu diễn như đồ thị trên. Thông thường khi có tải điện áp bị giảm từ  $8 \div 10\%$  điện áp khi không tải.

Để giữ cho điện áp máy phát ổn định thì phải tăng từ thông bằng cách tăng dòng điện kích từ. Đường đặc tính điều chỉnh:  $I_{kt} = f(I_r)$  khi giữ điện áp cho điện áp và tốc độ không đổi được biểu diễn như đồ thị hình c

Máy phát điện kích từ độc lập có ưu điểm là dùng nguồn điện một chiều kích từ riêng nên có thể chọn  $U_{kt}$  vừa đủ để chọn  $R_{đc}$  có giá trị nhỏ để giảm tổn hao, song có nhược điểm là cần có nguồn điện kích từ riêng.

### 2.2.3 Máy phát điện kích từ song song

Sơ đồ máy phát điện kích từ song song như (hình vẽ a)



Hình 2.25: Sơ đồ máy phát điện kích từ song song

Ở trạng thái chưa làm việc thì máy phát chưa có từ trường. Để phát ra điện cần phải thực hiện quá trình tự kích từ. Cụ thể như sau:

Lúc ban đầu máy không có dòng điện kích từ, từ thông trong máy do từ dư của các cực từ tạo ra, khoảng từ (2 ÷ 3)% từ thông định mức. Khi quay phần ứng, trong dây quấn phần ứng sẽ có sđđ cảm ứng do từ thông dư sinh ra. Sđđ này sẽ khép mạch qua dây quấn kích từ (điện trở  $R_{đc}$  để ở mức nhỏ nhất), sinh ra dòng điện kích từ, làm tăng từ trường cho máy. Quá trình cứ tiếp tục cho đến khi đạt điện áp ổn định. Để máy có thể thành lập điện áp, cần thiết máy phải có từ dư và chiều từ trường của dây quấn kích từ phải cùng chiều với từ trường dư. Nếu từ dư không còn, ta phải mồi để tạo ra từ dư. Trường hợp chiều từ trường ngược chiều với từ dư ta phải đổi lại chiều từ trường bằng cách đổi chiều quay rô to hoặc đổi chiều cực tính cuộn dây kích từ.

Các phương trình:

- Cân bằng điện áp:  $U = E_u - R_u \cdot I_r$ . (a)

- Mạch kích từ:  $U = I_{kt} \cdot (R_{kt} + R_{đc})$ . (b)

- Phương trình dòng điện:  $I_r = I + I_{kt}$ . (c)

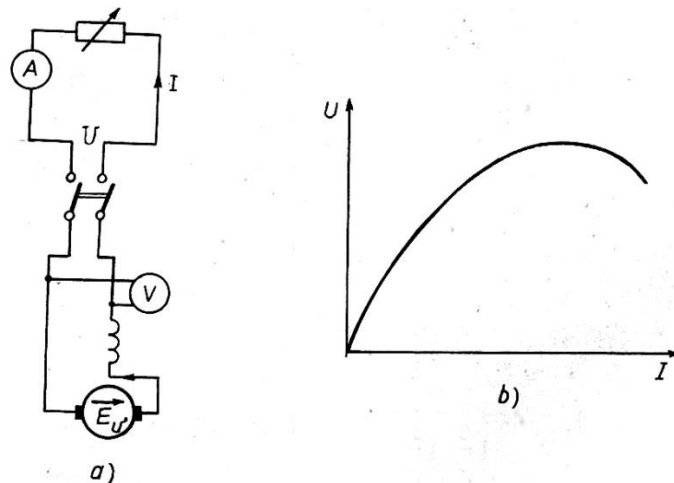
So với máy phát kích từ độc lập, khi tải tăng máy phát kích từ song song còn thêm một nguyên nhân làm giảm điện áp  $U$  nữa là khi  $U$  giảm thì dòng điện kích từ  $I_r$  cũng giảm theo dẫn đến  $E_r$  càng bị giảm, chính vì thế đường đặc tính ngoài bị dốc hơn so với đường đặc tính ngoài của máy phát điện kích từ độc lập và có dạng như hình vẽb.

Từ đường đặc tính ngoài ta thấy, khi ngắn mạch ( $U=0$ ) thì  $E_r$  được sinh ra do từ thông dư  $\Phi_{dư} \approx (3\%)\Phi_{đm}$  nên dòng điện ngắn mạch  $I_n$  có giá trị nhỏ ( $I_n < I_{đm}$ ).

Để điều chỉnh điện áp, ta phải điều chỉnh dòng kích từ, đường đặc tính điều chỉnh  $I_{kt} = f(I)$ , khi  $U$ ,  $n$  không đổi vẽ trên hình c.

#### 2.2.4 Máy phát điện kích từ nối tiếp

Sơ đồ máy phát như hình

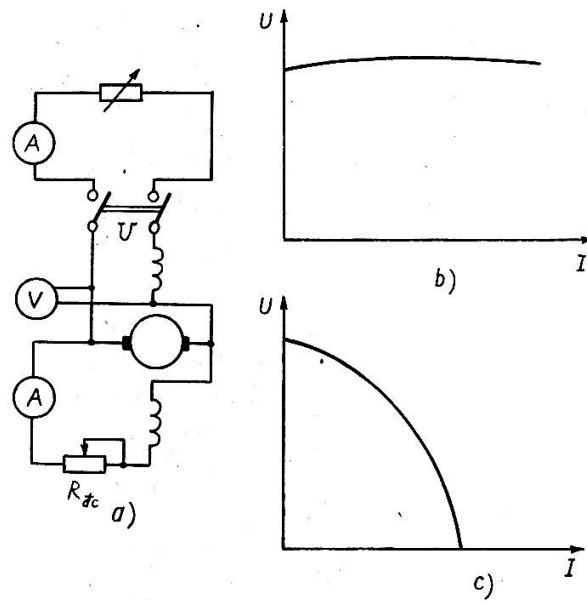


Hình 2.26: Sơ đồ Máy phát điện kích từ nối tiếp

Dòng điện kích từ cũng đồng thời là dòng điện tải, do đó khi thay đổi tải thì điện áp cũng thay đổi rất nhiều. Trong thực tế không sử dụng máy phát kích từ nối tiếp. Đường đặc tính ngoài như hình 5-15b được giải thích như sau: Khi tải tăng, dòng  $I_r$  tăng, từ thông  $\Phi$  và  $E_r$  tăng, do đó  $U$  tăng. Khi  $I = (2 \div 2,5) I_{đm}$ , mạch từ của máy phát bị bão hoà, khi đó  $I$  có tăng nhưng  $U$  sẽ giảm do  $E_r$  không tăng còn sụt áp do dây quấn phản ứng và dây quấn kích từ tăng lên.

#### 2.2.5 Máy phát điện kích từ hỗn hợp

Sơ đồ như hình vẽ



Hình 2.27: Sơ đồ Máy phát điện kích từ hỗn hợp

Máy phát có hai cuộn dây kích từ: một cuộn mắc song song, một cuộn mắc nối tiếp. Tùy theo trạng thái mắc cùng cực tính hay mắc ngược cực tính mà máy phát có các chế độ làm việc khác nhau:

- *Khi mắc cùng cực tính:* Khi có tải tăng thì cuộn kích từ nối tiếp có dòng tăng làm từ thông (cùng chiều với  $\Phi$  chính) tăng lên sđđ của máy tăng và điện áp ra được giữ hầu như không đổi. Đây chính là ưu điểm rất lớn của máy phát điện kích từ hỗn hợp. Đường đặc tính được thể hiện như hình b

- *Khi mắc ngược cực tính:* thì khi có tải tăng, dòng điện qua cuộn dây kích từ nối tiếp tăng, từ thông của cuộn dây cũng tăng nhưng ngược chiều với từ thông chính và làm cho từ thông tổng bị giảm do đó sđđ cũng bị giảm mạnh và làm cho đặc tính ngoài của máy phát rất dốc. Đặc tính ngoài được thể hiện như hình c, ứng dụng của máy phát trong trường hợp này dùng để làm máy phát hàn điện một chiều.

## CÂU HỎI CUỐI BÀI

Câu 1: Nêu khái niệm về máy phát điện một chiều?

Câu 2: Trình bày máy phát một chiều kích từ độc lập?

Câu 3: Trình bày máy phát một chiều kích từ song song?

Câu 4: Trình bày máy phát một chiều kích từ nối tiếp?

Câu 5: Trình bày máy phát một chiều kích từ hỗn hợp?

## Bài 7: Động cơ điện một chiều (Số tiết: 03 tiết) [2]; [3]; [5].

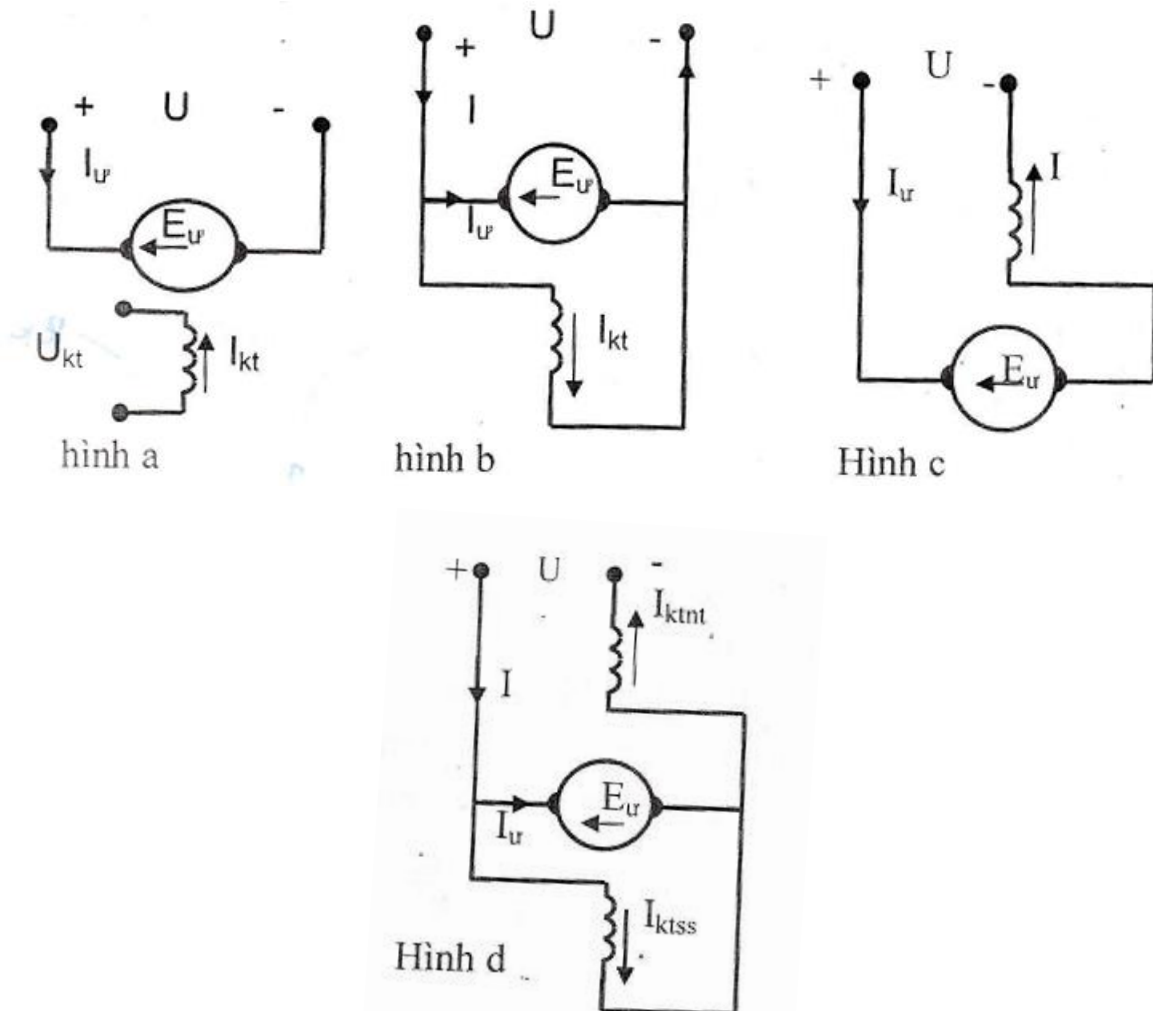
### 2.3 Động cơ điện một chiều

#### 2.3.1 Khái quát

##### 2.3.1.1 Phân loại

Cũng như máy phát động cơ một chiều được phân loại theo các kích thích như sau:

- + Động cơ một chiều kích từ độc lập (hình a)
- + Động cơ một chiều kích thích song song:  $I = I_u + I_{kt}$  (hình b)
- + Động cơ một chiều kích thích nối tiếp:  $I = I_u + I_{kt}$  (hình c)
- + Động cơ một chiều kích thích hỗn hợp:  $I = I_u + I_{kt}$  (hình d)



Hình 2.28: Phân loại Động cơ điện một chiều

##### 2.3.1.2 Phương trình cân bằng áp

Trong chế độ quá độ:



$$U = E_u + I_u \cdot R_u \quad (2.25)$$

### 2.3.1.3 Phương trình cân bằng momen

Trong chế độ quá độ:  $M_{dt} = M_c + J \frac{d\omega}{dt}$

Trong đó:  $M_0 + M_2 = M_c$  (Momen cân tĩnh)  $J \frac{d\omega}{dt}$  là momen động,  $J = \frac{GD^2}{4g}$  là

momen quán tính phần quay.  $M_0$ : momen cân không tải. Khi làm việc ổn định với tải:  $M_{dt} = M_c$ .

### 2.3.2 Mở máy động cơ điện một chiều

#### 2.3.2.1 Yêu cầu khi mở máy

Momen mở máy phải có trị số cao nhất có thể để hoàn thành quá trình mở máy nhanh, nghĩa là phải đạt được tốc độ quy định trong một thời gian ngắn nhất.

Dòng mở máy phải được hạn chế đến mức nhỏ nhất để tránh cho dây quấn khỏi bị cháy hoặc ảnh hưởng xấu đến đổi chiều.

#### 2.3.2.2 Các phương pháp mở máy

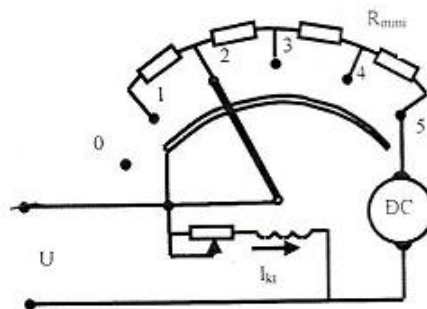
- Mở máy trực tiếp ( $U = U_{dm}$ )
- Mở máy nhờ biến trở nối tiếp với mạch phân ứng.
- Mở máy nhờ giảm thấp điện áp đặt vào phần ứng:  $U < U_{dm}$

Khi mở máy trong mọi trường hợp đều phải đảm bảo có  $\phi_{max}$  nghĩa là trước khi đóng động cơ vào nguồn điện, biến trở điều chỉnh dòng kích thích phải đặt ở vị trí sao cho điện trở kích thích nhỏ nhất để momen đạt giá trị lớn nhất ứng với mọi giá trị của dòng phần ứng.

#### a, Mở máy trực tiếp

Bằng cách đóng trực tiếp phần ứng động cơ vào nguồn điện. Tại thời điểm đầu:

$$n=0 \rightarrow E_u=0 \rightarrow U = I_u \cdot R_u \text{ nên } I_{mm} = I_u = \frac{U}{R_u}$$

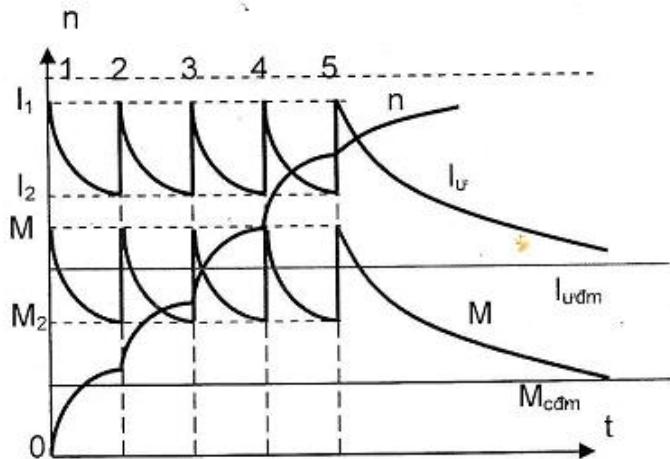


Hình 2.29: Mở máy trực tiếp

Vì  $R_u$  rất bé nên  $I_{mm}=I=(5-10)\%I_{đm}$ . Vì dòng mở máy rất lớn nên phương pháp này ít được sử dụng. Chủ yếu dùng cho động cơ công suất nhỏ.

b, Mở máy nhờ biến trở

Để tránh khi mở máy dòng quá lớn người ta dùng biến trở mở máy gồm một số điện trở mắc nối tiếp nhau trong mạch phần ứng.



Hình 2.30: Mở máy nhờ biến trở

Khi mở máy nhờ biến trở dòng mở máy được tính:  $I_u = \frac{U - E}{R_u + R_{m_i}}$   $R_{m_i}$  là mở

máy thứ  $i$ . Biến trở mở máy được tính sao cho dòng mở máy  $I_{mm}=(2-2,5) I_{đm}$  với động cơ công suất nhỏ.

c, Mở máy bằng điện áp thấp ( $U_{mm} < U_{đm}$ )

- Phương pháp này phải dùng một nguồn độc lập có thể điều chỉnh được điện áp được để cung cấp cho phần ứng động cơ. Một nguồn khác để cung cấp cho mạch kích thích.

- Phương pháp này thường dùng để kết hợp cả việc điều chỉnh tốc độ bằng cách thay đổi điện áp.

### CÂU HỎI CUỐI BÀI

Câu 1: Nêu khái niệm về động cơ điện một chiều?

Câu 2: Trình bày Phương trình cân bằng áp với động cơ điện một chiều?

Câu 3: Trình bày Phương trình cân bằng momen với động cơ điện một chiều?

Câu 4: Trình bày các yêu cầu khi mở máy động cơ điện một chiều?

Câu 5: Trình bày các phương pháp mở máy động cơ điện một chiều?

## BÀI TẬP CUỐI CHƯƠNG 2

Bài 1: Động cơ điện một chiều kích từ nối tiếp điện áp định mức  $U_{đm} = 110V$ ; dòng điện định mức  $I_{đm} = 20A$ ; điện trở phản ứng và dây kích từ nối tiếp  $R_r + R_{kt} = 0,5\Omega$ . Tính:

Dòng điện mở máy trực tiếp.

Bài 2: Máy phát điện một chiều kích từ song song có số liệu sau:  $r_u = 0,1\Omega$ ;  $2\Delta U_{tx} = 2V$ ; dây quấn phần ứng là dây quấn sóng đơn;  $2p=4$ ;  $Z_{nt}=25$ ; mỗi rãnh đặt 5 dây dẫn;  $\Phi = 0,03Wb$ ;  $n = 1200$  vòng/phút;  $I_{kt} = 2A$ ; cung cấp cho tải dòng điện  $I=18A$ .

a. Hãy xác định điện áp trên 2 cực của máy phát điện trên?

b. Nếu tổn hao công suất không tải bằng 5% công suất tải thì hiệu suất của máy bằng bao nhiêu?

Bài 3: Trên động cơ một chiều có ghi: kích từ song song,  $U_{đm} = 220V$ ;  $P_{đm} = 14$  Kw;  $n_{đm} = 800$  vòng/phút;  $R_{kt} = 55\Omega$ ;  $\eta = 0,8$ ;  $r_u = 0,2\Omega$ ;  $C_e = 10$ ;  $2\Delta U_{tx} = 2V$ .

Hãy xác định mômen điện từ, mômen không tải và mômen trục động cơ ở chế độ định mức?

Bài 4: Trên động cơ một chiều có ghi: kích từ song song,  $U_{đm} = 220V$ ;  $P_{đm} = 14$  Kw;  $n_{đm} = 800$  vòng/phút;  $R_{kt} = 55\Omega$ ;  $\eta = 0,8$ ;  $r_u = 0,2\Omega$ ;  $C_e = 10$ ;  $2\Delta U_{tx} = 2V$ .

Hãy xác định các loại tổn hao công suất trong động cơ ở chế độ định mức?

Bài 5: Động cơ 1 chiều có công suất định mức 1,5 KW, điện áp định mức 220V, tốc độ định mức 1500 vòng/phút, hiệu suất 0,82. Tính mômen định mức, dòng điện định mức và tổng tổn hao của động cơ?

Bài 6: Một máy phát điện một chiều lúc quay không tải ở tốc độ  $n = 1000$ vg/ph thì sức điện động bằng  $E_0 = 222V$ . Để phát ra sức điện động định mức  $E_{0đm} = 220V$  thì tốc độ  $n_{0đm}$  phải bằng bao nhiêu khi giữ dòng điện kích từ không đổi.

Bài 7: Một động cơ một chiều kích từ song song  $P_{đm} = 5,5$  kW,  $U_{đm} = 110V$ ,  $I_{đm} = 58A$ , tổng dòng điện đưa vào bao gồm dòng điện phần ứng  $I_u$  và kích từ  $I_t$ ,  $n_{đm} = 1470$ vg/ph,  $R_r = 0,15\Omega$ , điện trở mạch kích từ  $r_t = 137\Omega$ , điện áp giáng trên chổi than  $2\Delta U_{tk} = 2V$ . Hỏi sức điện động phần ứng, dòng điện phần ứng và momen điện từ?

Bài 8: Máy phát điện một chiều có  $P_{đm} = 85$  kW,  $U_{đm} = 230V$ , tốc độ  $n_{đm} = 1470$  vg/ph,  $\eta_{đm} = 0,895$ . Tính dòng điện, momen cơ và tổng tổn hao công suất của động cơ sơ cấp ở chế độ định mức.

Bài 9: Một máy phát điện một chiều kích từ song song  $P_{\text{đm}}=25 \text{ kW}$ ,  $U_{\text{dm}}=115\text{V}$ ,  $R_r=0,0238\Omega$ ,  $R_{kt}=12,5\Omega$ , số đôi mạch nhánh  $a = 2$ , số đôi cực từ  $p = 2$ , số thanh dẫn  $N = 300$ , tốc độ quay  $n = 1300\text{v/g/ph}$ . Hãy xác định suất điện động  $E_u$  và từ thông  $\Phi$ .

Bài 10: Một máy phát điện một chiều kích từ song song  $P_{\text{đm}}=25 \text{ kW}$ ,  $U_{\text{dm}}=115\text{V}$ ,  $R_r=0,0238\Omega$ ,  $R_{kt}=12,5\Omega$ ,  $a = 2$ , số đôi cực từ  $p = 2$ ,  $N = 300$ ,  $n = 1300\text{v/g/ph}$ .

Giả sử dòng điện kích từ không đổi, bỏ qua phản ứng phần ứng, hãy xác định điện áp trên đầu cực của máy phát khi dòng điện giảm xuống còn  $I = 80,8\text{A}$ .

Bài 11: Một máy phát điện một chiều kích từ song song có  $U_{\text{dm}}=115\text{V}$ , cung cấp dòng điện  $I_t = 98,3\text{A}$  cho tải.  $R_r = 0,0735\Omega$ ,  $R_{kt} = 19\Omega$ . Tổn hao cơ, sắt từ và phụ bằng 4% công suất điện. Hãy xác định suất điện động  $E_u$  và hiệu suất của máy ở chế độ tải trên.

Bài 12: Một máy phát điện một chiều kích từ song song có  $U_{\text{dm}}=115\text{V}$ , cung cấp dòng điện  $I_t = 98,3\text{A}$  cho tải.  $R_r = 0,0735\Omega$ ,  $R_{kt} = 19\Omega$ . Tổn hao cơ, sắt từ và phụ bằng 4% công suất điện. Tính dòng điện ngắn mạch trên hai đầu cực máy phát. Cho biết từ thông dư bằng  $3\%\Phi$  ở chế độ tải trên và tốc độ của máy không đổi.

## CHƯƠNG III: MÁY ĐIỆN XOAY CHIỀU

### *Nội dung chính của chương*

Nội dung chính của Chương III trình bày về cấu tạo, nguyên lý làm việc, sơ đồ thay thế, mở máy và điều chỉnh tốc độ của máy điện không đồng bộ. Trình bày về cấu tạo, nguyên lý làm việc, sơ đồ thay thế của máy điện đồng bộ. Và Phân loại, cấu tạo, nguyên lý làm việc và các phương pháp điều khiển động cơ bước.

### *Mục tiêu cần đạt được của chương*

Giúp sinh viên nắm cấu tạo và nguyên lý làm việc của máy điện không đồng bộ, máy điện đồng bộ và động cơ bước. Sinh viên hiểu được sơ đồ thay thế, các phương pháp mở máy và điều chỉnh tốc độ của các loại máy xoay chiều.

**Bài 8: Cấu tạo, nguyên lý làm việc, sơ đồ thay thế, mở máy và điều chỉnh tốc độ của máy điện không đồng bộ (Số tiết: 03 tiết) [1]; [3]; [5].**

### **3.1 Máy điện một chiều**

#### *3.1.1 Cấu tạo của máy điện không đồng bộ*

##### *3.1.1.1 Kết cấu và phân loại*

- Phân loại

- + Theo kết cấu vỏ: Kiểu hở, kiểu kín, kiểu bảo vệ, kiểu chống nổ...
- + Theo kết cấu: động cơ roto lồng sóc và roto dây quấn.
- + Theo số pha dây quấn stator: 1 pha, 2 pha, 3 pha.

- Kết cấu

Gồm phần tĩnh và phần quay cách nhau bởi khe hở không khí

a, Phần tĩnh (Stator): Gồm vỏ, lõi sắt và dây quấn.

- + Vỏ máy: có tác dụng cố định lõi sắt và dây quấn chứ không dùng làm mạch dẫn từ. Vỏ máy thường làm bằng gang. Máy có công suất lớn dùng làm thép tấm hàn lại.
- + Lõi thép là phần dẫn từ.

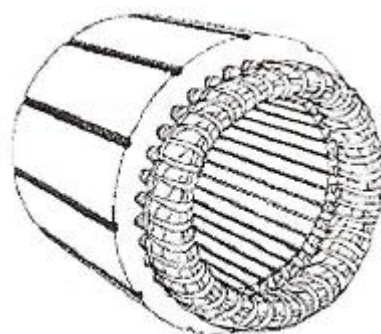
Vì từ trường qua lõi thép là từ trường quay nên để giảm tổn hao do dòng điện xoáy lõi thép được ghép bằng các lá thép KTD dày 0,35-0,5mm cách điện với nhau. Nếu lõi sắt ngắn các lá thép ép thành 1 khối.

Nếu lõi sắt dài quá thì thường ghép thành từng thép ngắn từ 6-8cm đặt cách nhau 1cm để thông gió.

Mặt trong của các lá thép có xẻ rãnh để đặt dây quấn. Dây quấn thường làm

bằng dây đồng, tiết diện tròn hoặc chữ nhật được bọc cách điện cẩn thận và quấn thành các bó dây đặt vào rãnh có lót cách điện.

Kiểu dây quấn có thể là 1, 2, 3 pha.

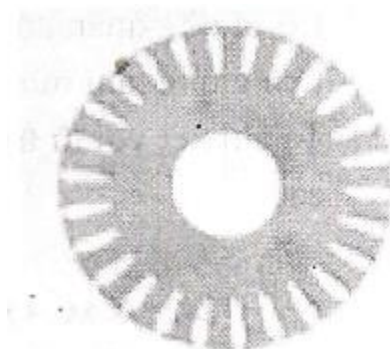


*Hình 3.1: Cấu tạo dây quấn Stator*

b, Phần quay (Rôto): gồm lõi sắt và dây quấn.

+ Lõi thép:

Cũng dùng các lá thép KTĐ như Stato. Thực tế vì tổn hao trong lõi thép nhỏ nên lõi này có thể chế tạo từ thép nguyên khối. Nhưng để lợi dụng phần thép KTĐ sau khi dập lõi thép stato thì ta dùng để dập lõi thép rôto. Phía ngoài có rãnh để đặt dây



*Hình 3.2: Lõi thép Roto*

+ Dây quấn: có 2 loại là rôto có dây quấn thông thường và rôto lồng sóc.

-) Rôto dây quấn: là rôto có dây quấn tương tự như phía stato (đồng tâm 1 lớp hoặc dây quấn sóng 2 lớp...). Dây quấn rô to thường đấu sao, 3 đầu còn lại nối với hệ thống 3 vành trượt bằng đồng, thông qua chổi than nối với mạch ngoài.

Máy điện cỡ nhỏ thường dùng dây quấn đồng tâm 1 lớp. Máy điện cỡ trung trở lên dùng dây quấn sóng 2 lớp vì bớt được dây đấu nối, kết cấu dây quấn trên rôto chặt chẽ.

-) Rôto lồng sóc: Gồm các thanh dẫn đặt trong các rãnh, 2 đầu nối với 2 vành ngắn mạch. Để cải thiện tính mở máy có thể chế tạo thành rôto rãnh sâu hoặc lồng sóc kép.

### 3.1.1.2 Các đại lượng định mức – công dụng của máy điện không đồng bộ

- Công dụng:

Máy điện KĐB được chủ yếu dùng làm động cơ

- Các đại lượng định mức:

Các trị số định mức do nhà thiết kế chế tạo quy định và được ghi trên nhãn máy, nó bao gồm:

+ Công suất định mức  $P_{đm}$  (KW, W)

+ Điện áp định mức  $U_{đm}$  (V)

+ Dòng điện định mức  $I_{đm}$  (A)

+ Tốc độ định mức  $n_{đm}$  (Vòng/phút)

+ Cos

+ Năng lực quá tải km

+ Sơ đồ nối dây

### 3.1.2. Nguyên lý làm việc của máy phát điện không đồng bộ

Máy điện không đồng bộ làm việc theo nguyên lý cảm ứng điện từ. Khi cho hệ thống dòng 3 pha đối xứng vào dây quấn 3 pha đối xứng (dây quấn Stato) của máy điện xoay chiều trong máy sẽ xuất hiện 1 từ trường quay với tốc độ đồng bộ là  $n_1 = 60f_1/p$  ( $n_1$ : tốc độ của từ trường cơ bản); với  $f_1$  là tần số của lưới điện.

Từ trường quay này sẽ quét qua thanh dẫn nhiều pha tự ngắn mạch đặt ở rôto và cảm ứng trong nó các sức điện động và dòng cảm ứng. Từ thông do dòng điện này sinh ra sẽ kết hợp với từ thông của dây quấn stato sinh ra tạo thành từ thông tổng khe hở. Tương tác giữa từ thông tổng khe hở và dòng điện trong dây quấn rôto sinh ra mômen điện từ có liên quan mật thiết đến tốc độ quay  $n$  của rôto.

Để chỉ phạm vi biến đổi tốc độ của máy người ta dùng hệ số trượt  $s$ :

$n_1$  là tốc độ đồng bộ của từ trường quay.

$n$  là tốc độ của rôto

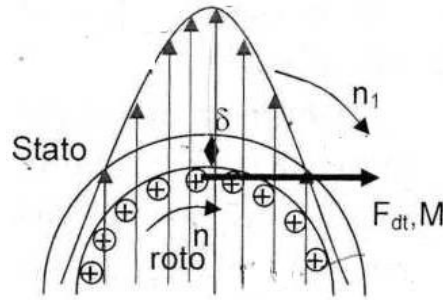
- Khi rôto quay cùng chiều từ trường quay nhưng với tốc độ nhỏ hơn ( $n < n_1$ ):

( $0 < s < 1$ )

Do rôto quay cùng chiều từ trường quay với tốc độ nhỏ hơn nên từ trường quét qua thanh dẫn rôto theo chiều quay của từ trường, trong thanh dẫn rôto sẽ xuất hiện sức điện động và dòng cảm ứng, chiều của chúng được xác định bằng quy tắc bàn tay

phải. Dòng điện này tác dụng với từ trường tổng khe hở sinh ra lực  $F$  và mômen điện từ  $M_{dt}$  có chiều được xác định bằng quy tắc bàn tay trái. Ta thấy  $M_{dt}$  cùng chiều quay với rô to, kéo rô to quay theo chiều từ trường quay.

Như vậy điện năng máy nhận vào dây quấn stato đã biến thành cơ năng trên trục (làm quay rô to) và máy làm việc ở chế độ động cơ.



Hình 3.3: Khi rô to quay cùng chiều từ trường quay nhưng với tốc độ nhỏ hơn ( $n < n_1$ ):  
( $0 < s < 1$ )

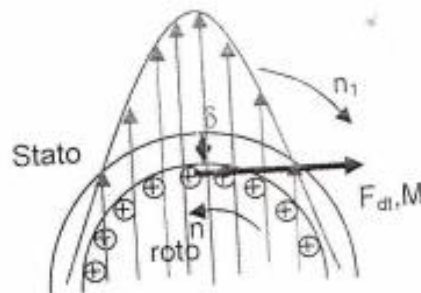
- Khi rô to quay thuận chiều và nhanh hơn tốc độ từ trường quay ( $n > n_1$ ):  $s < 0$

Dùng 1 động cơ sơ cấp nào đó kéo rô to của máy điện quay vượt tốc độ từ trường quay. Lúc đó chiều của từ trường quay quét qua thanh dẫn rô to sẽ theo chiều ngược lại với chế độ động cơ. Dùng quy tắc bàn tay phải xác định chiều sức điện động và dòng cảm ứng. Dùng quy tắc bàn tay trái xác định chiều của lực điện từ.

Ta thấy chiều của chúng đều ngược lại so với chế độ động cơ. Momen quay ngược chiều với chiều quay rô to nên là momen hãm. Vậy máy nhận cơ năng biến thành điện năng cung cấp cho lưới điện: máy làm việc ở chế độ máy phát.

- Trường hợp rô to quay ngược chiều quay từ trường quay:  $s > 1$ .

Ta thấy: máy nhận điện năng từ lưới điện (qua dây kéo rô to quay ngược chiều từ trường) đã biến thành nhiệt năng.



Hình 3.4: Khi rô to quay thuận chiều và nhanh hơn tốc độ từ trường quay ( $n > n_1$ ):  $s < 0$

Trong trường hợp này chiều của sức điện động và dòng cảm ứng trong thanh



dẫn roto cũng như F, Mđt đều giống ở chế độ động cơ chỉ khác là roto quay theo chiều ngược lại. Mđt quay ngược chiều của roto nên cũng có tác dụng hãm roto đứng lại và được gọi là momen hãm. Như vậy máy điện làm việc ở chế độ hãm điện từ.

Tóm lại cả 3 chế độ làm việc trên ta thấy  $n$  luôn khác với  $n_1$  nên máy điện được gọi là máy điện không đồng bộ.

### 3.1.3 Sơ đồ thay thế động cơ không đồng bộ

Từ cấu tạo và nguyên lý làm việc ta thấy máy điện kđb có dây quấn  $m_1$ , pha đặt ở stato, dây quấn  $m_2$  pha đặt ở rôto. Hai dây quấn này cùng có điện trở điện kháng tản. Khi máy làm việc giữa hai dây quấn chỉ liên hệ với nhau thông qua từ trường khe hở, trên dây quấn cũng cảm ứng nên các sđđ tự cảm và hồ cảm. Vì vậy ta có thể coi mđ kđb như một máy biến áp mà dây quấn stato đóng vai trò là dây quấn sơ cấp, dây quấn rôto là dây quấn thứ cấp và bằng cách phân tích giống như mba để phân tích đối với mđ kđb.

Ta chỉ xét với từ trường cơ bản. sau đó mới kể đến ảnh hưởng của từ trường bậc cao.

#### 3.1.3.1. Các quan hệ điện từ khi roto đứng yên

Trong bài này ta chỉ xét đến sóng điều hoà bậc 1 của các đại lượng xoay chiều mà không xét đến sóng bậc cao vì tác dụng của chúng là thứ yếu do các biện pháp cải thiện dạng sóng khi chế tạo: rút ngắn bước dây quấn, quấn rải, sử dụng rãnh chéo, ngoài ra các pha dây quấn được xem như đối xứng.

\* Các phương trình cơ bản:

a, Phương trình cân bằng sức từ động và tỷ số biến đổi dòng điện:

Khi cho điện áp,  $f_1$  vào dây quấn stato thì trong dây quấn này có dòng,  $f_1$ . Còn trong dây quấn rôto sẽ có dòng  $i_2$ ,  $f_2 = f_1$ , vì rôto đứng yên). Các dòng điện tương ứng sẽ sinh ra các sức từ động và.

Trong đó:  $m_1, m_2$  là số pha của dây quấn Stato và rôto.

$w_1, w_2, k_{d1}, k_{d2}$  là số vòng dây nối tiếp trên 1 pha và hệ số dây quấn của stato và rôto.

Trên 1 pha và hệ số dây quấn của stator và roto.

Hai sức từ động trên quay đồng bộ với nhau với tốc độ đồng bộ  $n_1$  (cùng chiều quay) và tạo ra từ trường tổng khe hở

Sức từ động tổng sinh ra từ thông chính móc vòng với dây quấn stato và rôto. Ngoài ra còn tạo nên từ thông tản sơ cấp chỉ móc vòng với dây quấn sơ cấp. còn tạo nên từ thông tản thứ cấp chỉ móc vòng với dây quấn thứ cấp như hình vẽ.

Ta có:

Vậy ta có thể coi dòng điện  $i_1$  sinh ra sức từ động gồm 2 thành phần:

+ sinh ra sức từ động

+ sinh ra bù lại sức từ động của dòng thứ cấp. Hay

Vì  $F_2 = F_2'$  mà

Ki là tỷ số biến đổi dòng điện.

Vậy dòng quy đổi của rôto về stator là:

b, Phương trình cân bằng điện áp và sức điện động.

- Từ trường chính do sức từ động  $F_0$  sinh ra sẽ cảm ứng trên các dây quấn stato và rôto các sức điện động:

$$E_1 = 4,44 \cdot W_1 \cdot k_{dq1} \cdot f_1 \cdot \Phi_m \quad (\text{Stato}) \quad (3.1)$$

$$E_2 = 4,44 \cdot W_2 \cdot k_{dq2} \cdot f_2 \cdot \Phi_m \quad (\text{Rôto}) \quad (3.2)$$

Vì rôto đứng yên ( $f_2=f_1$ ) tỷ số biến đổi sức điện động:

Quy đổi sang phía stator:

$$E_2' = E_2 = k_e \cdot E_2 \quad (3.3)$$

- Từ trường tản phía stator cảm ứng trong dây quấn stator 1 sức điện động tản ( $x_1$  là điện kháng tản của dây quấn stato). Nếu xét cả sụt áp trên điện trở  $r_1$  của dây quấn stato là thì phương trình cân bằng áp phía stator là:

Với  $Z_1 = r_1 + jx_1$  là tổng trở của dây quấn stato.

- Từ trường tản phía rôto của cảm ứng trong dây quấn rôto 1 sức điện động tản.

Vì phương trình cân bằng áp phía stator là.

( $r_2$  là điện trở rôto gồm cả điện trở phụ nếu có)

Với  $Z_2 = r_2 + jx_2$ : là tổng trở dây quấn rôto.

Phương trình cân bằng áp cho mạch hở cảm

Trong đó: là dòng từ hóa sinh ra sức từ động

$R_m$  là điện trở từ hóa đặc trưng cho tổn hao sắt.

$X_m$  là điện kháng mạch từ hóa biểu thị cho sự hở cảm giữa hai dây quấn.

Để lập hệ phương trình ta quy đổi các đại lượng mạch rôto về phía stato:

+ Quy đổi điện trở roto: tổn hao đồng của dây quấn roto không phụ thuộc vào sự quy đổi:

+ Quy đổi điện kháng tản roto: (góc giữa và  $I_2$  không đổi)

Vậy tổng trở quy đổi:

$$Z'2 = k.Z2 \quad (3.4)$$

Hệ phương trình cơ bản của máy điện không đồng bộ khi rô to đứng yên.

### 3.1.3.2 Các quan hệ điện từ khi roto quay

\* Các phương trình cơ bản

a, Phương trình cân bằng sức từ động.

Giả thiết stato của máy được nối vào lưới điện với điện áp Giả thiết stato của máy được nối vào lưới điện với điện áp,  $f_1$  thì trong dây quấn stato của máy có dòng,  $f_1$ . Từ trường khe hở sinh ra quay với tốc độ  $n_1$  và tần số  $f_1$ . Nếu rôto quay với tốc độ  $n$  thì tốc độ tương đối giữa từ trường quay với rôto là  $n_2 = n_1 - n$ . Dòng trong dây quấn rôto sẽ có tần số và tạo nên quay so với stato với tốc độ là  $n_1 = n_2 + n$  trong mọi trường hợp và luôn luôn quay đồng bộ và phương trình cân bằng sức từ động không thay đổi.

b, Phương trình cân bằng áp và sức điện động

- Phía stato:

- Phía roto

Khi rôto quay  $f_2$  thay đổi ( $n_0, s_1$ ), ta dùng các đại lượng  $E_{2s}, x_{2s}...$  để chỉ các đại lượng ở mạch rôto phân biệt với trường hợp rô to đứng yên là  $E_2, x_2, ...$ ,

Khi rôto quay với tốc độ  $n$  thì tất cả sẽ xảy ra như khi rôto đứng yên nhưng từ trường tổng quay đối với rôto tốc độ  $n_2 = n_1 - n \rightarrow$  tần số sức điện động cảm ứng dây quấn rôto:

Trị số sức điện động cảm ứng trong dây quấn roto

$$E_{2s} = 4,44 \cdot W_2 \cdot k_{dq2} \cdot f_2 \cdot \Phi = 4,44 \cdot s \cdot f_1 \cdot W_2 \cdot k_{dq2} \cdot \Phi = s \cdot E_2 \quad (3.5)$$

Khi quy đổi sang phía stator ta có:

$$x'_{2s} = s \cdot x'_2 \text{ và } E'_{2s} = s \cdot E'_2 \quad (3.6)$$

Điện trở của mạch roto sẽ là:  $r_2 = R_f + r_{dq}$ . Nếu không chú ý đến hiệu ứng mặt ngoài của dòng điện trong các thanh dẫn của roto và sự biến đổi của điện trở theo nhiệt độ thì ta có thể coi  $r_2 = \text{const}$ . Khi quy đổi về stator là  $r'_2$ .

Phương trình cân bằng áp phía roto:

Sau khi quy đổi:

$$0 = -E'2s + I'2(r'2 + jx'2s) \quad (3.8)$$

Ta thấy các đại lượng trong mạch roto quay với tần số  $f_2$  còn các đại lượng trong mạch stator quay với tần số  $f_1$  nên để hệ phương trình có ý nghĩa ta phải tiến hành quy đổi tần số các đại lượng mạch roto về stator.

Phương trình (3.8) có thể viết dưới dạng:

$$0 = -E'2s \quad (3.9)$$

Nhân 2 vế với là hệ số quy đổi tần số. (: tốc độ góc).

Ta có:

Nhận xét: Phương trình (3.8) và (3.9) về mặt toán học không thay đổi nhưng về mặt ý nghĩa vật lý đã thay đổi về mặt bản chất.

+ Phương trình (3.8) biểu diễn mối quan hệ giữa các đại lượng trong trường hợp roto quay. Sức điện động là  $E'2S$  tổng trở là  $(r'2 + jx'2s)$ , dòng điện  $I'2$ , tần số  $f_2$ .

+ Phương trình (3.9) biểu diễn mối quan hệ giữa các đại lượng trong trường hợp roto đứng yên. Sức điện động là  $E2'$ , tổng trở là  $(r'2 + jx'2 + r'2)$ , dòng điện  $I2'$  tần số  $f_1$ . So với trường hợp roto đứng yên thực tế thì mạch roto như được nối thêm 1 điện trở:  $r'2$  gọi là điện trở giả tưởng xuất hiện do quy đổi tần số.

- Mạch hồ cảm:

Vậy ta có hệ phương trình

\* Mạch điện thay thế

Mạch hình T: (hình vẽ)

\* Mạch hình

Từ phương trình (3) trong hệ phương trình cơ bản ta có:

Đặt

là dòng không tải lý tưởng của máy điện KĐB ( $s=0$ )

là dòng thứ cấp của mạch hình. Từ đó ta có mạch điện thay thế tương ứng.

### 3.1.4 Mở máy và điều chỉnh tốc độ

#### 3.1.4.1 Quá trình mở máy của máy điện không đồng bộ

Trong quá trình mở máy động cơ không đồng bộ mômen quay lớn hơn mômen

tải tĩnh và mômen ma sát tĩnh (mômen cản) 1 lượng được gọi là mômen giatốc.

Với:  $M$ ,  $M_c$ ,  $M_J$  là mômen điện từ ( $M$  quay), moomen cản, moomen quán tính.  
là hằng số quán tính.

$G = 9,81$ ; gia tốc trọng trường.

$G$ ,  $D$ : trọng lượng và đường kính phân quay.

Tốc độ góc của roto.

Biết  $M(n)$  và  $M_c(n)$  theo phương trình (3.8) quy luật biến đổi của  $n(t)$  trong quá trình mở máy. Để đảm bảo tăng tốc thuận lợi trong quá trình mở máy phải dữ cho nghĩa là  $M > M_c$  càng lớn thì tốc độ tăng tốc càng nhanh. Với  $(M - M_c)$  không đổi thì máy nào có hằng số quán tính càng nhỏ thì tốc độ tăng tốc càng nhanh.

Với động cơ không đồng bộ:

#### 3.1.4.2 Các yêu cầu khi mở máy

- Tuỳ theo tính chất của tải và tình hình của lưới điện mà yêu cầu về mở máy đối với các động cơ điện cũng khác nhau.

- Phải có mômen mở máy đủ lớn để thích ứng với đặc tính cơ của tải.

- Dòng mở máy càng nhỏ càng tốt.

- Phương pháp mở máy và thiết bị mở máy đơn giản, rẻ tiền, chắc chắn

- Tổn hao công suất trong quá trình mở máy càng ít càng tốt.

#### 3.1.4.3 Các phương pháp mở máy

a, Đối với động cơ roto dây quấn

\* Mở máy bằng cách thêm điện trở phụ roto.

Từ mạch điện thay thế hình ta có: (điện trở của roto:  $R_2 = r_2 + r_f$ )

Với  $C_1 = 1 +$

Như vậy ta có thể giảm  $I_{mm}$  và tăng  $M_{mm}$  bằng cách tăng  $r_f$

Sơ đồ mở máy

Khi mở máy biến trở  $r_f$  được nối với điện trở bản thân dây quấn roto  $r_2$  bằng hệ thống vành trượt chổi than (mắc điện trở vào mạch roto trước khi đóng động cơ vào lưới để đảm bảo cho  $M_{mm}$  ban đầu là cực đại).

Khi động cơ được khởi động xong ta cắt dần điện trở phụ đưa vào mạch roto. quá trình tăng tốc đến điểm làm việc như hình vẽ.

Điện trở ngắn mạch phải tính toán sao cho trong quá trình mở máy  $M_{đt}$  thay đổi

gần trị số cực đại.

Ưu điểm của phương pháp mở máy này: có  $M_{mm}$  lớn và  $I_{mm}$  nhỏ nên có thể sử dụng ở những nơi mở máy khó khăn.

Nhược điểm: roto dây quấn chế tạo phức tạp nên đắt, bảo quản khó. Có tổn hao trên điện trở nên hiệu suất thấp.

b. Đối với động cơ roto lồng sóc

Mở máy trực tiếp

Đóng trực tiếp động cơ vào lưới điện với  $U_1 = U_{1đm}$

Nếu tại thời điểm mở máy  $M > M_c$  thì  $M - M_c = J \frac{d\omega}{dt}$ , trong đó  $J$  là momen quán tính của phần quay động cơ được làm việc ở trạng thái xác lập.

Thời gian mở máy phụ thuộc vào momen quán tính của phần quay và  $(M - M_c)$ . Với các momen điện từ không lớn thì hiệu  $(M - M_c)$  nhỏ quá trình mở máy bị kéo dài, nhiệt độ dây quấn có thể vượt quá mức cho phép vì  $I_{mm} = (4-7)I_{đm}$ .

Khi mở máy trực tiếp các động cơ không đồng bộ roto lồng sóc lớn trong lưới điện công suất không đủ lớn thì  $I_{mm}$  có thể gây nên sụt áp  $U_1$  gây thiệt hại đến các hộ tiêu thụ khác. Vì vậy người ta không dùng phương pháp này trong những điều kiện mở máy nặng nề ( $M_c$  lớn). Chỉ dùng cho những động cơ công suất nhỏ. Nếu nguồn điện lớn thì phương pháp này nhanh, đơn giản.

Mở máy bằng cách hạ điện áp mở máy.

Mục đích là giảm  $I_{mm}$  nhưng  $M_{mm}$  cũng giảm theo chỉ thích hợp với những thiết bị yêu cầu  $M_{mm}$  nhỏ.

Nối tiếp cuộn kháng vào dây quấn stato:

Khi mở máy đóng CD, mở CD2. Mở máy xong đóng CD2 thì điện kháng bị ngắn mạch.

Gọi các đại lượng trong phương pháp mở máy trực tiếp là  $M_{mm}$ ,  $I_{mm}$ ,  $U_{mm} = U_{1đm}$  và các đại lượng tương ứng trong phương pháp mở máy có cuộn kháng là  $M'_{mm}$ ,  $I'_{mm}$ ,  $U'_{mm}$ .

Vì có sụt áp trên cuộn kháng nên điện áp đặt vào dây quấn stato của động cơ giảm nên  $M'_{mm} = k^2 M_{mm}$ .

Ưu điểm: thiết bị đơn giản, dòng mở máy giảm  $k$  lần.

Nhược điểm:  $M_{mm}$  giảm  $k^2$  lần.

Dùng máy biến áp tự ngẫu để hạ điện áp khi mở máy:

- Khi mở máy đóng CD1, CD2 và CD3. Mở máy xong mở CD3, đóng CD2 để cắt máy biến áp tự ngẫu.

Gọi  $k_T$  là tỷ số biến đổi của máy biến áp tự ngẫu  $T$  với  $k_T < 1$

$$U'_{mm} = k_T \cdot U_1 = k_T \cdot U_{mm} \quad (k < 1) \quad (3.10)$$

$$I'_{mm} = k_T \cdot I_{mm} \quad M'_{mm} = k^2 T \cdot M_{mm} \quad (3.11)$$

Gọi dòng  $I_1$  là dòng sơ cấp của máy biến áp ta có:

$$I_1 = k_T \cdot I'_{mm} = k^2 T \cdot I_{mm} \quad (3.12)$$

Như vậy khi mở máy qua máy biến áp tự ngẫu dòng điện trong lưới giảm đi  $k^2 T$  lần so với trường hợp mở máy trực tiếp.

Ưu điểm: dòng mở máy giảm  $k^2 T$  lần.

Nhược điểm:  $M_{mm}$  giảm  $k^2 T$  lần.

Mở máy bằng phương pháp đổi nối sao - tam giác:

Phương pháp này thích hợp với những máy khi làm việc bình thường đấu nối tam giác. Khi mở máy đổi thành đấu sao điện áp đặt vào các dây quấn pha giảm đi lần và tương tự như trường hợp dùng máy biến áp tự ngẫu với tỷ số biến đổi

- Khi mở máy đóng CD1 và đóng CD2 xuống vị trí dưới (đấu Y). Mở máy xong đóng CD2 lên vị trí trên đấu.

- Khi mở máy trực tiếp đấu:

$$U_{mmf} = U_1, \quad I_{mm} = I_{mmf} \quad (3.13)$$

Khi dây quấn đấu Y điện áp pha trên dây quấn là:

Nghĩa là khi mở máy đấu Y dòng và momen mở máy bằng  $1/3$  dòng mở máy đấu trực tiếp.

#### 3.1.4.4 Điều chỉnh tốc độ

a, Yêu cầu khi điều chỉnh:

- Phạm vi điều chỉnh rộng.
- Năng lượng tiêu thụ ít.
- Điều chỉnh tốc độ bằng phẳng.
- Thiết bị sử dụng đơn giản, rẻ tiền dễ thao tác.

Tùy từng trường hợp mà dùng những phương pháp điều chỉnh tốc độ thích hợp cũng thoả mãn được yêu cầu.

Từ công thức:

$$n = (1-s).(60.f_1)/p \quad (3.14)$$

ta có thể điều chỉnh tốc độ bằng cách:

+ Thay đổi hệ số trượt s: thay đổi điện áp  $U_1$  hoặc  $r_2'$

+ Thay đổi tần số  $f_1$ .

+ Thay đổi số đôi cực p.

b, Các phương pháp điều chỉnh

Động cơ rôto lồng sóc:

\* Khi thay đổi điện áp:

Khi giảm điện áp lưới thì M giảm, n giảm nên s tăng.

- Ưu điểm: điều chỉnh tương đối bằng phẳng.

- Nhược điểm: Phạm vi điều chỉnh hẹp ( $0 \div sm$ ), khi không tải thì không điều chỉnh được tốc độ.

\* Dùng nguồn có tần số thay đổi:

Ta có:

$$n = n_1.(1-s) = (1-s).(60.f_1)/p \quad (3.15)$$

Khi s thay đổi ít thì ta có n tỷ lệ với  $f_1$ .

Muốn giữ năng lượng quá tải km không đổi khi thay đổi tần số phải đồng thời điều chỉnh cả điện áp

Nếu bỏ qua  $r_1$  thì  $M_{max}$  với C là hằng số.

Gọi  $f_1$  là tần số điều chỉnh và các đại lượng tương ứng là  $M'_{max}$ ,  $M'$ ,  $U_1$

Với điều kiện  $km = const$

Xét tải có momen không đổi:  $M_c = const$   $M' = M$

quy luật điều chỉnh là:

Xét tải có công suất không đổi:  $P_{co} = M_c \cdot \omega = M' \cdot \omega_1 = const.$

quy luật điều chỉnh:

Xét tải có momen tỷ lệ với bình phương tốc độ:

quy luật điều chỉnh:

Ưu điểm của phương pháp này: điều chỉnh tốc độ bằng phẳng.

Nhược điểm: Thiết bị điều chỉnh phức tạp, đắt tiền

\* Thay đổi số đôi cực



Sơ đồ nguyên lý:

Như vậy: Với 2 cuộn dây ta có thể nối thành số đôi cực  $2p=4$  hoặc  $2p=2$

Sơ đồ thực tế :

$p1$ : Số đôi cực bé, các đại lượng tương ứng:  $P1, M1, IL1$ .

$p2$ : Số đôi cực lớn ( $p2=2p1$ ), các đại lượng tương ứng:  $P2, M2, IL2$ . Mỗi pha dây quấn gồm hai phần giống hệt nhau (thay đổi tốc độ theo tỷ lệ 2:1)

Xét sự biến đổi các đại lượng

+ Sơ đồ Y/YY:

Để đơn giản ta giả thiết trong quá trình thay đổi tốc độ hiệu suất của động cơ không thay đổi.

Sơ đồ Y:  $PY (P1) = U$

Sơ đồ YY:  $PYY =$

Trong đó  $M, P$  là momen và công suất đầu trục của động cơ điện. Khi nối Y/YY thì mômen không thay đổi.

- Sơ đồ / YY:

Khi đấu nối /YY công suất hầu như không thay đổi

- Đặc tính cơ của động cơ điện 2 tốc độ như sau:  $M=f(n)$

Nhược điểm: Điều chỉnh tốc độ nhảy cấp, chỉ dùng với những động cơ có thể đổi nối được:

+ Trên stator đặt một dây quấn mỗi pha gồm 2 phần như nhau và có thể điều chỉnh tốc độ theo tỷ lệ 2:1.

+ Trên stator đặt 2 dây quấn độc lập có số đôi cực khác nhau. Loại này điều chỉnh tốc độ theo tỷ lệ 3:4 hoặc 4:5.

+ Trên stator đặt 2 dây quấn, mỗi dây quấn có thể đổi nối được có thể điều chỉnh 3,4 tốc độ

Động cơ roto dây quấn

- Đưa điện trở phụ vào mạch roto ta có thể thay đổi hệ số trượt  $s$ . Khi tăng  $r_f$  thì  $s$  tăng  $n$  giảm

- Ưu điểm: Thiết bị điều chỉnh đơn giản

- Nhược điểm: Điều chỉnh tốc độ nhảy cấp, phạm vi điều chỉnh phụ thuộc vào  $M_c$ . Khi không tải hoặc khi tải nhỏ hầu như không điều chỉnh được. Khi đưa  $r_f$  vào

mạch roto có tổn hao trên điện trở phụ làm giảm hiệu suất động cơ.

### **CÂU HỎI CUỐI BÀI**

Câu 1: Trình bày cấu tạo của máy điện không đồng bộ?

Câu 2: Trình bày nguyên lý làm việc của máy phát điện không đồng bộ?

Câu 3: Trình bày các quan hệ điện từ khi roto đứng yên?

Câu 4: Trình bày các quan hệ điện từ khi roto quay?

Câu 5: Trình bày quá trình mở máy của máy điện không đồng bộ?

Câu 6: Trình bày phương pháp điều chỉnh tốc độ của máy điện không đồng bộ?

## Bài 9: Máy điện đồng bộ (Số tiết: 03 tiết) [1]; [2]; [3]; [5].

### 3.2 Máy điện đồng bộ

#### 3.2.1 Cấu tạo máy điện đồng bộ

##### 3.2.1.1 Cấu tạo

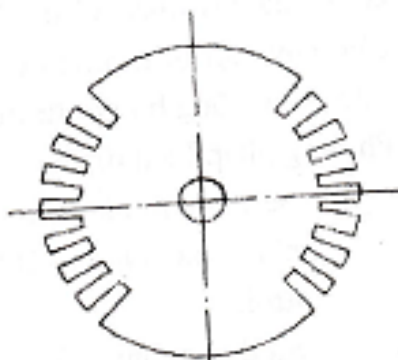
Máy cực ын:

Roto được chế tạo bằng thép hợp kim có chất lượng cao rèn thành khối trụ sau đó gia công và phay rãnh để đặt dây quấn kích từ, Phần không rãnh hình thành mặt cực từ.



Hình 3.5: Cấu tạo của Roto

- Mặt cắt ngang trụ của lõi thép roto như sau:



Hình 3.6: Mặt cắt ngang trụ của lõi thép roto

- Máy cực ын: được chế tạo với  $2p=2$ ,  $n=3000v/f$ . Để hạn chế lực ly tâm trong phạm vi an toàn đối với thép hợp kim chế tạo roto thì đường kính roto không quá 1,1-1,15m. Muốn tăng công suất máy phải tăng chiều dài lõi thép  $l < 6,5m$ .

- Dây quấn kích từ đặt trong rãnh roto được chế tạo từ trong dây đồng tâm, cách điện giữa các vòng dây là các lớp mica hoặc amiăng. Để cố định dây quấn kích từ miệng rãnh phải được nẹp chặt bằng các thanh nẹp không từ tính. Hai đầu dây quấn kích từ đi luôn trong trục và nối với hai vành trượt ở đầu trục và thông qua chổi than

chúng được nối với nguồn một chiều.

Stato:

\* Gồm lõi thép, dây quấn. Ngoài ra còn có thân máy, nắp máy.

+ Lõi thép: được ghép từ các lá thép kỹ thuật điện dày 0,5 mm 2 mặt có phủ sơn cách điện. Dọc chiều dài lõi thép cứ 3 ÷ 6 cm đặt 1 rãnh thông gió 1 cm.

Lõi thép được cố định trong thân máy. ở các máy vừa và lớn thân máy được kết cấu theo kiểu khung thép, bên ngoài bọc các tấm thép dát dày. Thân máy phải được thiết kế sao cho trong máy hình thành 1 hệ thống làm lạnh, thông gió.

Nắp máy: Chế tạo từ gang đúc hoặc thép tấm, ở các máy vừa và lớn trục không đặt ở nắp máy mà đặt ở giá đỡ ổ trục. Giá này cố định vào bộ máy.

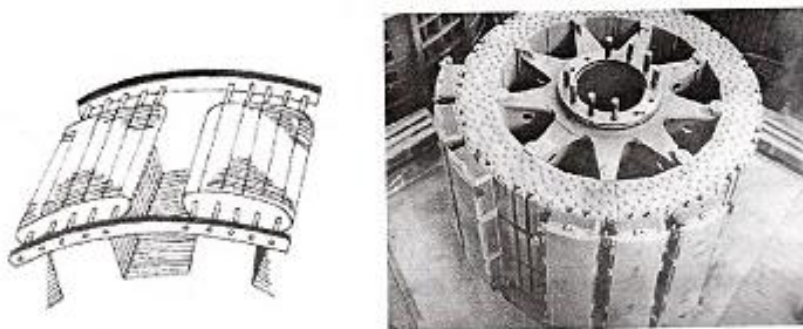
Cấu tạo máy điện đồng bộ cực lõi:

Roto: Lõi thép chế tạo từ thép đúc, được gia công thành khối trụ hoặc lăng trụ, trên mặt có đặt cực từ. ở các máy lớn, lõi thép được ghép từ các tấm thép dày 1-6mm dập hoặc đúc định hình sẵn và lõi thép này được đặt lên giá đỡ roto. Cực từ được ghép từ các lá thép dày từ 1-15mm, được cố định vào lõi nhờ các đuôi hình chữ T hoặc đuôi nhọn, hoặc bằng các bu lông xuyên qua trên mặt cực từ.

Vì tốc độ thấp nên đường kính roto có thể lớn tới 15m và chiều dài lõi sắt lại nhỏ với tỷ lệ:  $l/D=0,15-0,2$ .

Dây quấn kích từ được chế tạo từ dây đồng trần tiết diện hình chữ nhật uốn theo chiều mỏng thành từng cuộn rồi lồng vào thân cực từ. Cách điện giữa các vòng dây cũng là mica hoặc amiăng mỏng...

Dây quấn cảm (dây quấn mở máy ở động cơ đồng bộ) được đặt trên các rãnh xẻ trên mặt cực, dây quấn thường làm bằng các thanh đồng 2 đầu được nối bởi vòng ngắn mạch.



Hình 3.7: Cấu tạo máy điện đồng bộ cực lõi

Stator của máy đồng bộ cực lồi có cấu tạo tương tự như của máy đồng bộ cực ẩn.

### 3.2.1.2 Phân loại

- Theo kết cấu

+ Máy đồng bộ cực ẩn: thích hợp với tốc độ cao ( $2p=2$ )

+ Máy đồng bộ cực lồi: Thích hợp với tốc độ thấp ( $2p=4$ )

- Theo chức năng

+ Máy phát đồng bộ tuốc bin hơi: roto được chế tạo cực ẩn, tốc độ làm việc cao, trục máy được đặt nằm ngang (trục máy được kéo bởi tuốc bin hơi)

+ Máy phát đồng bộ tuốc bin nước: roto được chế tạo cực lồi, tốc độ làm việc thấp, trục máy thường được đặt thẳng đứng (được kéo bởi tuốc bin nước).

+ Máy phát điện Diesel: Trục máy được kéo bởi động cơ diesel, kiểu trục ngang. Thường chế tạo roto cực lồi, được sử dụng làm máy phát điện có công suất nhỏ và cần di động.

### 3.2.1.3 Phương pháp kích từ

a, Yêu cầu đối với hệ kích từ

- Khi làm việc bình thường khả năng điều chỉnh dòng điện kích từ để duy trì điện áp định mức.

- Có khả năng cường bức dòng kích từ tăng nhanh khi điện áp lưới giảm thấp do ngắn mạch từ xa

- Triệt từ trường bằng điện trở từ mà không gây quá điện áp định mức trên mạch kích từ.

b, Các phương pháp kích từ bằng nguồn một chiều.

- Sử dụng máy phát một chiều nối cùng trục với máy phát đồng bộ.

- Sử dụng máy phát kích từ xoay chiều kết hợp với bộ chỉnh lưu.

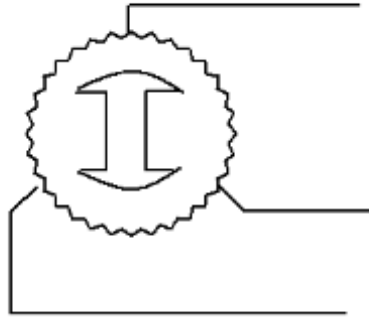
- Phương pháp tự kích thích.

### 3.2.2 Nguyên lý làm việc của máy phát điện đồng bộ

Khi roto quay với tốc độ  $n$  thì từ trường roto (do dòng kích từ một chiều chạy qua các dây quấn roto sinh ra) sẽ quét qua dây quấn ở phía stato và cảm ứng trong nó sức điện động có tần số  $f=pn/60$ . Từ 3 điểm cách đều nhau của dây quấn phần ứng sẽ lấy ra được hệ thống điện áp ba pha đối xứng.

Khi máy phát được nối với tải ba pha đối xứng thì sẽ xuất hiện dòng ba pha đối

xúng chạy qua dây quấn và tải. Hệ thống dòng điện này sinh ra trong không gian khe hở của mát một từ trường quay với tốc độ  $n_1=60f/p$ . Như vậy ta thấy  $n=n_1$  tức là roto quay đồng bộ với từ trường quay.



Hình 3.8: hệ thống điện áp ba pha đối xứng

Phương pháp kích từ cho máy phát:

- Sử dụng nguồn kích từ một chiều từ máy phát kích từ một chiều hoặc từ máy phát xoay chiều kết hợp với bộ chỉnh lưu hoặc nguồn điện chỉnh lưu lấy từ lưới.
- Sử dụng nam châm vĩnh cửu.

Công suất kích từ của máy:  $P_t = (1-5)\%$  công suất của máy.

### 3.2.3 Sơ đồ thay thế máy phát điện đồng bộ

#### 3.2.3.1. Các phương trình cơ bản của máy điện đồng bộ

Phương trình cân bằng sức từ động:

$$\dot{F}_\delta = \dot{F}_t + \dot{F}_u \quad (3.16)$$

- $\dot{F}_\delta$  là sức từ động tổng khe hở.
- $\dot{F}_t$  là sức từ động kích từ do cực từ sinh ra.
- $\dot{F}_u$  là sức từ động phản ứng do dòng phản ứng sinh ra.

Phương trình cân bằng điện áp

\* Đối với máy phát đồng bộ:

$$\dot{U} = \dot{E}_\delta - \dot{I}(r_u + jx_{ou}) \quad (3.17)$$

\* Đối với động cơ đồng bộ :

$$\dot{U} = \dot{E}_\delta + \dot{I}(r_u + jx_{ou}) \quad (3.18)$$

$E_\delta$  là sức điện động cảm ứng trong dây quấn phần ứng do từ trường khe hở

-  $r_u$  và  $x_{ou}$  : điện trở và điện kháng tản từ của dây quấn phần ứng.

### 3.2.3.2 Phương trình cân bằng áp của máy phát đồng bộ

\* Trường hợp mạch từ chưa bão hòa

Có thể coi  $F_t$ ,  $F_u$  độc lập sinh ra từ trường và cảm ứng trong dây quấn phần ứng các

Sức điện động  $E$  và  $E_u$ , bằng phương pháp xếp chồng ta có:  $\dot{E}_\delta = \dot{E} + \dot{E}_u$

Xét khi tải của máy phát là đối xứng:

a, Đối với máy cực ẩ:

+ Phương trình cân bằng áp

$$\begin{aligned}\dot{U} &= \dot{E}_\delta - \dot{I}(r_u + jx_{ou}) = \dot{E}_0 + \dot{E}_u - \dot{I}(r_u + jx_{ou}) \\ \dot{E}_u &= -j\dot{I}x_u \\ \dot{U} &= \dot{E}_0 - j\dot{I}x_u - j\dot{I}x_{ou} - \dot{I}(x_u + x_{ou}) - \dot{I}r_u \\ &= \dot{E}_0 - j\dot{I}x_{db} - \dot{I}r_u\end{aligned}\tag{3.19}$$

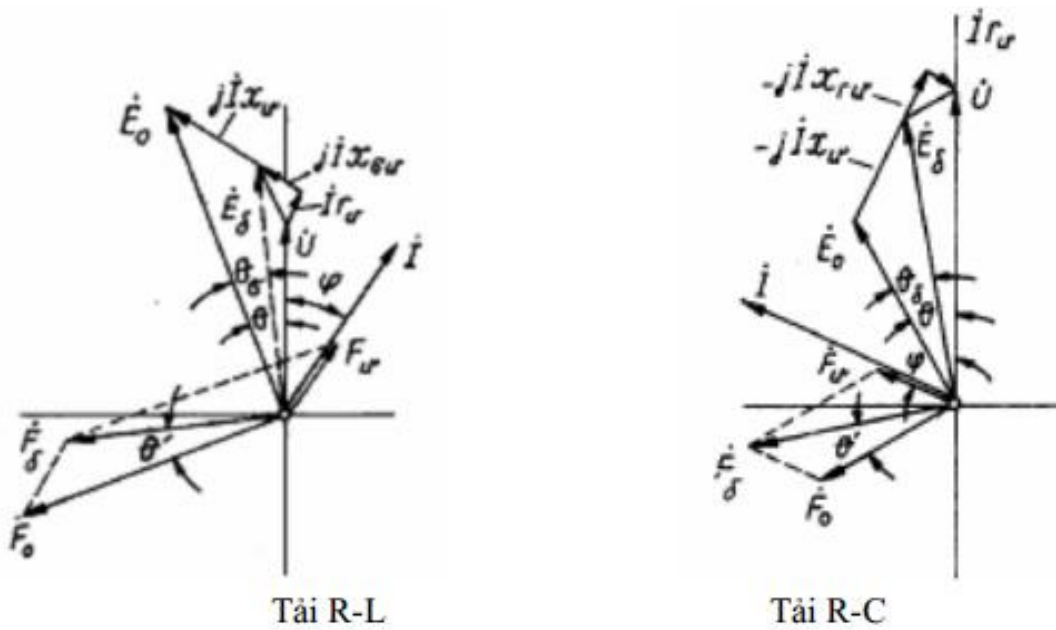
$x_{db} = x_u + x_{ou}$  gọi là điện kháng đồng bộ của máy điện đồng bộ cực ẩ.

$x_{db}^* = 0,7-1,6$ .

b, Máy cực lồi:

$F_u$  được phân tích thành hai thành phần:  $\dot{F}_{ud}, \dot{F}_{uq}$

Tương ứng trong dây quấn sẽ có hai thành phần sức điện động:  $\dot{E}_{ud}, \dot{E}_{uq}$



Hình 3.9: Đồ thị véc tơ máy phát đồng bộ cực ẩn

Với  $\dot{E}_{ud} = -j\dot{I}_d x_{ud}$ ,  $\dot{E}_{uq} = -j\dot{I}_q x_{uq}$

Ta có phương trình:

$$\begin{aligned} \dot{E}_{ud} &= -j\dot{I}_d x_{ud}; \dot{E}_{uq} = -j\dot{I}_q x_{uq}; \dot{U} = \dot{E}_0 + \dot{E}_{ud} + \dot{E}_{uq} - \dot{I}(r_u + jx_{cu}) \\ &= \dot{E}_0 - j\dot{I}_d x_{ud} - j\dot{I}_q x_{uq} - j\dot{I} x_{cu} - \dot{I} r_u \end{aligned} \quad (3.20)$$

Để tiện tính toán ta phân tích véc tơ  $-j\dot{I} x_{cu}$  theo hai hướng dọc trục d và ngang trục

$$-j\dot{I} x_{cu} = -j(\dot{I}_d + \dot{I}_q) x_{cu} = -j\dot{I}_d x_{cu} - j\dot{I}_q x_{cu} \quad (3.21)$$

Thay vào phương trình ta có

$$\begin{aligned} \dot{U} &= \dot{E}_0 - j\dot{I}_d (x_{ud} + x_{cu}) - j\dot{I}_q (x_{uq} + x_{cu}) - \dot{I} r_u \\ &= \dot{E}_0 - j\dot{I}_d x_d - j\dot{I}_q x_q - \dot{I} r_u \end{aligned} \quad (3.22)$$

Trong đó:  $x_d = x_{ud} + x_{cu}$  điện kháng đồng bộ dọc trục,  $x^* = 0,7-1,2$ .

$x_{dq} = x_{uq} + x_{cu}$  điện kháng đồng bộ dọc trục,  $x^* = 0,46-0,76$ .

Đồ thị véc tơ:

\* Tải cảm: (R-L)  $0 < \Psi < 90^\circ$

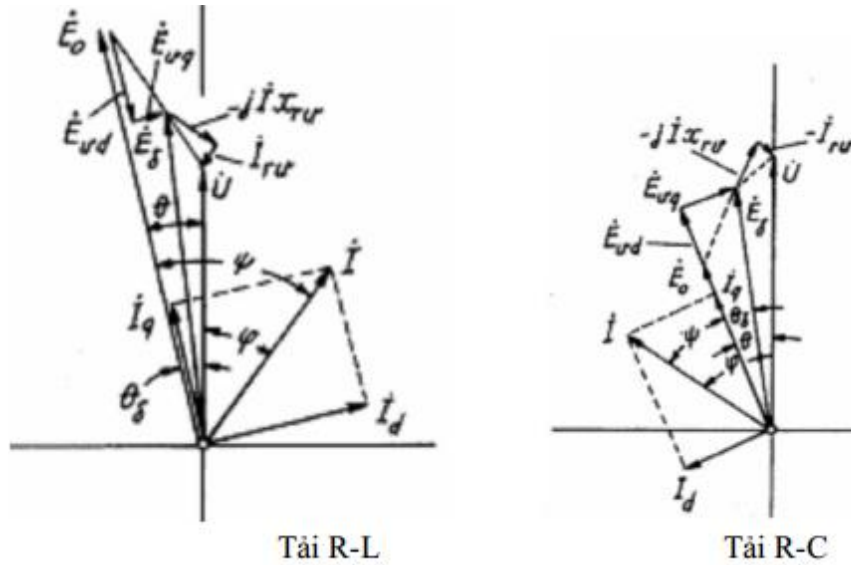
\* Nhận xét: Khi tải mang tính cảm phản ứng phần ứng là khử từ nên  $E_\delta < E$

+ Tải dung: (R-C)

$$-90^\circ < \Psi < 0$$



Do tác dụng trợ từ của phản ứng phần ứng nên  $E_s > E$



Hình 3.9: Đồ thị véc tơ máy phát đồng bộ cực lồi

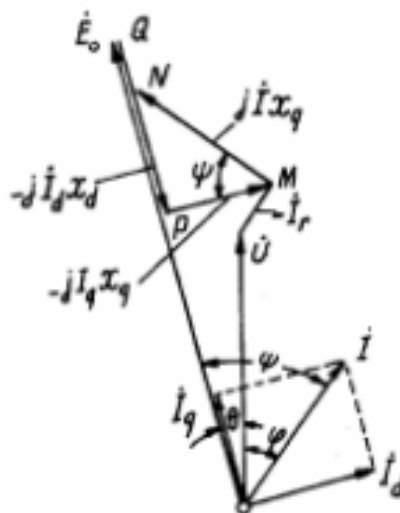
Chú ý:

Nếu biết  $U, I, r, x_d, x_q$  cần xác định đồ thị véc tơ thì ta lần lượt vẽ các véc tơ

- Sau đó vẽ  $MN = j.I.x_q$  thì  $N$  sẽ nằm trên phương của  $E$ , ta xác định được góc

□

- Phân tích véc tơ  $I$  theo 2 hướng  $d$  và  $q$ :  $I_d$  và  $I_q$  • Hạ đoạn thẳng  $MP$  vuông góc  $ON$ :  $MP = I_q.x_q$ . vẽ  $PQ = jI_d.x_d$  thì  $OQ$  chính là  $E$



Hình 3.10: Đồ thị véc tơ máy phát đồng bộ cực lồi khi biến đổi

b, Khi mạch từ bão hòa

Vì các hệ số bão hòa  $k_d$  và  $k_q$  rất khó tính được chính xác nên thực tế các đồ

thị véc tơ điện áp của máy phát đồng bộ trong trường hợp mạch từ bão hoà được thành lập dựa vào các đồ thị sức từ động và sức điện động kết hợp với đường cong từ hoá (hay đặc tính không tải) của máy

### 3.2.3.3 Chuyển hóa năng lượng trong máy điện đồng bộ

Chuyển hoá năng lượng trong máy phát điện đồng bộ:

$$P_{đt} = P_1(\text{cơ}) - p_{cơ} - p_t - p_f \quad (3.23)$$

–  $p_t$ : Tổn hao kích từ.

–  $p_f$ : Tổn hao phụ do từ trường bậc cao trong lõi sắt stato và rôto.

Công suất đầu ra:

$$P_2 = P_{đt} - p_{cu} - p_{Fe} \quad (3.24)$$

–  $p_{cu}$ : Tổn hao đồng trên dây quấn phần ứng.

–  $p_{Fe}$ : Tổn hao sắt từ.

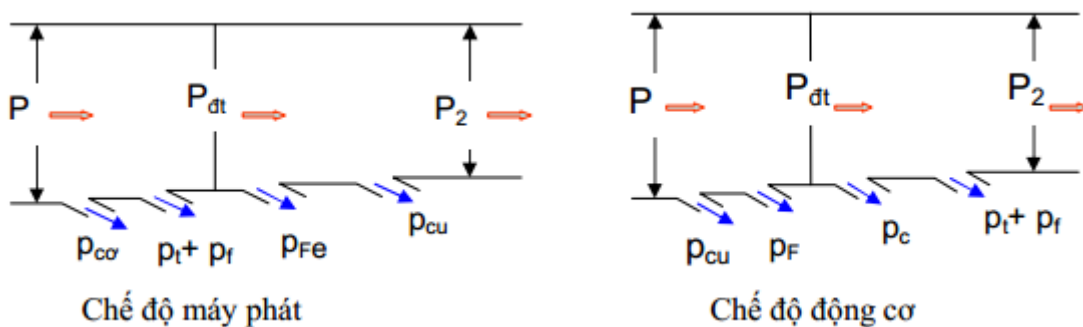
Nhận xét: Quá trình chuyển hoá năng lượng ở máy phát là biến công suất cơ (từ động cơ sơ cấp) thành công suất điện phát vào lưới điện.

– Giảm đồ năng lượng:

Chuyển hoá năng lượng trong động cơ điện đồng bộ:

– Chế độ động cơ:  $P_{đt} = P_1(\text{điện}) - p_{cu} - p_{Fe} \quad (3.25)$

– Công suất đầu ra:  $P_2 = P_{đt} - p_{cơ} - p_t - p_f \quad (3.26)$



Hình 3.10: Giảm đồ năng lượng máy điện đồng bộ

## CÂU HỎI CUỐI BÀI

Câu 1: Trình bày cấu tạo của máy điện đồng bộ?

Câu 2: Trình bày nguyên lý làm việc của máy phát điện đồng bộ?

Câu 3: Trình bày sơ đồ thay thế máy phát điện đồng bộ?

Câu 4: Trình bày Giảm đồ năng lượng máy điện đồng bộ ở chế độ máy phát?

Câu 5: Trình bày Giảm đồ năng lượng máy điện đồng bộ ở chế độ động cơ?

## Bài 10: Động cơ bước (Số tiết: 03 tiết) [1]; [2]; [3]; [5].

### 3.3 Động cơ bước

#### 3.3.1 Phân loại, cấu tạo động cơ bước.

Động cơ bước (còn gọi là Step Motor hay Stepping Motor) chính là một thiết bị cơ điện, nó có tác dụng chuyển đổi năng lượng điện biến thành cơ năng. Ngoài ra, nó cũng là 1 động cơ điện không có chổi than, động cơ đồng bộ, có thể chia một vòng quay đầy đủ ra thành nhiều bước mở rộng.

Trục của động cơ khi đó sẽ quay qua 1 góc cố định của mỗi xung rời rạc. Khi một chuỗi xung hoạt động, nó sẽ được chuyển sang một góc nhất định. Góc mà trục động cơ bước tiến hành quay cho mỗi xung còn được gọi là góc bước, thường được tính bằng độ.



Hình 3.11: Động cơ bước

Nếu góc bước của động cơ càng nhỏ thì số bước trên mỗi vòng quay của nó lại càng lớn và độ chính xác đối với vị trí thu được cũng càng lớn. Các góc bước của động cơ có thể lớn tới 90 độ và nhỏ nhất đến 0,72 độ. Tuy nhiên, các góc bước thường được sử dụng nhiều nhất là 1,8 độ và 2,5 độ hoặc 7,5 độ và 15 độ.

a. Phân loại động cơ bước tùy theo số pha như sau:

- Loại 1: Động cơ bước 2 pha chính là loại động cơ bước bao gồm có 4 dây, động cơ bước 6 dây hoặc có khi là động cơ bước 8 dây.
- Loại 2: Động cơ bước 3 pha là chính là loại động cơ bước 3 dây hoặc có khi là động cơ bước 4 dây.
- Loại 3: Động cơ bước 5 pha chính là loại động cơ bước gồm có 5 dây.

Phân loại theo số lượng cực của động cơ bước như sau:

- Động cơ đơn cực: Dòng điện luôn luôn chạy qua cuộn dây chỉ theo cùng một hướng. Điều này cho phép động cơ sử dụng mạch điều khiển đơn giản, vì nó sẽ tạo ra mô men xoắn ít hơn là động cơ lưỡng cực.

- Động cơ lưỡng cực: Dòng điện của động cơ có thể chạy qua cuộn dây theo 1 trong 2 hướng. Trong khi đó, điều này lại đòi hỏi một mạch điều khiển phức tạp hơn là động cơ đơn cực, nó sẽ tạo ra nhiều mô men xoắn hơn nữa.

Phân loại động cơ bước tùy theo các Rotor như sau:

- Động cơ bước nam châm vĩnh cửu (tiếng Anh gọi là Permanent magnet stepper viết tắt là PM) chỉ sử dụng một nam châm vĩnh cửu bên trong rotor. Nó hoạt động dựa trên lực hút hoặc lực đẩy giữa bộ phận rotor PM và nam châm điện của stator.

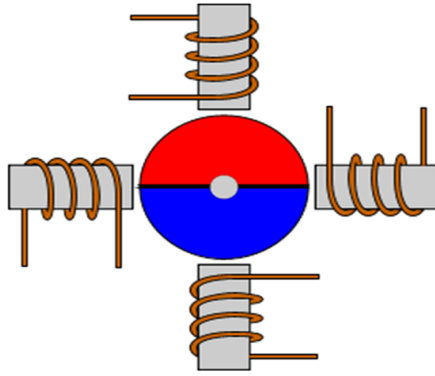
- Động cơ bước có biến đổi điện trở (tiếng Anh gọi là Variable Reluctance Stepper Motor viết tắt VR) có một rotor sắt trơn. Nó hoạt động dựa trên nguyên tắc miễn cưỡng tối thiểu, điều này xảy ra với khe hở tối thiểu, do đó các điểm rotor của động cơ dễ bị hút về phía cực nam châm của phần stator.

- Động cơ bước đồng bộ lai (còn gọi là Hybrid Synchronous Stepper Motor viết tắt là HB. Đặt tên như vậy bởi vì chúng sử dụng kết hợp đồng thời các kỹ thuật nam châm vĩnh cửu (tức là PM) và biến đổi điện trở (tức là VR) để đạt được công suất tối đa trong một kích thước vô cùng nhỏ gọn.

#### b. Cấu tạo động cơ bước

Về cấu tạo, motor step (động cơ bước) thường bao gồm có các bộ phận chính đó là stato, roto chính là nam châm vĩnh cửu. Trong trường hợp động cơ biến từ trở lại chính là những khối răng được làm bằng vật liệu nhẹ có từ tính cao. Động cơ bước được điều khiển bởi một bộ điều khiển từ bên ngoài. Động cơ bước và bộ điều khiển sẽ được thiết kế sao cho chúng có thể giữ nguyên bất kỳ vị trí cố định nào và có thể quay đến được bất kỳ một vị trí nào.

Động cơ bước thường được sử dụng trong hệ thống điều khiển có vòng hở đơn giản, hoặc là vòng kín đều được. Tuy nhiên, khi sử dụng động cơ bước vào trong hệ điều khiển vòng hở khi máy móc bị quá tải thì tất cả các giá trị của động cơ đều bị mất đi và hệ thống cũng cần phải nhận diện lại.



Hình 3.12: Sơ đồ cấu tạo, motor step (động cơ bước)

### 3.3.2 Nguyên lý làm việc của động cơ bước.

Nguyên lý hoạt động của motor bước nam châm vĩnh cửu có 2 cặp cuộn dây pha đó là: Ban đầu vị trí của stato và roto đang ở vị trí phase A. Khi cấp điện cho 2 cuộn dây pha B và D tương ứng trong 2 cuộn sẽ xuất hiện được cực tính.

Do cực tính của các cuộn dây pha và rôto trong động cơ ngược nhau dẫn đến roto sẽ chuyển động được đến vị trí phase B on. Khi cuộn dây pha B và D ngắt điện, còn cuộn dây A và B được cấp điện thì lúc này roto lại chuyển động đến vị trí phase C on.



Hình 3.13: Cực tính của các cuộn dây pha và rôto trong động cơ ngược nhau

### 3.3.3 Các phương pháp điều khiển động cơ bước.

Đầu tiên, bạn cần chỉnh thông số cho các trục X, Y, Z tương ứng với 3 thông số của \$100, \$101, \$102 ở trên phần mềm glbr control 3.61.

Chỉnh dòng sao cho phù hợp với động cơ.

Chỉnh thông số như sau:

- Đầu tiên, hãy tìm hiểu xem loại động cơ của máy là loại bao nhiêu độ 1 bước, cái này có thể quan sát thấy trên thân động cơ. Thông thường, các loại động cơ bước

hiện nay có thông số là 1.8 độ, tức là mỗi một xung cấp từ driver thì nó sẽ quay được 1.8 độ. Vậy muốn động cơ quay được 1 vòng 360 độ thì chúng ta cần bao nhiêu xung? Rất đơn giản, các bạn chỉ cần lấy  $360/1.8 = 200$ .

- Trên driver A4988, động cơ còn có MS1 MS2 MS3, chính 3 jum cắm này bạn sẽ đánh dấu và bảng giá trị cho 3 jum như sau:

Đầu tiên là full step: Khi các bạn để trống cả 3 vị trí này (tức là không cắm jum nào) tức là để mức low (thấp) sẽ tương đương với chế độ full step. Chế độ này đòi hỏi muốn quay được 1 vòng thì bạn sẽ cần  $360/1.8 = 200$  xung

Tiếp đến là chế độ half step: Dựa theo chế độ này thì ta cần cắm jump vào vị trí MS1 để có thể kéo chân đó lên được mức cao. Chế độ này nghĩa là một xung driver cấp động cơ của máy sẽ quay được  $1.8/2 = 0.9$  độ. Vậy để động cơ quay được 1 vòng thì ta sẽ cần là  $360/0.9 = 400$  xung.

Thứ 3 là chế độ quarter step: Dòng chữ “eighth step”, “sixteenth step” được gọi tắt là các chế độ từ 1/4, 1/8 đến 1/16 bước, chúng sẽ setup và hoạt động tương tự. Ở các chế độ này, nếu bạn muốn động cơ quay được 1 vòng thì cần có số xung tương ứng cụ thể là 800, 1600, 3200, Và trên phần mềm, các bạn hãy để ý 3 thông số là: \$100,\$101,\$102,... theo đơn vị của nó là pulse/ mm đây chính là số xung cần cấp để cho trục X, Y, Z của động cơ chạy được 1mm.

Giả sử động cơ của máy là loại 1.8 độ, và các bạn để ở chế độ full step, sử dụng vitme có bước ren 8 (tức là quay 1 vòng sẽ tiến được 8mm) thì ta sẽ tiến hành setup như sau: full step có 1,8 độ, tức là bạn sẽ cần 200 xung để quay được 1 vòng, và để quay 1 vòng thì cần đi được 8mm. Theo đó, muốn đi được 1mm thì cần quay  $200/8 = 25$  vòng.

- Ưu điểm của động cơ bước:

Do cấu trúc bên trong mà động cơ bước không cần cảm biến để có thể phát hiện được vị trí động cơ. Khi động cơ di chuyển đến vị trí mong muốn bằng cách thực hiện các bước thì lúc này cách đơn giản chính là tiến hành đếm các bước này. Khi đó, bạn có thể biết được vị trí động cơ tại 1 thời điểm nhất định.

Ngoài ra, việc điều khiển động cơ bước cũng tương đối đơn giản. Động cơ bước không cần bộ trình điều khiển, cũng không cần tính toán cho phức tạp hoặc phải điều chỉnh để hoạt động cho đúng. Nhìn chung, cách điều khiển động cơ bước vô cùng dễ

dàng.

Với chế độ microstepping, bạn có thể đạt được độ chính xác về vị trí cao nhất, có thể lên tới khoảng  $0,007^\circ$ . Động cơ bước cung cấp mô men xoắn cho động cơ rất tốt ở tốc độ thấp, rất phù hợp cho việc giữ vị trí và nó cũng có tuổi thọ dài hơn



*Hình 3.14: Việc điều khiển động cơ bước cũng tương đối đơn giản*

- Nhược điểm của động cơ bước:

Động cơ bước có thể gặp phải vấn đề như lữ bước khi mô men bị xoắn tải quá cao. Điều này còn gây tác động tiêu cực đến việc kiểm soát vị trí, vì không có cách nào tối ưu để biết được vị trí thực sự của động cơ.

Những động cơ bước luôn tiêu hao dòng điện tối đa, kể cả khi động cơ không hoạt động. Điều này khiến cho hiệu suất làm việc của máy kém hơn và có thể gây ra tình trạng quá nhiệt.

- **Kết luận**

Tóm lại, việc sử dụng động cơ bước chỉ phù hợp khi bạn cần một giải pháp tối ưu để tiết kiệm chi phí, dễ điều khiển và không cần sử dụng đối với các ứng dụng cần mô men xoắn chạy ở tốc độ cao. Động cơ bước có mô men xoắn thấp, do vậy, nó lại trở nên khá ồn khi chạy ở tốc độ cao. Đồng thời, chúng có mật độ công suất thấp và tỷ lệ mô men xoắn theo quán tính thấp.

## **CÂU HỎI CUỐI BÀI**

Câu 1: Trình bày cấu tạo động cơ bước?

Câu 2: Nêu cách phân loại động cơ bước



Câu 3: Trình bày nguyên lý hoạt động của động cơ bước?

Câu 4: Trình bày quá trình mở máy của động cơ bước?

Câu 5: Trình bày các phương pháp điều khiển động cơ bước?

### BÀI TẬP CUỐI CHƯƠNG 3

Bài 1: Một động cơ không đồng bộ quay với vận tốc bằng 1200 vg/ph lúc không tải và 1140 vg/ph lúc đầy tải khi được cấp điện từ nguồn có  $f = 60$  Hz. Tính: động cơ có bao nhiêu cực? Hệ số trượt % lúc đầy tải. Tần số điện áp rotor lúc tải đầy.

Bài 2: Nhãn của một động cơ không đồng bộ ba pha rotor lồng sóc có ghi các số liệu định mức như sau: 18,5, tần số 50Hz, 4 cực từ, dòng stato 40A, điện áp 380V, hệ số công suất là 0,81 và stator đấu Y. Giả sử động cơ có tốc độ quay  $n = 1440$  vòng/ph khi làm việc ở chế độ định mức. Hãy tính:

- Hệ số trượt định mức
- Công suất tác dụng và phản kháng động cơ tiêu thụ từ lưới điện
- Hiệu suất động cơ

Bài 3: Nhãn của một động cơ không đồng bộ ba pha rotor lồng sóc có ghi các số liệu như sau: 18,5kW, tần số 50Hz, 8 cực từ, dòng 40A, 380V có stator đấu Y. Giả sử động cơ tiêu thụ công suất từ lưới điện 20,8kW và tốc độ  $n = 720$  vòng/ph khi làm việc ở chế độ định mức. Hãy tính:

- Hệ số trượt định mức của động cơ
- Hệ số công suất định mức của động cơ
- Momen định mức

Bài 4: Tốc độ khi đầy tải của động cơ không đồng bộ tần số 50Hz là 460vg/ph,  $n_1 = 500$ . Tìm số cực từ và hệ số trượt lúc đầy tải?

Bài 5: Một động cơ không đồng bộ ba pha rotor dây quấn, tần số 50Hz, 6 cực từ 220V có stator đấu  $\Delta$  và rotor đấu Y. Số vòng dây hiệu dụng rotor bằng một nửa số vòng dây hiệu dụng stator. Hãy tính điện áp và tần số giữa các vành trượt nếu:

- Rotor đứng yên
- Hệ số trượt rotor bằng 0,04?

Bài 6: Động cơ không đồng bộ ba pha 3 đôi cực từ, tần số 50 Hz, quay với tốc độ 960vg/ph. Hãy xác định:

- Vận tốc đồng bộ
- Tần số dòng điện rotor
- Vận tốc tương đối của rotor so với từ trường quay

Bài 7: Trên nhãn động cơ KĐB 3 pha, roto lồng sóc có ghi:  $P_{dm}=10kW$ ;

$\Delta/Y=220/380V$ ;  $n_{dm}=1460$  vòng/phút,  $\eta = 0,85$ ;  $\cos \varphi = 0,8$ ; Đấu động cơ vào lưới 3 pha có  $U_d=220V$ ;  $f=50Hz$ . Muốn giảm dòng điện mở máy khi khởi động động cơ trên thì có thể thực hiện bằng những phương pháp nào? Giải thích?

Bài 8: Trên nhãn động cơ KĐB 3 pha, roto lồng sóc có ghi:  $P_{dm}=10kW$ ;  $\Delta/Y=220/380V$ ;  $n_{dm}=1460$  vòng/phút,  $\eta = 0,85$ ;  $\cos \varphi = 0,8$ ; Đấu động cơ vào lưới 3 pha có  $U_d=220V$ ;  $f=50Hz$ .

Hãy giải thích ý nghĩa của các thông số ghi trên nhãn động cơ?

Bài 9: Cho động cơ không đồng bộ 3 pha 6 cực  $U_{dm} = 380V$  đấu Y, tần số  $f = 50Hz$ ,  $P_{dm} = 28$  kw,  $n_{dm} = 980$  vòng/phút,  $\cos \varphi = 0,88$ , tổn hao đồng và sắt Stato là 2,2 kw, tổn hao cơ là 1,1 kw (Bỏ qua tổn hao phụ). Khi tải định mức hãy xác định :

- Hiệu suất,
- Dòng điện Stato
- Tần số dòng điện rôto

Bài 10: Cho động cơ không đồng bộ 3 pha 6 cực  $U_{dm} = 380V$  đấu Y, tần số  $f = 50Hz$ ,  $P_{dm} = 28$  kw,  $n_{dm} = 980$  vòng/phút,  $\cos \varphi = 0,88$ , tổn hao đồng và sắt Stato là 2,2 kw, tổn hao cơ là 1,1 kw (Bỏ qua tổn hao phụ). Khi tải định mức hãy xác định :

- Tổn hao đồng rôto,
- Hệ số trượt,

Bài 11: Động cơ điện không đồng bộ 3 pha rotor lồng sóc. Trên nhãn máy ghi:

$P_{dm} = 45kW$ ;  $2p = 4$ ;  $n_{dm} = 1460$ vg/ph;  $f = 50HZ$ ;  $\Delta/Y-220/380V$ ;  $\frac{I_{mm}}{I_{dm}} = 6$ ;  $\frac{M_{mm}}{M_{dm}} = 2$ ;

$\cos \varphi = 0,8$ ;  $\eta = 0,9$ . Làm việc ở lưới điện  $U_d = 220V$ ; 50Hz. Tính:

- a. Công suất tác dụng  $P_1$ ; công suất phản kháng  $Q_1$ .
- b. Dùng phương pháp mở máy Sao (Y) làm việc Tam giác ( $\Delta$ ) để giảm dòng điện mở máy. Tính dòng điện mở máy và mômen mở máy.

Bài 12: Động cơ điện không đồng bộ 3 pha rotor lồng sóc. Trên nhãn máy ghi:

$P_{dm} = 45kW$ ;  $2p = 4$ ;  $n_{dm} = 1460$ vg/ph;  $f = 50HZ$ ;  $\Delta/Y-220/380V$ ;  $\frac{I_{mm}}{I_{dm}} = 6$ ;  $\frac{M_{mm}}{M_{dm}} = 2$ ;

$\cos \varphi = 0,8$ ;  $\eta = 0,9$ . Làm việc ở lưới điện  $U_d = 220V$ ; 50Hz. Tính:  $I_{dm}$ ,  $I_{mm}$ ,  $M_{dm}$ ,  $M_{mm}$ ,  $S_{dm}$ .

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Vũ Gia Hanh, Trần Khánh Hà, Phan Tử Thụ, Nguyễn Văn Sáu (2001), *Máy điện*, Tập 1, NXB Khoa học và kỹ thuật.

[2] Vũ Gia Hanh, Trần Khánh Hà, Phan Tử Thụ, Nguyễn Văn Sáu (2001), *Máy điện*, Tập 2, NXB Khoa học và kỹ thuật.

[3]. Phạm Văn Chói, Bùi Tín Hữu, Nguyễn Tiến Tôn, (2011), *Khí cụ điện*, NXB Khoa học và Kỹ thuật.

[4]. Bộ môn Công nghệ và thiết bị điều khiển, (2017), *Bài tập thực hành Máy điện và khí cụ điện*, Khoa Công nghệ tự động hóa, Trường Đại Học Công nghệ Thông tin và Truyền thông (thay bằng một cuốn sách xuất bản khác)

[5]. Trần Khánh Hà, Nguyễn Hồng Thanh, (2006), *Thiết kế máy điện*, NXB Văn hóa dân tộc.

## PHỤ LỤC

|  |    |
|--|----|
| Hình 1.1: Sơ đồ mạng truyền tải điện đơn giản.....   | 9  |
| Hình 1.2: Cấu tạo của công tơ.....   | 11 |
| Hình 1.3: Ghép khung từ của máy biến áp a. Ghép rời, b. Ghép xen kẽ.....   | 11 |
| Hình 1.4: Dây quấn đồng tâm và Dây quấn xen kẽ của máy biến áp .....   | 12 |
| Hình 1.5: Dây quấn hình trụ MBA .....  | 12 |
| Hình 1.6: Dây quấn hình xoắn (dây quấn ghép) MBA .....   | 12 |
| Hình 1.7: Dây quấn xoắn ốc liên tục .....  | 13 |
| Hình 1.8: Nắp thùng của MBA.....   | 13 |
| Hình 1.9: Nguyên lý cấu tạo máy biến áp một pha .....  | 14 |
| Hình 1.10: Các kiểu đấu dây quấn.....  | 17 |
| Hình 1.11: Góc lệch pha giữa sức điện động thứ cấp và sơ cấp, a. Cùng chiều quấn dây, cùng ký hiệu đầu dây, b. Cùng chiều quấn dây, cùng ký hiệu đầu dây, c. Ngược chiều quấn dây, cùng ký hiệu đầu dây..... | 17 |
| Hình 1.12: MBA một pha hai dây quấn .....  | 20 |
| Hình 1.13: Mạch điện thay thế của MBA.....   | 24 |
| Hình 1.14: Mạch điện thay thế đơn giản của máy biến áp .....   | 25 |
| Hình 1.15: Sơ đồ thí nghiệm không tải của máy biến áp 1 pha .....  | 27 |
| Hình 1.16: Mạch điện thay thế MBA lúc không tải ( $I_2=0$ ).....   | 27 |
| Hình 1.17: Đồ thị véc tơ .....   | 28 |
| Hình 1.18: Sơ đồ thí nghiệm ngắn mạch .....  | 29 |
| Hình 1.19: Mạch điện thay thế MBA lúc thí nghiệm ngắn mạch .....   | 29 |
| Hình 1.20: Đồ thị véc tơ MBA trong TN ngắn mạch.....   | 30 |
| Hình 1.21: Máy biến áp ba dây quấn.....  | 31 |
| Hình 1.22: Từ thông tản trong máy biến áp ba dây quấn.....   | 32 |
| Hình 1.23: Mạch điện thay thế của máy biến áp ba dây quấn.....   | 32 |
| Hình 1.24: Đồ thị véc tơ của máy biến áp ba dây quấn.....  | 32 |
| Hình 1.25: Sơ đồ và mạch điện thay thế ứng với các thí nghiệm ngắn mạch của máy biến áp ba dây quấn .....  | 33 |
| Hình 1.26: Sơ đồ của máy biến áp tự ngẫu một pha nối thuận, a. Tăng áp b. Giảm áp.....   | 35 |
| Hình 1.27: Máy biến áp hàn hồ quang làm việc có cuộn kháng .....   | 36 |

|  |    |
|--|----|
| Hình 1.28: Sơ đồ đầu dây của một máy biến điện áp một pha.....     | 37 |
| Hình 1.29: Sơ đồ đầu dây của một máy biến dòng điện một pha.....   | 38 |
| Hình 2.1: Cấu tạo của máy điện một chiều .....                     | 41 |
| Hình 2.2: Cổ góp và chổi than của máy điện một chiều .....         | 42 |
| Hình 2.3: Phần động (Rôto).....                                    | 42 |
| Hình 2.4: Nguyên lý làm việc của máy điện một chiều .....          | 43 |
| Hình 2.5: Vị trí của khung dây ở các thời điểm khác nhau .....     | 44 |
| Hình 2.6: Sức điện động trong khung dây và dòng điện .....         | 44 |
| Hình 2.7: Chiều lực điện từ .....                                  | 44 |
| Hình 2.8: Cấu tạo dây quấn phản ứng .....                          | 45 |
| Hình 2.9: U rãnh nguyên tố .....                                   | 46 |
| Hình 2.10: Dây quấn dạng xếp .....                                 | 46 |
| Hình 2.11: Dây quấn dạng sóng .....                                | 46 |
| Hình 2.12: Dây quấn đồng đều và dây quấn theo cấp .....            | 47 |
| Hình 2.13: Thứ tự nối các phần tử dây quấn xếp đơn .....           | 48 |
| Hình 2.14: Giảm đồ khai triển dây quấn xếp đơn .....               | 49 |
| Hình 2.15: Trình tự nối các phần tử dây quấn xếp phức tạp .....    | 50 |
| Hình 2.16: Giảm đồ triển khai dây quấn dây quấn xếp phức tạp ..... | 50 |
| Hình 2.17: Thứ tự nối các phần tử dây quấn sóng đơn .....          | 52 |
| Hình 2.18: Giảm đồ triển khai dây quấn dây quấn sóng đơn .....     | 52 |
| Hình 2.19: Thứ tự nối các phần tử dây quấn sóng phức tạp.....      | 53 |
| Hình 2.20: Sơ đồ triển khai dây quấn sóng phức tạp .....           | 53 |
| Hình 2.21: Giảm đồ năng lượng của máy phát điện.....               | 57 |
| Hình 2.22: Giảm đồ năng lượng của động cơ điện.....                | 58 |
| Hình 2.23: Máy phát điện một chiều kích từ độc lập .....           | 59 |
| Hình 2.24: Máy phát 1 chiều tự kích thích.....                     | 59 |
| Hình 2.24: Sơ đồ máy phát điện một chiều kích từ độc lập .....     | 60 |
| Hình 2.25: Sơ đồ máy phát điện kích từ song song.....              | 61 |
| Hình 2.26: Sơ đồ Máy phát điện kích từ nối tiếp .....              | 62 |
| Hình 2.27: Sơ đồ Máy phát điện kích từ hỗn hợp .....               | 63 |
| Hình 2.28: Phân loại Động cơ điện một chiều .....                  | 64 |

|  |    |
|--|----|
| Hình 2.29: Mở máy trực tiếp .....  | 66 |
| Hình 2.30: Mở máy nhờ biến trở .....   | 66 |
| Hình 3.1: Cấu tạo dây quấn Stator.....   | 70 |
| Hình 3.2: Lõi thép Roto.....   | 70 |
| Hình 3.3: Khi rôto quay cùng chiều từ trường quay nhưng với tốc độ nhỏ hơn ( $n < n_1$ ):<br>( $0 < s < 1$ ) ..... | 72 |
| Hình 3.4: Khi rôto quay thuận chiều và nhanh hơn tốc độ từ trường quay ( $n > n_1$ ): $s < 0$ .....                | 72 |
| Hình 3.5: Cấu tạo của Roto .....   | 83 |
| Hình 3.6: Mặt cắt ngang trụ của lõi thép roto .....  | 83 |
| Hình 3.7: Cấu tạo máy điện đồng bộ cực lồi.....  | 84 |
| Hình 3.8: hệ thống điện áp ba pha đối xứng.....  | 86 |
| Hình 3.9: Đồ thị véc tơ máy phát đồng bộ cực ỏn.....   | 88 |
| Hình 3.9: Đồ thị véc tơ máy phát đồng bộ cực lồi .....   | 89 |
| Hình 3.10: Đồ thị véc tơ máy phát đồng bộ cực lồi khi biến đổi .....   | 89 |
| Hình 3.10: Giảm đồ năng lượng máy điện đồng bộ .....   | 90 |
| Hình 3.11: Động cơ bước .....  | 92 |
| Hình 3.12: Sơ đồ cấu tạo, motor step (động cơ bước) .....  | 94 |
| Hình 3.13: Cực tính của các cuộn dây pha và rôto trong động cơ ngược nhau .....                                    | 94 |
| Hình 3.14: Việc điều khiển động cơ bước cũng tương đối đơn giản .....  | 96 |

## CÁC CÂU HỎI THƯỜNG GẶP

### 1. Nội dung câu hỏi 1

Nêu yêu cầu để mở máy động cơ điện một chiều?

#### Câu trả lời:

Để mở máy động cơ điện 1 chiều được tốt phải thực hiện những yêu cầu sau:

- Momen mở máy (hay khởi động)  $M_k$  phải có trị số cao nhất có thể có để hoàn thành quá trình mở máy, nghĩa là đạt được tốc độ quy định trong thời gian ngắn nhất.

- Dòng điện mở máy (hay khởi động)  $I_k$  phải được hạn chế đến mức nhỏ nhất để tránh cho dây quấn khởi bị cháy hoặc ảnh hưởng xấu đến đổi chiều.

### 2. Nội dung câu hỏi 2

Nêu ưu, nhược điểm của phương pháp điều chỉnh tốc độ động cơ điện một chiều kích từ độc lập bằng cách điều chỉnh điện trở mạch phản ứng

#### Câu trả lời:

Ưu điểm:

- Đơn giản, dễ điều chỉnh
- Dùng để khởi động và điều chỉnh tốc độ động cơ

Nhược điểm:

- Phương pháp chỉ tạo ra được những tốc độ thấp hơn tốc độ cơ bản.
- Giải điều chỉnh phụ thuộc vào độ lớn của mô men tải
- Độ chính xác duy trì tốc độ không cao, độ trơn điều chỉnh kém.
- Tồn hao điện năng dưới dạng nhiệt.

### 3. Nội dung câu hỏi 3

Trạm biến áp 250 (kVA), điện áp 10/0,4 (kV) cấp điện cho hai dây phố, mỗi dây có công suất tính toán 100(kW), cho  $\cos\varphi = 0,85$  (bỏ qua kiểm tra điều kiện ngắn mạch). Anh (chị) hãy lựa chọn các aptomat đặt trong tủ phân phối của trạm.

#### Câu trả lời:

Dòng điện tính toán của mỗi dây phố là:

$$\begin{aligned} I_{u1} = I_{u2} &= \frac{P_{tt}}{\sqrt{3} \cdot U_d \cdot \cos\varphi} \\ &= \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,85} = 178,95(A) \end{aligned}$$



Chọn áp-tô-mát nhánh A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> là:  $I_{dmAN} \geq I_{ttN}$

Suy ra chọn:  $I_{dmA1} = I_{dmA2} \geq 178,95 \text{ A}$

Dòng điện định mức của MBA:

$$I_{dmB} = \frac{S_{dmB}}{\sqrt{3} \cdot U_{dm}} = \frac{250}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 361,27 \text{ (A)}$$

Áp-tô-mát tổng chọn theo dòng định mức của máy biến áp:

$I_{dmAT} \geq I_{dmB}$  suy ra chọn:  $I_{dmAT} \geq 361,27 \text{ A}$

#### 4. Nội dung câu hỏi 4

Động cơ không đồng bộ ba pha rôto lồng sóc có thông số định mức sau:  $P_{dm} = 20\text{kW}$ ;  $n_{dm} = 730 \text{ vg/ph}$ ;  $\Delta/Y - 220/380 \text{ V}$ ;  $\eta_{dm}(\%) = 88$ ,  $\cos\varphi_{dm} = 0,82$ ;  $k_{mm} = 5,5$ . Điện áp nguồn 380/220V. Hãy: Chọn dây chảy cầu chì bảo vệ động cơ cho biết động cơ mở máy không tải.

**Câu trả lời:**

- Tính dòng điện định mức của động cơ

$$I_{dm} = \frac{P_{dm} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{dm} \cdot \eta \cdot \cos\varphi} = \frac{20 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,88 \cdot 0,82} \approx 42,2 \text{ A}$$

- Chọn dây chảy cầu chì:

$$I_{dc} \geq I_{tt} = \frac{k_{mm} \cdot I_{dm}}{k}$$

$$I_{tt} = \frac{5,5 \cdot 42,2}{2,5} \approx 93 \text{ A}$$

Chọn dây chảy cầu chì có dòng điện  $I_{dc} \geq 93 \text{ A}$

#### 5. Nội dung câu hỏi 5

Một máy biến áp một pha 220KVA, 8000/400V, 50Hz có 80 vòng dây quấn thứ cấp. Hãy tính

a. Giá trị dòng điện sơ cấp và thứ cấp

b. Số vòng dây quấn sơ cấp.

**Câu trả lời:**

a. Dòng điện sơ cấp của máy biến áp

$$I_{1dm} = \frac{S_{dm}}{U_{1dm}} = \frac{220 \cdot 1000}{8000} = 27,5 \text{ A}$$

Dòng điện thứ cấp của máy biến áp

$$I_{2dm} = \frac{S_{dm}}{U_{2dm}} = \frac{220.1000}{400} = 550A$$

b. Ta có:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{W_1}{W_2} = \frac{U_{1dm}}{U_{2dm}}$$

$$W_1 = \frac{U_{1dm}}{U_{2dm}} \cdot W_2 = \frac{8000}{400} \cdot 80 = 1600 \text{vong}$$

## 6. Nội dung câu hỏi 6

Một máy biến áp một pha 200KVA, 6000/400V, 50Hz có 80 vòng dây quấn thứ cấp. Hãy tính:

a. Giả sử máy biến áp không tải tính giá trị cực đại của từ thông.

Nếu máy biến áp này được dùng ở nguồn điện có tần số 60Hz.

b. Hãy tính điện áp sơ cấp giả sử từ thông tăng lên khoảng 10%.

c. Giả sử mật độ dòng điện trong dây quấn không đổi. Hãy tính công suất biểu kiến của máy biến áp.

**Câu trả lời:**

a. Ta có:  $U_2 = E_2 = 4,44 \cdot W_2 \cdot f \cdot \phi_m$

$$\phi_m = \frac{U_2}{4,44 \cdot W_2 \cdot f} = \frac{400}{4,44 \cdot 80 \cdot 50} = 0,0225 \text{(Wb)}$$

b. Giá trị từ thông tăng 10% là:

$$0,0225 \times 0,1 = 2,25 \cdot 10^{-3} \text{ Wb}$$

Giá trị điện áp sơ cấp:

$$U_1 = E_1 = 4,44 \cdot W_1 \cdot f \cdot \phi_m = 4,44 \cdot 1200 \cdot 60 \cdot 2,25 \cdot 10^{-3} = 719,28V$$

c. Công suất biểu kiến của máy biến áp khi mật độ dòng điện trong dây quấn không đổi:

$$S = U_1 \cdot I_1$$

$$S = 719,27 \cdot 33,33 = 23973,6VA = 23,9736KVA$$

## 7. Nội dung câu hỏi 7

Nêu ưu, nhược điểm của phương pháp điều chỉnh tốc độ động cơ điện một chiều kích từ độc lập bằng cách thay đổi điện áp phần ứng?

### Câu trả lời:

Ưu điểm:

- Sai số tốc độ không đổi.
- Chỉ thay đổi tốc độ về phía giảm.
- Giải điều chỉnh tương đối rộng  $D = 10 : 1$ .
- Điều chỉnh vô cấp, triệt để.
- Tổn hao năng lượng thấp.

Nhược điểm:

- Phương pháp điều chỉnh phức tạp

### 8. Nội dung câu hỏi 8

Máy phát điện một chiều kích từ song song có số liệu sau:  $r_r = 0,1 \Omega$ ;  $2\Delta_{tx} = 2V$ ; dây quấn phần ứng là dây quấn sóng đơn;  $2p=4$ ;  $Z_{nt}=25$ ; mỗi rãnh đặt 5 dây dẫn;  $\Phi = 0,03Wb$ ;  $n = 1200$  vòng/phút;  $I_{kt} = 2A$ ; cung cấp cho tải dòng điện  $I=18A$ .

a. Hãy xác định điện áp trên 2 cực của máy phát điện trên?

b. Nếu tổn hao công suất không tải bằng 5% công suất tải thì hiệu suất của máy bằng bao nhiêu?

### Câu trả lời:

a. Máy phát 1 chiều kích từ song song:

$$I_r = I_{kt} + I_t = 18 + 2 = 20A$$

$$E_r = C_e \cdot \Phi \cdot n = 150V.$$

$$U = E_r - I_r \cdot R_r - 2\Delta_{tx} \cdot I_r = 146 V.$$

b.

- Công suất máy cung cấp cho tải:  $P_2 = U \cdot I_t = 146 \cdot 18 = 2628 (W)$ .
- Tổn hao công suất không tải:  $\Delta P_0 = 5\% P_2 = 131,4 (w)$ .
- Tổn hao công suất kích từ:  $\Delta P_{kt} = U \cdot I_{kt} = 292 (w)$ .
- Tổn hao trong mạch phần ứng:  $\Delta P_r = I_r^2 \cdot r_r + I_r \cdot 2\Delta_{tx} = 68,4 (w)$ .
- Tổng công suất cơ:  $P_1 = P_2 + \Delta P_0 + \Delta P_{kt} + \Delta P_r = 3119,9 (w)$ .
- Hiệu suất của máy phát:  $\eta = P_2 / P_1 = 0,842$ .

### 9. Nội dung câu hỏi 9

Trên động cơ một chiều có ghi: kích từ song song,  $U_{dm} = 220V$ ;  $P_{dm} = 14 Kw$ ;  $n_{dm} = 800$  vòng/phút;  $R_{kt} = 55 \Omega$ ;  $\eta = 0,8$ ;  $r_r = 0,2 \Omega$ ;  $C_e = 10$ ;  $2\Delta U_{tx} = 2V$ .

Hãy xác định các loại tổn hao công suất trong động cơ ở chế độ định mức?

**Câu trả lời:**

- Tổn hao công suất trong mạch phản ứng:

$$\Delta P_{ur} = I_{ur}^2 \cdot r_{ur} + I_{ur} \cdot 2\Delta U_{tx} = 1292,3(\text{w}).$$

- Tổn hao công suất kích từ:  $\Delta P_{kt} = U \cdot I_{kt} = \frac{U^2}{R_{kt}} = 880 (\text{w}).$

- Tổn hao công suất không tải:  $\Delta P_0 = M_0 \cdot \omega_{dm} = 1326,47(\text{w}).$

**10. Nội dung câu hỏi 10**

Một động cơ một chiều kích từ song song  $P_{dm}=5,5 \text{ kW}$ ,  $U_{dm}=110\text{V}$ ,  $I_{dm}=58\text{A}$ , tổng dòng điện đưa vào bao gồm dòng điện phản ứng  $I_u$  và kích từ  $I_t$ ,  $n_{dm}=1470\text{vg/ph}$ ,  $R_{ur} = 0,15\Omega$ , điện trở mạch kích từ  $r_t=137\Omega$ , điện áp giáng trên chổi than  $2\Delta U_{tk}=2\text{V}$ . Hỏi sức điện động phản ứng, dòng điện phản ứng và momen điện từ?

**Câu trả lời:**

Dòng điện kích từ:

$$I_t = \frac{U}{r_t} = \frac{110}{137} = 0,8\text{A}$$

Dòng điện phản ứng:

$$I_u = I_{dm} - I_t = 58 - 0,8 = 57,2 \text{ A}$$

Sức điện động phản ứng:

$$E_{ur} = U - I_{ur}R_{ur} - 2\Delta U_{tx} = 110 - (57,2 \cdot 0,15) - 2 = 99,4\text{V}$$

Momen điện từ:

$$M = \frac{E_{ur}I_{ur}}{\omega} = \frac{E_{ur}I_{ur}}{\frac{2\pi n}{60}} = \frac{99,4 \cdot 57,2}{\frac{2 \cdot \pi \cdot 1470}{60}} = 36,9 \text{ N.m}$$

Nếu tính ra kG.m thì

$$M = \frac{36,9}{9,81} = 3,76 \text{ kG.m}$$

**11. Nội dung câu hỏi 11**

Hãy trình bày tại sao khi máy phát đang làm việc bình thường mà xảy ra ngắn mạch 2 cực máy thì ở máy phát kích từ độc lập sẽ rất nguy hiểm? còn ở máy phát kích

từ song song không nguy hiểm.

**Câu trả lời:**

Máy phát 1 chiều đang làm việc bình thường xảy ra ngắn mạch 2 cực máy thì:

+ Máy phát 1 chiều kích từ độc lập sẽ rất nguy hiểm vì:  $I_{kt}$  có giá trị lớn  $\rightarrow \Phi$  lớn  $\rightarrow E_r$  lớn  $\rightarrow I_N$  lớn  $\rightarrow$  có thể gây cháy máy phát.

+ Máy phát 1 chiều kích từ song song sẽ rất không nguy hiểm vì:  $I_{kt}$  có giá trị nhỏ  $\rightarrow \Phi$  nhỏ  $\rightarrow E_r$  nhỏ  $\rightarrow I_N$  nhỏ  $\rightarrow$  không gây nguy hiểm cho máy

**12. Nội dung câu hỏi 12**

Nêu ưu, nhược điểm của mạch mở máy động cơ không đồng bộ xoay chiều 3 pha rô to lồng sóc dùng phương pháp đổi nối sao - tam giác sử dụng rơ le thời gian?

**Câu trả lời:**

Ưu, nhược điểm:

- Động cơ mở máy ở chế độ sao điện áp giảm  $\sqrt{3}$  lần so với chạy ở chế độ tam giác.
- Độ cứng đặc tính cơ giảm.
- Thời gian chuyển đổi từ sao (Y) sang tam giác ( $\Delta$ ) phụ thuộc vào tính chất tải.
- Điều khiển đơn giản, chính vì vậy phương pháp này được ứng dụng rất rộng rãi.

**13. Nội dung câu hỏi 13**

Trong trạm biếp áp phân phối có đặt máy biến áp 3 pha. Trên nhãn MBA ghi: 560kVA, 35/0,4 kV, P0=1060W, PN=5470W, UN%=5, I0%=1,5; Y/Y0-12;  $\pm 5\%$ .

- a. Hãy xác định điện trở và điện kháng của MBA (quy đổi về phía thứ cấp MBA)?
- b. Tính độ biến thiên điện áp thứ cấp và điện áp thứ cấp khi  $K_t=0,7$ ;  $\cos\phi = 0,8$ ; tải có tính chất cảm. Biết điện áp tại thanh góp sơ cấp MBA bằng điện áp định mức.

**Câu trả lời:**

- a. Hãy xác định điện trở và điện kháng của MBA (quy đổi về phía thứ cấp MBA)

$$R_{BA} = \frac{\Delta P_N \cdot U_{dm}^2}{S_{dm}^2} \cdot 10^3 = \frac{5,47 \cdot 0,4^2}{560^2} \cdot 10^3 = 0,00279 \Omega$$

$$X_{BA} = \frac{U_{N\%} \cdot U_{đm}^2}{S_{đm}} \cdot 10 = 0,0143\Omega.$$

b. Tính độ biến thiên điện áp thứ cấp:

$$\Delta U_{2\%} = K_t \cdot (U_{NR\%} \cdot \cos \varphi_t + U_{NX\%} \cdot \sin \varphi_t)$$

$$\text{Vậy } \Delta U_{2\%} = 0,7 \cdot (0,976 \cdot 0,8 + 4,903 \cdot 0,6) = 2,6$$

Giá trị điện áp hao tổn trong MBA:

$$\Delta U_2 = \frac{\Delta U_{2\%} \cdot U_{2đm}}{100} = 0,0104\text{kV} = 10,4\text{V}$$

$$\text{- Điện áp thứ cấp: } U_2 = U_{2đm} - \Delta U_2 = 389,6\text{V}$$

#### 14. Nội dung câu hỏi 14

Trình bày cấu tạo động cơ không đồng bộ xoay chiều ba pha rôto lồng sóc?

**Câu trả lời:**

1, Stato (phần tĩnh):

Gồm: Lõi thép, dây quấn và vỏ máy

a. Lõi thép:

Là phần dẫn từ được chế tạo từ các lá thép kỹ thuật điện bề dày từ (0,35 mm đến 0,5 mm) có phủ sơn cách điện ghép lại với nhau thành một khối hình trụ rỗng, mặt trong có xẻ rãnh để đặt dây quấn.

b. Dây quấn:

Dây quấn stato là dây quấn thường làm bằng dây đồng hoặc nhôm có bọc cách điện (còn gọi là dây ê may hay dây điện từ) được đặt rải trong các rãnh lõi thép.

c. Vỏ máy:

Làm bằng gang, nhôm hoặc thép đúc. Để bảo vệ và giữ chặt lõi thép stato. Vỏ máy có chân máy để cố định máy trên bệ, hai đầu có nắp máy để đỡ trục rô to và bảo vệ dây quấn.

2, Rô to (phần quay):

Gồm: lõi thép, trục và dây quấn

a. Lõi thép:

Gồm các lá thép kỹ thuật điện ghép lại với nhau tạo thành một khối hình trụ rỗng, mặt ngoài xẻ rãnh để đặt dây quấn. Ở giữa có lỗ để lắp trục.

b. Dây quấn rôto kiểu lồng sóc:

Dây quấn là các thanh dẫn bằng đồng hoặc nhôm đặt trên các rãnh lõi thép rôto, hai đầu thanh dẫn nối với hai vòng đồng hay nhôm, gọi là vòng ngắn mạch. Như vậy dây quấn rôto hình thành một cái lồng, quen gọi là lồng sóc.

### 15. Nội dung câu hỏi 15

Một động cơ điện không đồng bộ 3 pha rô to lồng sóc có các thông số ghi trên thẻ máy:  $P_{đm} = 37\text{kW}$ ;  $2p = 4$ ;  $n_{đm} = 1450\text{vg/ph}$ ;  $f = 50\text{Hz}$ ;  $\Delta/Y-380/660\text{V}$ ;  $\cos\varphi = 0,8$ ;  $\eta = 0,9$ . Đầu động cơ này làm việc ở lưới điện 380/220V; 50Hz.

a. Tính dòng điện định mức  $I_{đm}$  động cơ.

b. Tính công suất tác dụng  $P_1$  và công suất phản kháng  $Q_1$  động cơ tiêu thụ.

#### Câu trả lời:

a) Dòng điện định mức của động cơ:

$$I_{đm} = \frac{P_{đm}}{\sqrt{3}U_{đm} \cdot \eta \cdot \cos\varphi}$$

$$I_{đm} = \frac{37 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,9 \cdot 0,8} \approx 78(A)$$

b) Công suất tác dụng và công suất phản kháng động cơ tiêu thụ

- Công suất tác dụng:

$$P_1 = \frac{P_{đm}}{\eta} = \frac{37}{0,9} = 41,1(kW)$$

- Công suất phản kháng:

$$Q_1 = P_1 \tan\varphi = 41,1 \cdot 0,75 = 30,8(kVA)$$

### 16. Nội dung câu hỏi 16

Trình bày các điều kiện làm việc song song của máy biến áp?

#### Câu trả lời:

- Các điều kiện làm việc song song của máy biến áp:

- Cùng tổ nối dây

- Điện áp định mức sơ cấp và thứ cấp bằng nhau hoặc hệ số máy biến áp bằng nhau

- Điện áp ngắn mạch bằng nhau

Trong thực tế chỉ có điều kiện 1 phải tuân thủ một cách tuyệt đối. Các điều kiện

2,3 được thực hiện với 1 mức độ sai khác nhất định được quy định trong 1 giới hạn cho phép.

### 17. Nội dung câu hỏi 17

Một động cơ điện không đồng bộ ba pha rô to lồng sóc có các thông số kỹ thuật sau:  $P_{đm} = 40\text{kW}$ ;  $U_{đm} = 380\text{ V}$ ;  $\eta = 0,95$ ;  $\cos\varphi_{đm} = 0,8$ . Làm việc ở điện áp nguồn 3pha 380/220V. Tính: Mô men định mức  $M_{đm}$  và dòng điện định mức  $I_{đm}$  của động cơ.

#### Câu trả lời:

Tính  $M_{đm}$ ;  $I_{đm}$ :

- Mô men định mức của động cơ:

$$M_{đm} = \frac{P_{đm}}{\omega_{đm}} = 9550 \frac{P_{đm}}{n_{đm}} \text{ (Nm)}$$

$$M_{đm} = 9550 \frac{40}{1440} = 265,27 \text{ Nm}$$

- Dòng điện định mức của động cơ:

$$I_{đm} = \frac{P_{đm}}{\sqrt{3} \cdot U_{đm} \cdot \eta \cdot \cos\varphi_{đm}} = \frac{40 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,95 \cdot 0,8} = 79,97 \text{ (A)}$$

### 18. Nội dung câu hỏi 18

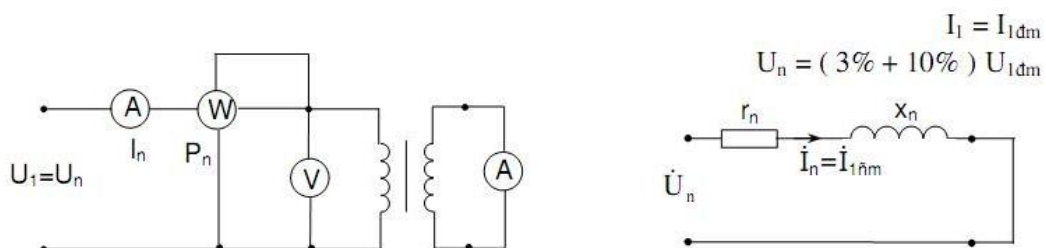
Nêu mục đích và trình bày cách tiến hành thí nghiệm ngắn mạch của máy biến áp?

#### Câu trả lời:

- Thí nghiệm ngắn mạch là để xác định điện áp ngắn mạch phần trăm  $U_n\%$ , tổn hao đồng định mức  $P_{đđm}$ , hệ số công suất  $\cos\varphi_n$ , điện trở ngắn mạch  $r_n$  và điện kháng ngắn mạch  $x_n$  của mạch điện thay thế mba.

- Dây quấn thứ cấp bị nối ngắn mạch và điện áp đặt vào dây quấn sơ cấp phải được hạ thấp sao cho dòng điện trong đó bằng dòng điện định mức.

- Sơ đồ thí nghiệm:





### 19. Nội dung câu hỏi 19

Một động cơ điện không đồng bộ ba pha rô to lồng sóc có các thông số kỹ thuật sau:  $P_{đm} = 40\text{kW}$ ;  $U_{đm} = 380\text{ V}$ ;  $\eta = 0,95$ ;  $\cos\varphi_{đm} = 0,8$ . Làm việc ở điện áp nguồn 3pha 380/220V. Dùng máy biến áp tự ngẫu để mở máy cho động cơ. Tính điện áp thứ cấp máy biến áp để dòng điện mở máy giảm 2,5 lần so với dòng điện mở máy khi mở máy trực tiếp

#### Câu trả lời:

Tính điện áp phía thứ cấp của máy biến áp tự ngẫu để dòng mở máy giảm 2,5 so với dòng mở máy trực tiếp:

- Hệ số biến áp của máy biến áp tự ngẫu:

$$k_{ba} = \sqrt{2,5} = 1,58.$$

- Điện áp phía hạ áp máy biến áp:

$$U_2 = U_1 / k_{ba} = 380 / 1,58 = 240,5\text{ (V)}$$

### 20. Nội dung câu hỏi 20

Động cơ điện không đồng bộ 3 pha rotor lồng sóc. Trên nhãn máy ghi:  $P_{đm} = 45\text{kW}$ ;  $2p = 4$ ;  $n_{đm} = 1460\text{vg/ph}$ ;  $f = 50\text{HZ}$ ;  $\Delta/Y-220/380\text{V}$ ;  $\frac{I_{mm}}{I_{đm}} = 6$ ;  $\frac{M_{mm}}{M_{đm}} = 2$ ;  $\cos\varphi = 0,8$ ;  $\eta = 0,9$ . Làm việc ở lưới điện  $U_d = 220\text{V}$ ;  $50\text{Hz}$ . Tính:  $I_{đm}$ ,  $I_{mm}$ ,  $M_{đm}$ ,  $M_{mm}$ ,  $s_{đm}$ .

#### Câu trả lời:

Tính  $I_{đm}$ ,  $I_{mm}$ ,  $M_{đm}$ ,  $M_{mm}$ ,  $s_{đm}$ .

$$I_{đm} = \frac{P_{đm}}{\sqrt{3} \cdot U_{đm} \cdot \eta \cdot \cos\varphi} = \frac{45 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 0,9 \cdot 0,8} = 164,2\text{ A}$$

$$- I_{mm} = 6 \cdot I_{đm} = 985,2\text{ A}$$

$$- M_{đm} = \frac{P_{đm}}{\omega_{đm}} = 9550 \frac{45}{1460} = 294,3\text{ Nm}$$

$$- M_{mm} = 2 \cdot M_{đm} = 588,6\text{ Nm}$$

$$\text{Với } n_1 = \frac{60 \cdot f}{p} = \frac{60 \cdot 50}{2} = 1500\text{ vg/ph}$$

$$s_{đm} = \frac{n_1 - n_{đm}}{n_1} = \frac{1500 - 1460}{1500} = 0,0266$$

## BÀI TẬP THỰC HÀNH

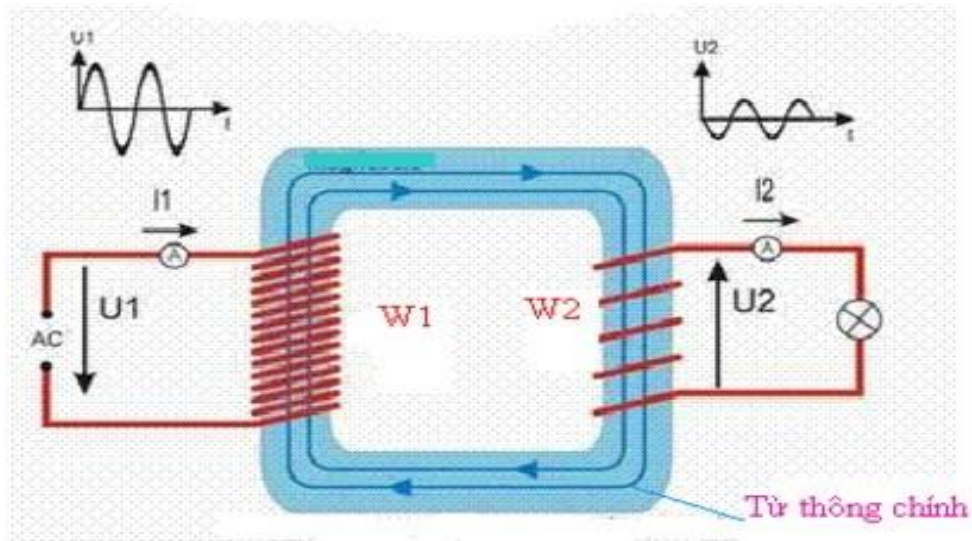
### Bài thực hành số 1: TÍNH TOÁN CÁC THÔNG SỐ MÁY BIẾN ÁP. THIẾT KẾ MÁY BIẾN ÁP 1 PHA (số tiết: 03 tiết) [4].

+ **Mục đích của bài thực hành:** Sinh viên nắm được cấu tạo và nguyên lý hoạt động của máy biến áp, hiểu được quy trình chung để tính toán, thiết kế máy biến áp 1 pha công suất nhỏ.

+ **Yêu cầu cần đạt được của bài thực hành:** Sinh viên biết cách tính toán của từng bước khi thiết kế máy biến áp 1 pha công suất nhỏ.

#### 1.1. Tóm tắt kiến thức có liên quan

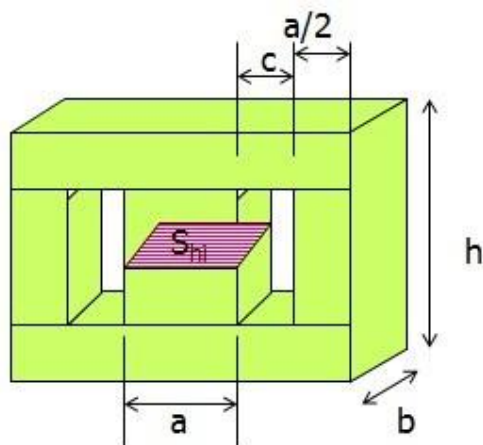
Máy biến áp 1 pha thường được dùng phổ biến trong đồ điện và điện tử dân dụng như: Biến áp tăng giảm điện, biến áp hạ áp, biến áp nguồn. Muốn tăng điện áp thì số vòng dây quấn cuộn thứ cấp phải nhiều hơn số vòng dây cuộn sơ cấp. Muốn giảm điện áp ra thì số vòng dây quấn cuộn thứ cấp phải ít hơn số vòng dây cuộn sơ cấp.



Hình 1.1: Sơ đồ nguyên lý của máy biến áp 1 pha

$$k = \frac{U_1}{U_2} = \frac{W_1}{W_2}$$

#### 1.2. Các thông số cần tính toán



- 1-Tính công suất (  $S_{dm}$  )
- 2-Tính toán mạch từ ( Tiết diện lõi thép, lá thép... )
- 3-Tính số vòng dây của các cuộn dây. (  $N_1, N_2$  )
- 4-Tiết diện dây quấn (  $S_d$  ), chọn đường kính dây (  $D_{dq}$  )
- 5-Tính diện tích cửa sổ lõi thép (  $S_{cs}$  )

### 1.3. Các bước tiến hành tính toán

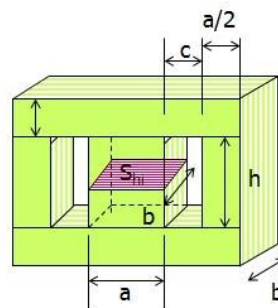
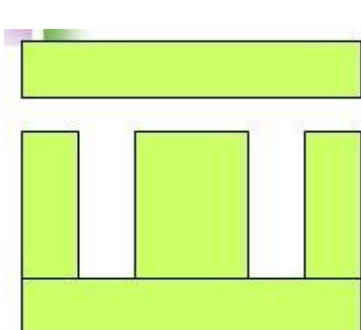
#### 1.3.1. Xác định công suất máy biến áp

Xác định công suất MBA cần chế tạo, vì hiệu suất MBA rất cao, nên:  $S_1 = S_2 = U_2 \times I_2$  (V.A)

Công suất MBA cần chế tạo sẽ là:  $S_{dm} = U_2 \times I_2$  (V.A)

Trong đó:  $U_2$  và  $I_2$  là điện áp và dòng điện thứ cấp định mức của MBA theo yêu cầu của người thiết kế (dựa vào phụ tải).

#### 1.3.2. Tính toán mạch từ máy biến áp



a. Chọn mạch từ kiểu bọc có kích thước như sau:

a: Chiều rộng trụ quấn dây.

b: Chiều dày trụ quấn.

c: Chiều rộng cửa sổ.

h: Chiều cao cửa sổ.

a/2: Độ rộng lá thép chữ I.

Như vậy, tiết diện trụ thép chính:  $S_{hi} = a \times b$  (cm)

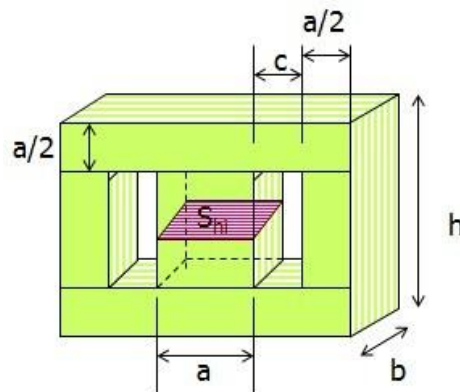
b. Tính tiết diện trụ quấn dây của lõi thép:

Diện tích của trụ quấn dây phải phù hợp với công suất MBA. Tính gần đúng bằng:

$$S_{hi} = 1.2 \sqrt{S_{đm}}$$

**Trong đó:**  $S_{hi} = a \times b$  (cm<sup>2</sup>) là diện tích hữu ích của trụ.

$S_{đm}$  là công suất MBA (V.A.)



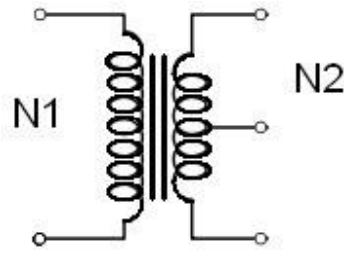
Tính tiết diện trụ quấn dây của lõi thép:

Biết diện tích của trụ quấn dây, tính bề dày của lõi thép và số X tấm lá thép ( dày 0,5mm)

$$S_{hi} = a \times b \Rightarrow b = \frac{S}{a} \text{ và } X = \frac{b \times 10}{0,5}$$

Trong đó:  $S_{hi} = a \times b$  (cm<sup>2</sup>) là diện tích hữu ích của trụ. X là số tấm lá thép ( dày 0,5mm)

1.3.3. Tính số vòng dây của các cuộn dây MBA



Xác định số vòng/ 1 vôn (n) là đại lượng trung gian để tính số vòng sơ cấp  $N_1$  và thứ cấp  $N_2$  :

- Số vòng n tính theo công thức thực hành:

$$n = \frac{42}{S_{hi}} = 50$$

**Trong đó:** 42 là hệ số cho sắt tốt; 50 : là hệ số cho sắt xấu

- Từ đó, tính được số vòng cuộn sơ cấp:  $N_1 = n \times U_1$ .

Số vòng cuộn thứ cấp:  $N_2 = n \times (U_2 + 10\% U_2)$

#### 1.3.4. Tính tiết diện dây quấn hoặc đường kính dây

Tiết diện dây dẫn được tính như sau:  $S_d = \frac{I}{J}$

**Trong đó:**  $S_d$  là tiết diện dây (  $\text{mm}^2$  )

I : Cường độ ( cuộn sơ hoặc thứ ) : Ampe

J: Mật độ dòng điện  $\text{A}/\text{mm}^2$

+ Bảng chọn trị số J theo công suất MBA:

|                             |      |      |      |     |           |
|-----------------------------|------|------|------|-----|-----------|
| $S_{dm}(\text{VA})$         | >500 | >200 | >100 | >50 | $\leq 50$ |
| J( $\text{A}/\text{mm}^2$ ) | 2    | 2.5  | 3    | 3,5 | 4         |

Đường kính dây quấn được tính như sau:

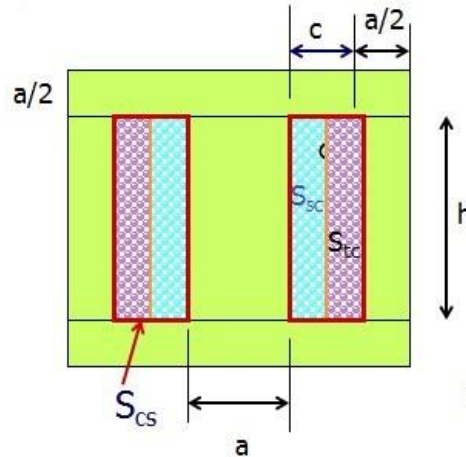
$$D_d = \sqrt{\frac{4S_d}{3,14}}$$

**Trong đó:**  $S_d$  là tiết diện dây (  $\text{mm}^2$  )

D<sub>d</sub>: Đường kính ( cuộn sơ hoặc thứ ) :mm

Π: Chọn 3,14

### 1.3.5. Tính diện tích cửa sổ lõi thép MBA



+Diện tích cửa sổ lõi thép có kích thước như sau:  $S_{cs} = H \times c$

Chiều cao cửa sổ:  $H = 3c$  sẽ tiết kiệm vật liệu và hình dáng MBA đẹp.

Tổng tiết diện 2 cuộn dây sơ cấp và thứ cấp.

$$S_{sc} = N_1 \cdot S_{d1} \quad \text{và}$$

$$S_{tc} = N_2 \cdot S_{d2}$$

$$S_{cs} = h \cdot c \geq \frac{S_{sc} + S_{tc}}{K_l}$$

$K_l$ : hệ số lấp đầy.  $K_l = 0,2 \Rightarrow 0,3 \Rightarrow 0,4$ : theo công suất  $S_{dm}$  tăng lên từ 100 – 500 VA

#### Câu hỏi cuối bài

1. Tính toán mạch từ cho 1 MBA dự kiến điện áp vào 220V, điện áp ra 12V, 5A?
2. Tính toán mạch từ cho 1 MBA công suất nhỏ, dự kiến điện áp vào 220V, điện áp ra 12V, 3A?
3. Tính toán số vòng/vôn và số vòng sơ cấp, thứ cấp cho 1 MBA dự kiến điện áp vào 220V, điện áp ra 12V, 3A?
4. Tính toán để quấn dây cho 1 MBA có điện áp cuộn sơ cấp là 220V, cuộn thứ cấp có điện áp là 6V, 12V. Cho sắt tốt, mẫu lá thép bọc có  $a = 3$  cm.
5. Cho mẫu lá thép đo được  $a = 3,2$  cm,  $b = 3,8$  cm. Tính công suất dự kiến của MBA. Cho  $U_1 = 48V$ ,  $U_2 = 6V, 9V$ . Tính số vòng dây và vẽ sơ đồ quấn dây cho máy?

## **Bài thực hành số 2: MÁY ĐIỆN 1 CHIỀU VÀ SƠ ĐỒ TRẢI DÂY QUẤN MÁY ĐIỆN MỘT CHIỀU (số tiết: 03 tiết) [4].**

+ **Mục đích của bài thực hành:** Tìm hiểu cấu tạo của máy điện một chiều, biết xây dựng được các loại sơ đồ dây quấn của máy điện một chiều thông dụng, lựa chọn và sử dụng đúng kiểu sơ đồ dây quấn trong thực tế sửa chữa máy điện một chiều.

+ **Yêu cầu cần đạt được của bài thực hành:** Tính toán được các thông số của sơ đồ dây quấn của máy điện một chiều thông dụng.

### **2.1. Cơ sở lý thuyết**

#### **2.1.1. Tóm tắt kiến thức có liên quan**

- Cấu tạo máy điện một chiều gồm có hai phần: phần tĩnh và phần động. Phần tĩnh là bộ phận sinh ra từ trường bao gồm cực từ chính và cực từ phụ, gông từ, cơ cấu chổi than, nắp máy. Phần động là phần cảm ứng ra sức điện động và có dòng điện chạy qua gồm lõi sắt phần ứng, dây quấn phần ứng, cổ góp, cánh quạt, trục máy.

- Sơ đồ trải dây quấn cho máy điện một chiều gồm: có các dây cuốn xếp đơn, sóng đơn, sóng phức tạp, xếp phức tạp, dây cân bằng điện thế.

- Thông số cơ bản của sơ đồ trải dây quấn stator

#### **(1) Các bước dây quấn: (để mục (a),b,c**

- Bước dây quấn thứ nhất  $y_1$  là khoảng cách giữa 2 cạnh tác dụng của 1 phần tử

- Bước dây quấn thứ hai  $y_2$  là khoảng cách giữa 2 cạnh tác dụng thứ 2 của phần tử thứ nhất và cạnh tác dụng thứ nhất của phần tử thứ hai.

- Bước tổng hợp  $y$  là khoảng cách giữa các cạnh tác dụng thứ nhất của phần tử thứ nhất và phần tử thứ 2.

- Bước phiên góp  $y_G$  là khoảng cách giữa hai phiên góp nối với hai đầu ra của 1 phần tử.

#### **(2) Thông số lõi thép stator:**

-  $p$ : số đôi cực từ;  $Z$ : số rãnh stator;  $D$ : Đường kính phần ứng

Bước cực từ  $\tau$ :

—

**(3) Thông số dây quấn:**

- Bước dây quấn thứ nhất  $y_1 = \tau \pm \varepsilon$
- $\varepsilon$ : là một số hoặc phân số để  $y_1$  là số nguyên.

Nếu  $y_1 = \frac{Z}{2p}$  ta có dây quấn bước đủ

Nếu  $y_1 > \frac{Z}{2p}$  ta có dây quấn bước dài

Nếu  $y_1 < \frac{Z}{2p}$  ta có dây quấn bước ngắn

- Bước dây quấn tổng hợp và bước vành góp  $y_G = y = 1$
- Bước dây quấn thứ hai  $y_2: y_2 = y_1 - y$ .

*2.1.2. Sơ đồ trái dây quấn máy điện một chiều.*

Xây dựng sơ đồ trái dây quấn xếp đơn

Vẽ sơ đồ trái dây quấn xếp đơn máy điện một chiều có:  $Z = 16, 2p = 4$

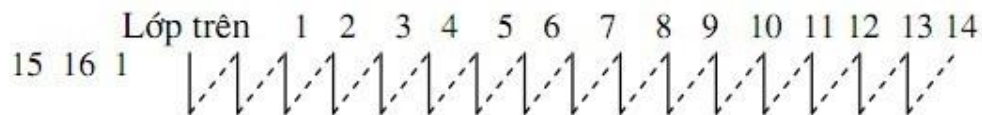
**Bước 1.** Tính bước cực và các bước dây quấn:

$$\tau = \frac{Z}{2p} = \frac{16}{4} = 4$$

Chọn  $y_1=4$  (bước đủ);  $y_2 = y_1 - y = 4 - 1 = 3$ ; góp  $y_G = y = 1$

**Bước 2.** Thứ tự nối các phần tử

Nếu đặt cạnh tác dụng 1 của phần tử thứ nhất nằm ở lớp trên của rãnh 1 thì cứ vào các bước dây quấn ta có thể nối các phần tử để thực hiện dây quấn như sau:



**Bước 3:** Giảm đồ triển khai trình tự thực hiện

- Vẽ các cạnh tác dụng nằm trong rãnh (thanh dẫn lớp trên vẽ bằng nét liền, lớp dưới vẽ bằng nét đứt)
- Phân bước cực, quy ước cực từ, quy ước chiều quay phần ứng và xác định



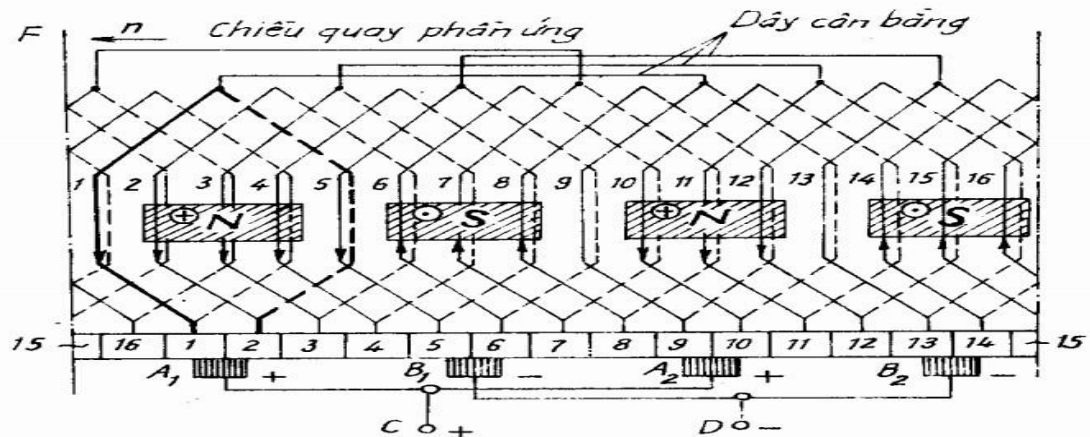
chiều dòng điện trong các cạnh tác dụng dây quấn lớp trên.

- Vẽ phiên góp và đầu dây nối với phiên góp (quy ước đường kính cổ góp bằng đường kính phần ứng)

- Nối các cạnh tác dụng và nối với phiên góp cho các phần tử.

- Xác định vị trí và vẽ chổi than, nối các chổi than cùng cực tính

- Xác định số đôi mạch nhánh song song.



### Giảng viên giao đề bài và sinh viên báo cáo kết quả

- Giảng viên ra đề cho nhóm sinh viên làm với các kiểu dây quấn khác nhau.

- Sinh viên đọc các thông số của máy điện một chiều.

### Bài thực hành số 3: THÍ NGHIỆM KHÔNG ĐỘNG CƠ KĐB (số tiết: 03 tiết) [4].

+ **Mục đích của bài thực hành:** Giúp sinh viên nắm được cách xác định bộ thông số cơ bản của động cơ không đồng bộ 3 pha (ĐC KĐB 3P), các thông số cơ bản này dùng trong thiết kế các bộ điều khiển của ĐC KĐB 3P.

+ **Yêu cầu cần đạt được của bài thực hành:** Sinh viên thực hiện được các thao tác đo thông số cơ bản của động cơ KĐB 3 pha.

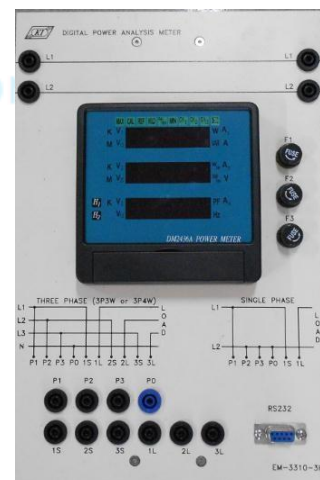
#### 3.1. Cơ sở lý thuyết

##### 3.1.1. Thiết bị thí nghiệm:



EMT7

Hình 3.1: Động cơ KĐB 3 pha điện, điện áp 3 pha



Hình 3.2: Thiết bị đo công suất, dòng



Hình 3.3: Bộ nguồn 3 pha

##### 3.1.2. Tiến trình thí nghiệm:

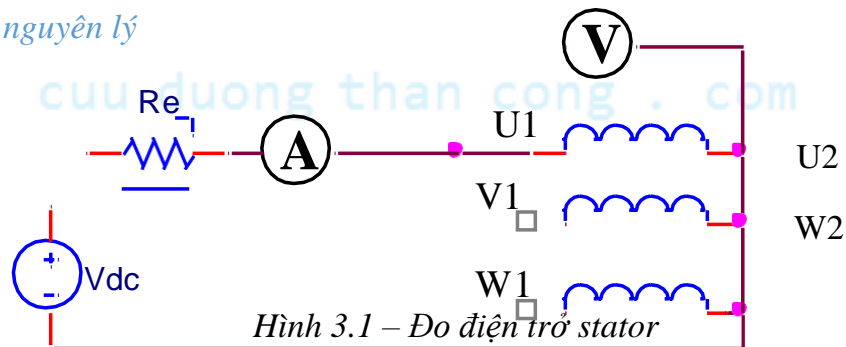
Sinh viên tiến hành ghi nhận các thông số trên nhãn máy của động cơ không đồng bộ. Các thông số được ghi vào bảng:

| Thông số               | Giá trị |
|------------------------|---------|
| Điện áp định mức (V)   |         |
| định mức (A)           |         |
| Công suất định mức (W) |         |
| Tốc độ định mức (n/s)  |         |
| Tần số (f)             |         |
| Kiểu thiết kế (nếu có) |         |

Bảng 1.1 – Bảng thông số trên nhãn động cơ

### 3.2. Thí nghiệm DC:

#### 3.2.1. Sơ đồ nguyên lý



#### 3.2.2. Trình tự thí nghiệm

- Điều chỉnh nguồn DC về không, và điện trở  $R_e$  ở giá trị max (sinh viên dùng VOM kiểm tra giá trị điện trở trước khi mắc vào mạch đo)
- Cấp nguồn DC, thay đổi nguồn cung cấp khoảng 15V (VOM kiểm tra) và điện trở  $R_e$  để dòng điện trong mạch xấp xỉ 0.2A.
- Đọc chỉ số trên volt kế và ampe kế.
- Vặn nguồn về min và tắt nguồn, thay đổi dây nối và tiến hành đo đặc trên các cuộn dây còn lại của động cơ không đồng bộ 3 pha.
- Bảng số liệu:

| Phas | I [A] | U [V] | R <sub>phase</sub> |
|------|-------|-------|--------------------|
|------|-------|-------|--------------------|

|          |  |  |  |
|----------|--|--|--|
| <b>e</b> |  |  |  |
| <b>A</b> |  |  |  |
| <b>B</b> |  |  |  |
| <b>C</b> |  |  |  |

*Bảng 1.2 - Đo điện trở stator*

Sinh viên tiến hành kiểm tra số liệu và đo đạc lại (nếu cần thiết) trước khi kết thúc thí nghiệm.

- Vặn nguồn về min, tắt nguồn, tháo dây nối.
- Tính  $R_m$  (trung bình cộng trên 3 pha)

$$R_s = \dots\dots\Omega$$

### *3.3. Câu hỏi kiểm tra*

**1.** Em hãy trình bày sự cần thiết của việc thực hiện thí nghiệm không tải động cơ KĐB 3 pha? Ý nghĩa của việc xác định giá trị điện trở dây quấn từng pha của động cơ?

## Bài thực hành số 4: KHỞI ĐỘNG VÀ ĐẢO CHIỀU QUAY ĐỘNG CƠ MỘT CHIỀU Ở CHẾ ĐỘ CÓ TẢI VÀ KHÔNG TẢI (số tiết: 03 tiết) [4].

+ **Mục đích của bài thực hành:** Hiểu được sự khác nhau giữa khởi động động cơ ở chế độ có tải và chế độ không tải, nắm được phương pháp mở máy cho động cơ một chiều

+ **Yêu cầu cần đạt được của bài thực hành:** Biết và thao tác được trên thiết bị quá trình khởi động và đảo chiều quay động cơ một chiều ở chế độ có tải và không tải

### 4.1. Cơ sở lý thuyết

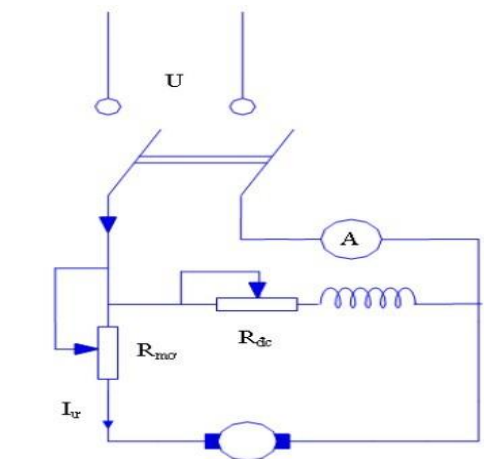
#### 4.1.1. Tóm tắt kiến thức có liên quan

Các phương pháp mở máy: mở máy trực tiếp, qua điện trở phụ và thay đổi điện áp phản ứng.

Khởi động động cơ 1 chiều kích từ độc lập: lúc đầu vận tốc bằng 0; dòng khởi động rất lớn sẽ gây sụt áp điện lưới hoặc làm cho chuyển mạch khó khăn.

Để đảm bảo khi mở máy người ta thường chọn  $I_{\min} \leq I_{cp} = 2,5I$

#### 4.1.2. Các bước tiến hành



Hình 4.1: Sơ đồ nguyên lý

a. Khởi động ở chế độ không tải

**Các bước tiến hành thí nghiệm:**

B1: Tiến hành lắp mạch

B2: Dùng đồng hồ vạn năng đo và kiểm tra các thông số điện áp, dòng điện.

B3: Vận núm biến trở đo các giá trị điện áp dòng điện

| TT | Điện áp (V) | Dòng điện (A) |
|----|-------------|---------------|
| 1  |             |               |
| 2  |             |               |
| 3  |             |               |
| 4  |             |               |

b. Khởi động ở chế độ có tải

**Các bước tiến hành thí nghiệm:**

B1: Tiến hành lắp mạch

B2: Dùng đồng hồ vạn năng đo và kiểm tra các thông số điện áp, dòng điện.

B3: Vận núm biến trở đo các giá trị điện áp dòng điện

| TT | Điện áp (V) | Dòng điện (A) |
|----|-------------|---------------|
| 1  |             |               |
| 2  |             |               |
| 3  |             |               |
| 4  |             |               |

*Câu hỏi kiểm tra*

**Câu 1:** Sinh viên trình bày nguyên lý làm việc của mạch điện khi khởi động và làm việc ở chế độ có tải và không tải? Nhận xét sự khác nhau?

**Câu 2:** Trình bày các cách để điều khiển đảo chiều quay của động cơ?

## **Bài thực hành số 5: GIỚI THIỆU ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ BA PHA VÀ VẼ SƠ ĐỒ TRẢI DÂY QUẤN CHO ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ (số tiết: 03 tiết) [4].**

+ **Mục đích của bài thực hành:** Tìm hiểu cấu tạo của động cơ không đồng bộ ba pha rô to lồng sóc.

+ **Yêu cầu cần đạt được của bài thực hành:** Tính toán được các thông số của sơ đồ trải dây quấn động cơ điện xoay chiều ba pha, xây dựng được các loại sơ đồ dây quấn stator của động cơ điện xoay chiều ba pha thông dụng, lựa chọn và sử dụng đúng kiểu sơ đồ dây quấn stator trong thực tế sửa chữa động cơ điện xoay chiều ba pha.

### *5.1. Cơ sở lý thuyết*

#### *5.1.1. Tóm tắt các kiến thức có liên quan*

1. Cấu tạo động cơ điện không đồng bộ ba pha rô to lồng sóc gồm có hai phần: phần tĩnh và phần động. Phần tĩnh là bộ phận sinh ra từ thông, bao gồm cực từ chính và cực từ phụ. Phần động là phần cảm ứng ra sức điện động và có dòng điện chạy qua.
2. Sơ đồ trải dây quấn cho động cơ không đồng bộ ba pha: gồm có các dây cuốn xếp đơn, sóng đơn, sóng phức tạp, xếp phức tạp.
3. Thông số cơ bản của sơ đồ trải dây quấn stator
  - (1) Thông số lõi thép stator:
    - $2p$ : số cực từ
    - $Z$ : số rãnh stator
    - Bước cực từ:  $\tau = \frac{Z}{2p}$

Thông số dây quấn:

- m: số pha dây quấn (động cơ ba pha có  $m = 3$ )
- a: số mạch nhánh song song.
- Số rãnh  $q$  của một pha trên một bước cực từ  $\tau$ :
  - Góc lệch sức điện động  $\alpha_d$  giữa hai rãnh liên tiếp.
- Khoảng cách giữa các pha A – B – C:

*5.1.2. Sơ đồ trải dây quấn động cơ không đồng bộ ba pha. Xây dựng sơ đồ trải dây quấn kiểu đồng khuôn*

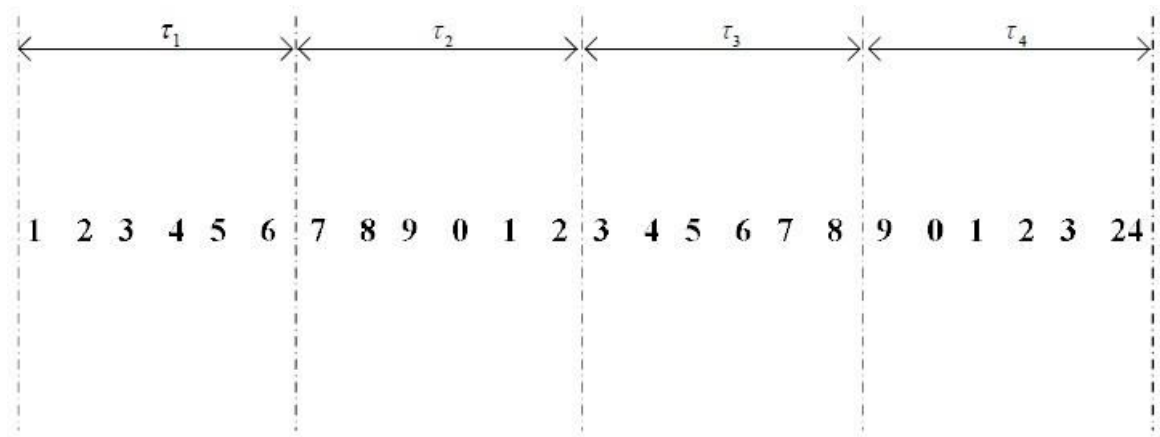
Vẽ sơ đồ trải dây quấn kiểu đồng khuôn tập trung cho động cơ điện xoay chiều ba pha, có:  $Z = 24$ ,  $2p = 4$ ,  $m = 3$  và  $a = 1$ .

**Bước 1.** Xác định số rãnh stator (hình 2.1)

1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 24

Hình 5.1. Stator có tổng số rãnh  $Z = 24$

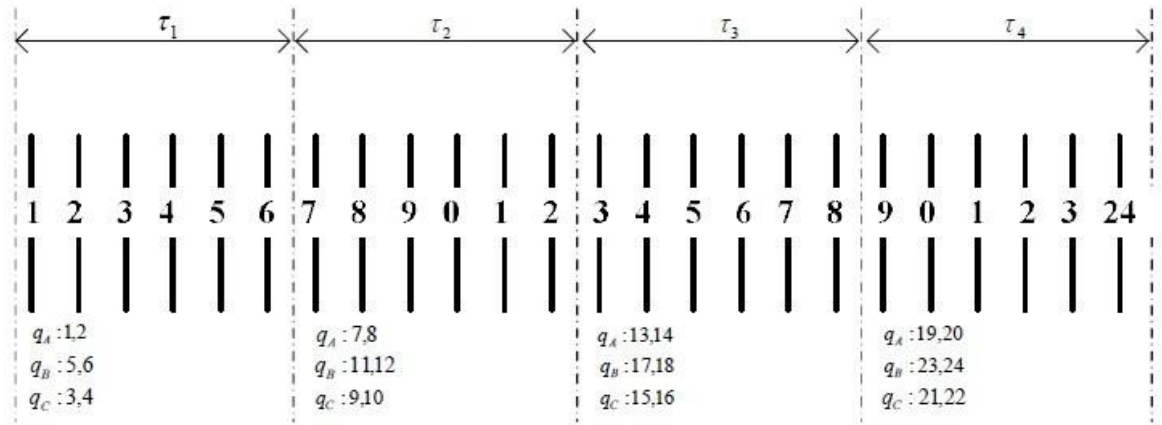
**Bước 2.** Tính bước cực và phân bố rãnh trên mỗi bước cực (hình 5.1)



Hình 5.1. Bước cực từ  $\tau = 6$  của stator có  $Z = 24$ ,  $2p = 4$

**Bước 3.** Tính số rãnh  $q$  của một pha trên một bước cực từ  $\tau$

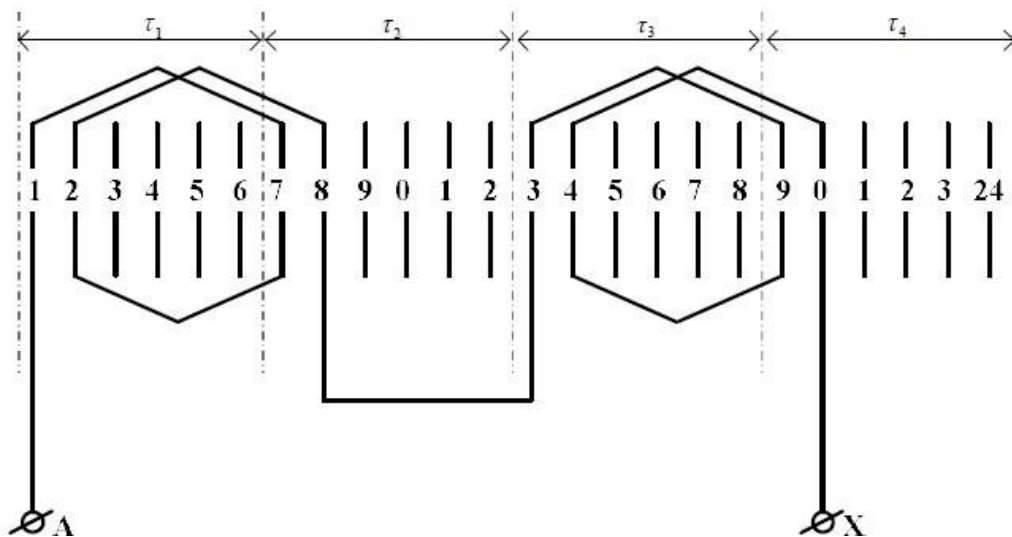




Hình 5.2. Số rãnh  $q = 2$  của staror có  $Z = 24$ ,  $2p = 4$

**Bước 4.** Vẽ trước pha A, và nối dây theo cách đấu cực giả

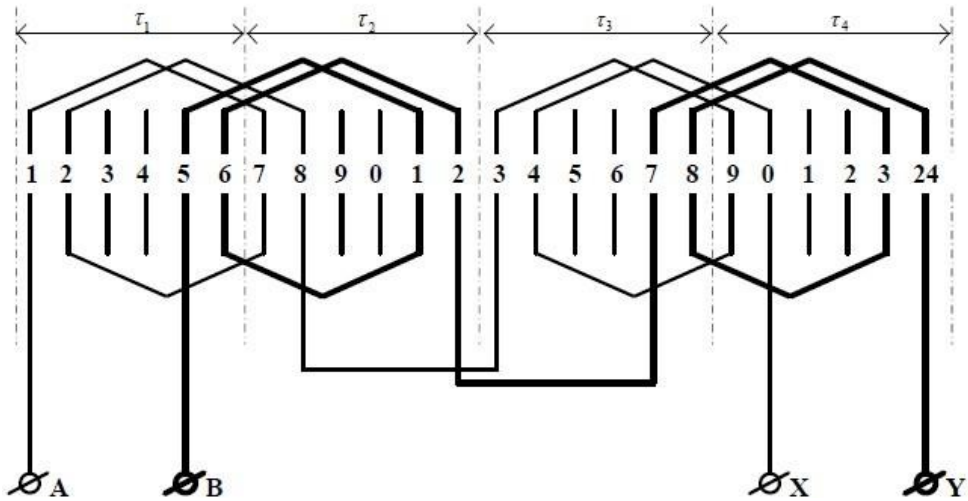
**Bước 5.** Tính góc lệch sức điện động giữa hai rãnh liên tiếp:



Hình 5.3. Pha A của dây quấn đồng khuôn tập trung

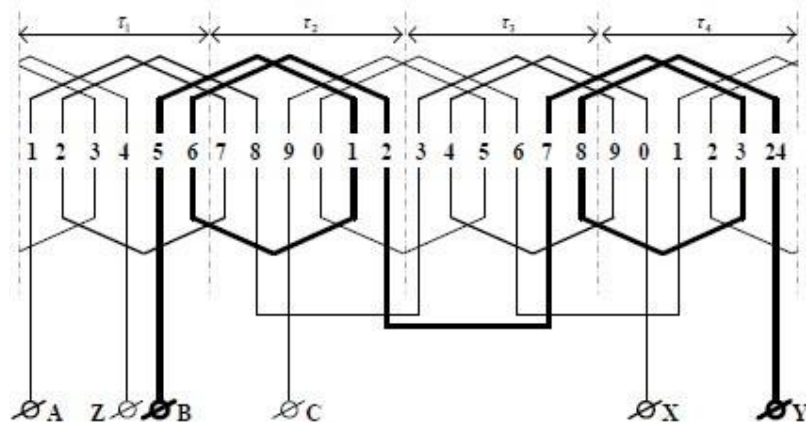
**Bước 6.** Tính khoảng cách giữa các pha A - B - C:

**Bước 7.** Vẽ tiếp pha B cách pha A 4 rãnh



Hình 5.4. Pha A và pha B của dây quấn đồng khuôn tập trung

**Bước 8.** Vẽ tiếp pha C cách pha B4 rãnh, và hoàn chỉnh sơ đồ trải dây quấn kiểu đồngkhuôn tập trung (hình 5.5):



Hình 5.5. Sơ đồ trải dây quấn kiểu đồng khuôn tập trung

*Câu hỏi kiểm tra*

Giáo viên ra đề cho nhóm sinh viên làm với các kiểu dây quấn khác nhau.

## Bài thực hành số 6: THÍ NGHIỆM NGẮN MẠCH ĐỘNG CƠ (số tiết: 03 tiết) [4].

+ **Mục đích của bài thực hành:** Giúp sinh viên nắm được cách xác định bộ thông số cơ bản của động cơ không đồng bộ 3 pha (ĐC KĐB 3P), các thông số cơ bản này dùng trong thiết kế các bộ điều khiển của ĐC KĐB 3P.

+ **Yêu cầu cần đạt được của bài thực hành:** Sinh viên thực hiện được các thao tác đo thông số cơ bản của động cơ KĐB 3 pha.

### 6.1. Cơ sở lý thuyết

#### 6.1.1. Thiết bị thí nghiệm:



Hình 6.1: Động cơ KĐB 3 pha    Hình 6.2: Thiết bị đo công suất, dòng điện, điện áp 3 pha



Hình 6.3: Bộ nguồn 3 pha

#### 6.1.2. Tiến trình thí nghiệm:

Sinh viên tiến hành ghi nhận các thông số trên nhãn máy của động cơ không đồng bộ. Các thông số được ghi vào bảng:

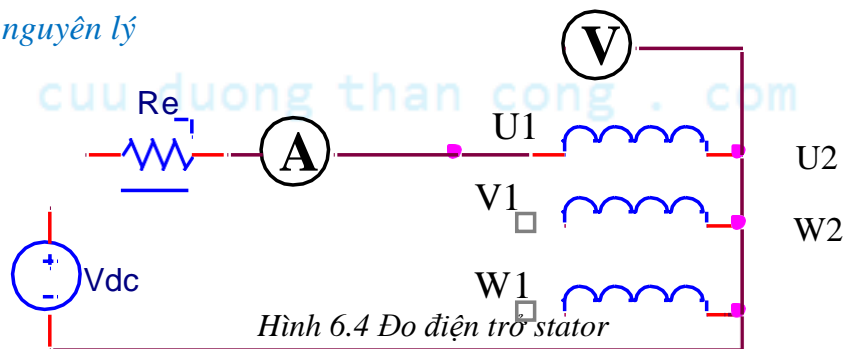
| Thông số | Giá |
|----------|-----|
|----------|-----|

|                        | trị |
|------------------------|-----|
| Điện áp định mức (V)   |     |
| định mức (A)           |     |
| Công suất định mức (W) |     |
| Tốc độ định mức (n/s)  |     |
| Tần số (f)             |     |
| Kiểu thiết kế (nếu có) |     |

Bảng 1.1 – Bảng thông số trên nhãn động cơ

## 6.2. Thí nghiệm DC:

### 6.2.1. Sơ đồ nguyên lý



Lắp mạch theo chế độ 3 pha 4 dây trên mặt trước của thiết bị.

**Nhờ giảng viên hướng dẫn kiểm tra mạch trước khi đóng nguồn.**

### 6.2.2. Trình tự thí nghiệm

Sinh viên tiến hành thí nghiệm này phải hết sức cẩn thận, điện áp nguồn bắt buộc phải ở 0 và tăng dần điện áp một cách từ từ.

Giữ chặt rotor động cơ và tăng dần điện áp 3 pha đặt vào động cơ, quan sát dòng điện I trên thiết bị đo đến khi dòng điện I bằng với định mức thì dừng tăng điện áp. Ghi nhận các giá trị theo 02 bảng sau:

**Bảng thông số ở định mức: (dòng định mức)**

|      |      |      |
|------|------|------|
| Ia = | Ib = | Ic = |
| Va = | Vb = | Vc = |

|      |      |      |
|------|------|------|
| Pa = | Pb = | Pc = |
|------|------|------|

**Bảng số liệu thí nghiệm ngắn mạch (đo trên 1 pha bất kỳ)**

|                          |     |  |  |  |  |  |  |  |  |                            |
|--------------------------|-----|--|--|--|--|--|--|--|--|----------------------------|
| <b>I<sub>n</sub> [A]</b> | 0.1 |  |  |  |  |  |  |  |  | <b>I<sub>d</sub><br/>m</b> |
| <b>V<sub>n</sub> [V]</b> |     |  |  |  |  |  |  |  |  |                            |
| <b>P<sub>n</sub>[W]</b>  |     |  |  |  |  |  |  |  |  |                            |

Yêu cầu:

- Tính công suất ngắn mạch, dòng điện ngắn mạch và điện áp ngắn mạch của động cơ không động bộ trên.
- Xây dựng mạch tương đương thay thế cho động cơ trên (tùy chọn mô hình sao cho phù hợp nhất với số liệu đo đạc được).
- Xây dựng đặc tuyến  $P_n = f(U_n)$ , cho nhận xét

Tính toán thông số cơ bản:

- Sinh viên tiến hành ghi nhận các thông số cần thiết từ các thí nghiệm trên và thông số ghi trên nhãn máy, tiến hành tính toán các thông số trong sơ đồ tương đương của động cơ.
- Hướng dẫn :
  - o Thí nghiệm ngắn mạch:
    - Tổng trở ngắn mạch
    - Chọn tỉ lệ  $X_1$  và  $X_2'$
    - Tính  $X_1$  và  $X_2'$
    - Tính  $R_2'$
    - Tính  $L_1, L_2'$ .
- Bảng thông số của động cơ sau khi tính toán:

|                 |                      |                       |                      |                       |                      |                      |                       |                      |
|-----------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|
| <b>Thông số</b> | <b>R<sub>1</sub></b> | <b>R<sub>2</sub>'</b> | <b>X<sub>1</sub></b> | <b>X<sub>2</sub>'</b> | <b>X<sub>m</sub></b> | <b>L<sub>1</sub></b> | <b>L<sub>2</sub>'</b> | <b>L<sub>m</sub></b> |
| Giá trị         |                      |                       |                      |                       |                      |                      |                       |                      |

- Nhận xét các thông số thu thập được.

*Câu hỏi kiểm tra, báo cáo thực nghiệm*

- Báo cáo ghi rõ Họ tên, MSSV, Nhóm, Tổ, ngày thực hiện bài TN.
- Các kết quả đo và kết quả thí nghiệm phải được trình bày rõ ràng, ngắn gọn và đầy đủ các yêu cầu theo bài hướng dẫn báo cáo thí nghiệm.

## Bài thực hành số 7: KHỞI ĐỘNG ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ BA PHA ĐẤU SAO (số tiết: 03 tiết) [4].

+ **Mục đích của bài thực hành:** Sinh viên nắm được nguyên lý làm việc của sơ đồ mạch động lực và mạch điều khiển mạch khởi động động cơ KĐB ba pha đấu sao.

+ **Yêu cầu cần đạt được của bài thực hành:** Sinh viên thực hành lắp và đấu nối được mạch điện khởi động theo đúng nguyên lý.

### 7.1. Cơ sở lý thuyết

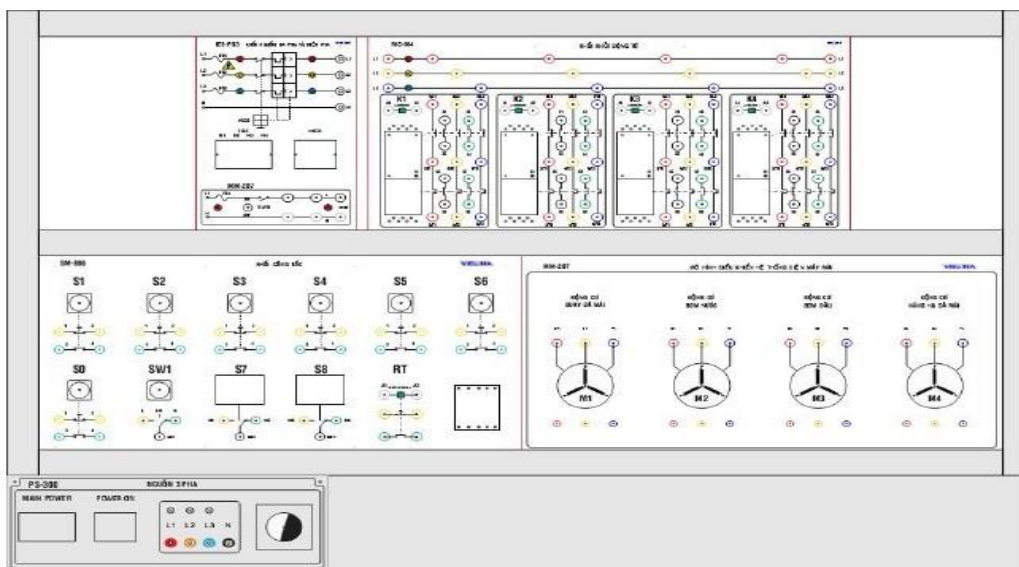
#### 7.1.1. Tóm tắt kiến thức có liên quan

Sinh viên nắm được các khí cụ điện sử dụng trong bài thực hành. Cách sử dụng đồng hồ đo vạn năng.

#### 7.1.2. Sơ đồ nối dây với thiết bị

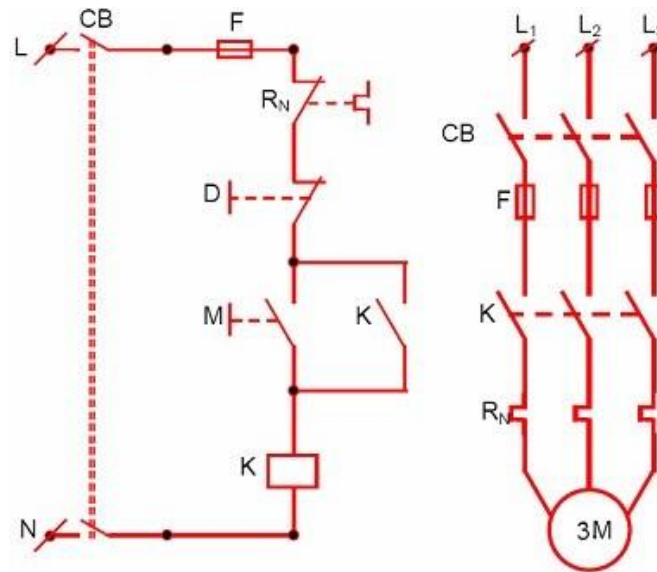
Thiết bị bao gồm:

- Bộ nguồn 3 pha (PS-300)
- Khởi công tắc điều khiển (SM-806)
- Khởi nguồn 3 pha và 1 pha (IES-PS3)
- Khởi giả lập động cơ truyền động.
- Khởi khởi động từ (MC-804)



Hình 6.1: Mô hình hệ thống

## Sơ đồ mạch động lực và mạch điều khiển



Hình 7.2: Sơ đồ mạch động lực và mạch điều khiển của hệ thống

### 7.1.2. Các bước tiến hành thí nghiệm

1. Nối dây theo sơ đồ
2. Kiểm tra sơ đồ đấu nối bằng đồng hồ đo vạn năng theo đúng nguyên lý
3. Bật nguồn PS - Bộ nguồn 3 pha (PS-300) và khối nguồn 3 pha và 1 pha (IES-PS3) để xem hoạt động của mạch

### 7.1.3. Báo cáo thực hành

1. Số thứ tự và tên bài
2. Mục đích bài thực hành
3. Các bước tiến hành thí nghiệm

### 7.2. Câu hỏi kiểm tra

1. Sinh viên trình bày nguyên lý hoạt động của mạch động lực và mạch điều khiển



## Bài thực hành số 8: KHỞI ĐỘNG ĐỘNG CƠ KĐB BA PHA ĐẦU TAM GIÁC (số tiết: 03 tiết) [4].

+ **Mục đích của bài thực hành:** Sinh viên nắm được nguyên lý làm việc của sơ đồ mạch động lực và mạch điều khiển sơ đồ khởi động động cơ đầu tam giác, Sinh viên biết cách sử dụng đồng hồ đo để kiểm tra mạch khi thực hiện đấu nối thiết bị.

+ **Yêu cầu cần đạt được của bài thực hành:** Sinh viên thực hiện được việc lắp và đấu nối mạch điện theo nguyên lý.

### 8.1. Cơ sở lý thuyết

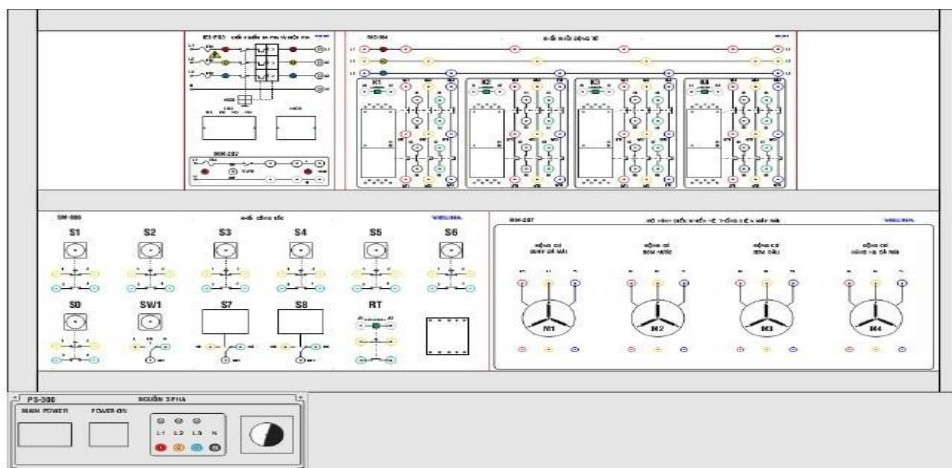
#### 8.1.1. Tóm tắt kiến thức có liên quan

Sinh viên nắm được các khí cụ điện sử dụng trong bài thực hành, các sử dụng đồng hồ đo vạn năng.

Sơ đồ nối dây với thiết bị

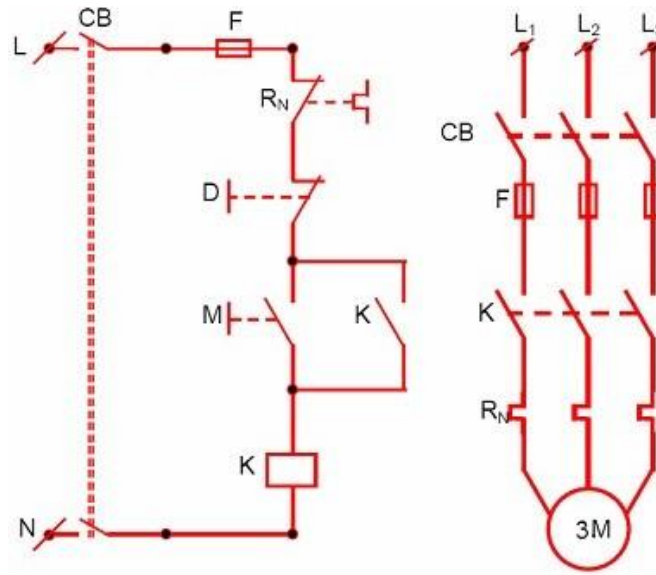
Thiết bị bao gồm:

- Bộ nguồn 3 pha (PS-300)
- Khối khởi động từ (MC-804)
- Khối nguồn 3 pha và 1 pha (IES-PS3)
- Khối công tắc điều khiển (SM-806)
- Khối giả lập động cơ truyền động.



Hình 8.1: Mô hình hệ thống

Sơ đồ mạch động lực và mạch điều khiển



Hình 8.2: Sơ đồ mạch động lực và mạch điều khiển của hệ thống

### 8.1.2. Các bước tiến hành thí nghiệm

1. Nối dây theo sơ đồ
2. Kiểm tra sơ đồ đấu nối bằng đồng hồ đo vạn năng theo đúng nguyên lý
3. Bật nguồn PS - Bộ nguồn 3 pha (PS-300) và khối nguồn 3 pha và 1 pha (IES-PS3) để xem hoạt động của mạch

### 8.1.3. Báo cáo thực hành

1. Số thứ tự và tên bài
2. Mục đích bài thực hành
3. Các bước tiến hành thí nghiệm

### 8.2. Câu hỏi kiểm tra

1. Sinh viên trình bày nguyên lý hoạt động của mạch động lực và mạch điều khiển

## Bài thực hành số 9: KHỞI ĐỘNG ĐẢO CHIỀU QUAY ĐỘNG CƠ KĐB BA PHA (số tiết: 03 tiết) [4].

+ **Mục đích của bài thực hành:** Sinh viên nắm được nguyên lý làm việc của sơ đồ mạch động lực và mạch điều khiển và mạch điều khiển, biết cách sử dụng đồng hồ để kiểm tra mạch khi thực hiện đấu nối thiết bị.

+ **Yêu cầu cần đạt được của bài thực hành:** Sinh viên thực hiện được việc lắp và đấu nối mạch điện theo nguyên lý.

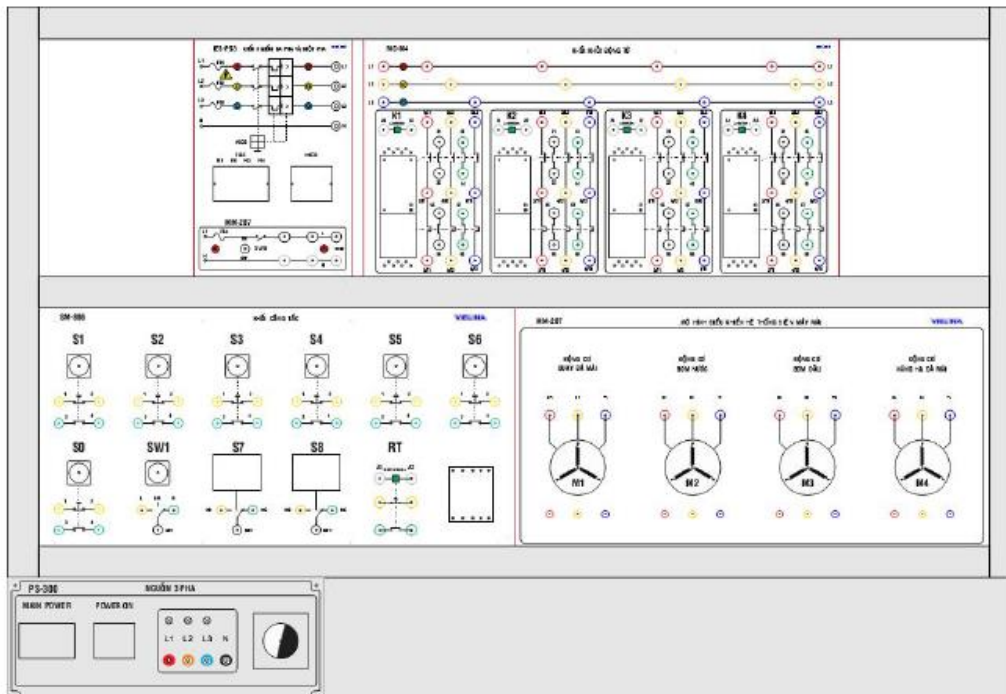
### 9.1. Tóm tắt kiến thức có liên quan

Sinh viên nắm được các khí cụ điện sử dụng trong bài thực hành. Cách sử dụng đồng hồ đo vạn năng

#### Sơ đồ nối dây với thiết bị

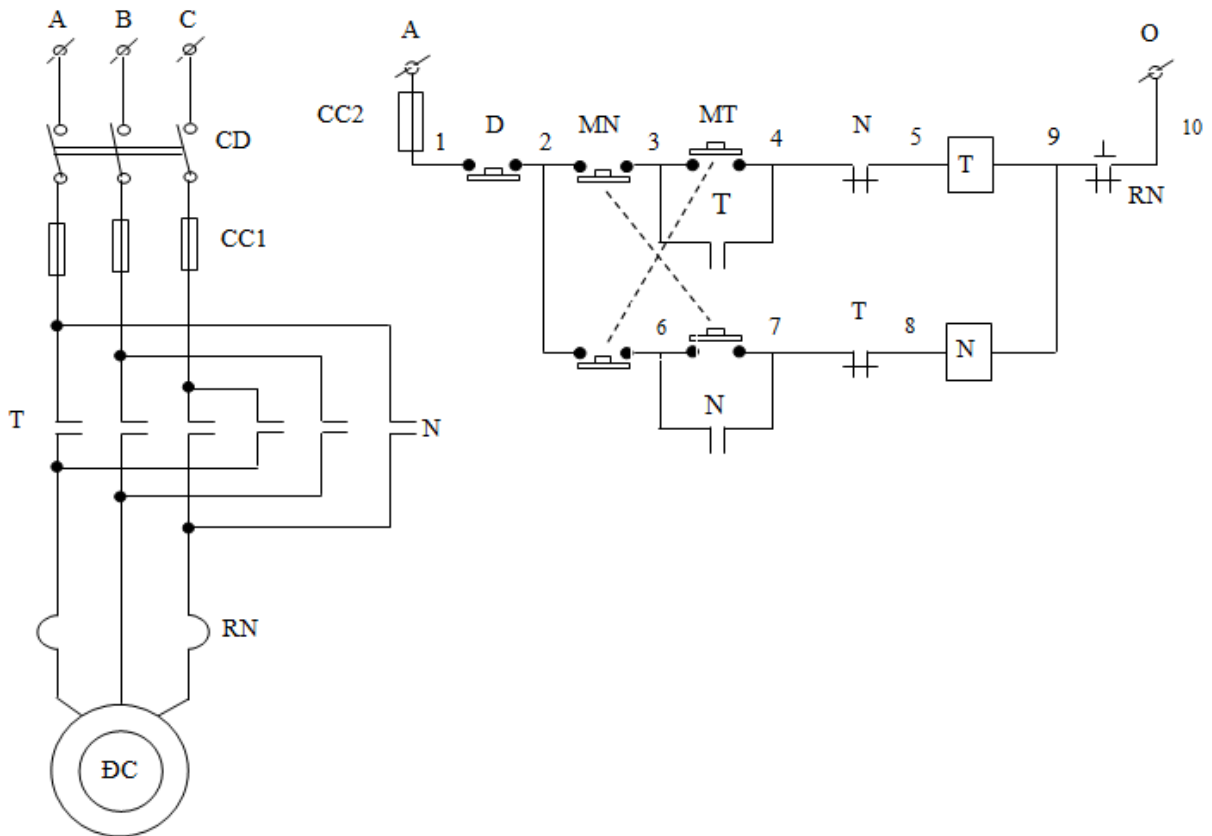
#### Thiết bị bao gồm:

- Bộ nguồn 3 pha (PS-300)
- Khởi động từ (MC-804)
- Khởi nguồn 3 pha và 1 pha (IES-PS3)
- Khởi giả lập động cơ truyền động .
- Khởi công tắc điều khiển (SM-806)



Hình 9.1: Mô hình hệ thống

## Sơ đồ mạch động lực và mạch điều khiển



Hình 9.2: Sơ đồ mạch động lực và mạch điều khiển của hệ thống

### 9.2. Các bước tiến hành thí nghiệm

1. Nối dây theo sơ đồ
2. Kiểm tra sơ đồ đấu nối bằng đồng hồ đo vạn năng theo đúng nguyên lý
3. Bật nguồn PS - Bộ nguồn 3 pha (PS-300) và khối nguồn 3 pha và 1 pha (IES-PS3) để xem hoạt động của mạch

### 9.3. Báo cáo thực hành

1. Số thứ tự và tên bài
2. Mục đích bài thực hành
3. Các bước tiến hành thí nghiệm

### 9.4. Câu hỏi kiểm tra

1. Sinh viên trình bày nguyên lý hoạt động của mạch động lực và mạch điều khiển.
2. Tại sao phải dùng tiếp điểm phụ thường đóng của rơ le nhiệt trong mạch điều khiển.

## Bài thực hành số 10: KHỞI ĐỘNG ĐỘNG CƠ KDB 3 PHA ĐỐI NỐI SAO/TAM GIÁC (số tiết: 03 tiết) [4].

+ **Mục đích của bài thực hành:** Sinh viên nắm được nguyên lý làm việc của sơ đồ mạch động lực và mạch điều khiển, biết cách sử dụng đồng hồ đo vạn năng để kiểm tra mạch khi thực hiện đấu nối thiết bị.

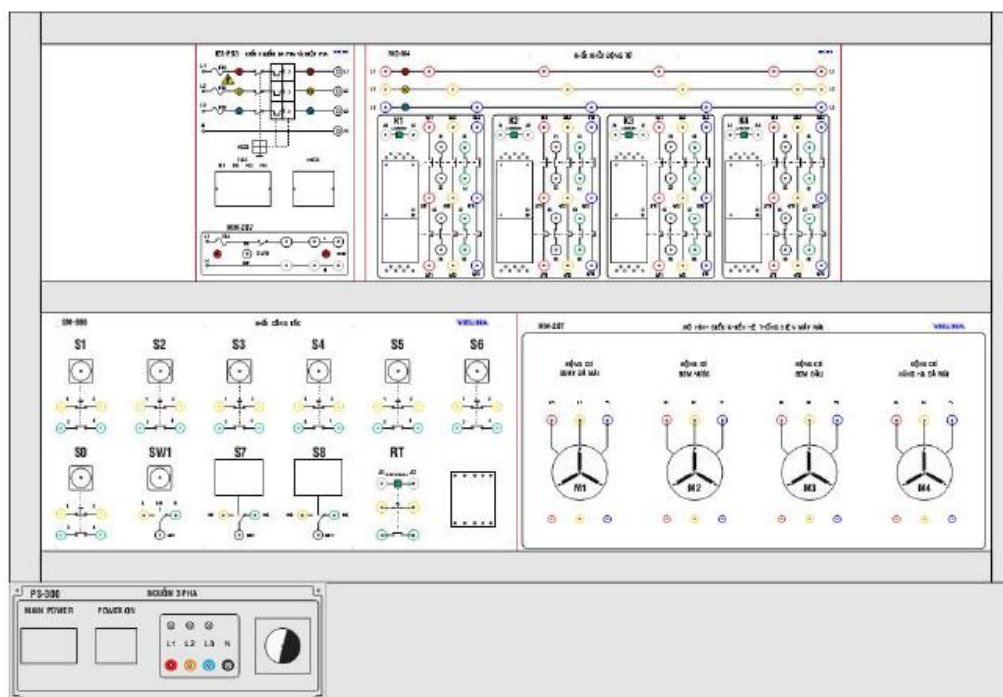
+ **Yêu cầu cần đạt được của bài thực hành:** Sinh viên đấu nối đúng, chính xác mạch điện theo sơ đồ nguyên lý.

### 10.1. Cơ sở lý thuyết

#### 10.1.1. Sơ đồ nối dây với thiết bị

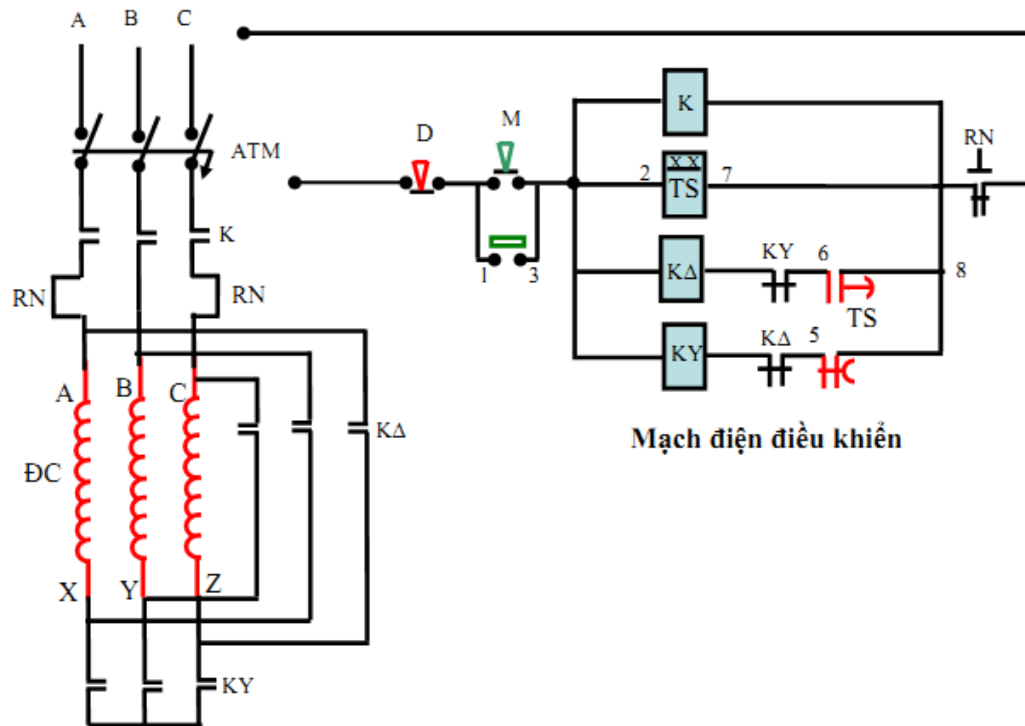
Thiết bị bao gồm:

- Bộ nguồn 3 pha (PS-300)
- Khởi nguồn 3 pha và 1 pha (IES-PS3)
- Khởi khởi động từ (MC-804)
- Khởi công tắc điều khiển (SM-806)
- Khởi giả lập động cơ truyền động .



Hình 10.1: Mô hình hệ thống

### 10.1.2. Sơ đồ mạch động lực và mạch điều khiển



Hình 10.2: Sơ đồ mạch động lực và mạch điều khiển của hệ thống

### 10.2. Các bước tiến hành thí nghiệm

1. Nối dây theo sơ đồ
2. Kiểm tra sơ đồ đấu nối bằng đồng hồ đo vạn năng theo đúng nguyên lý
3. Bật nguồn PS - Bộ nguồn 3 pha (PS-300) và khối nguồn 3 pha và 1 pha (IES-PS3) để xem hoạt động của mạch

### 10.3. Báo cáo thực hành

1. Số thứ tự và tên bài
2. Mục đích bài thực hành
3. Các bước tiến hành thí nghiệm

### 10.4. Câu hỏi kiểm tra

1. Sinh viên trình bày nguyên lý hoạt động của mạch động lực và mạch điều khiển.
2. Rơ le thời gian trong mạch đổi nối sao tam giác có tác dụng gì