

ỦY BAN NHÂN DÂN TỈNH LÀO CAI
TRƯỜNG CAO ĐẲNG LÀO CAI

GIÁO TRÌNH NỘI BỘ

MÔ ĐUN 15: MÁY BIẾN ÁP
NGHỀ: VẬN HÀNH THỦY ĐIỆN
(Áp dụng cho trình độ trung cấp)

LƯU HÀNH NỘI BỘ
Lào Cai năm 2017

MỤC LỤC

MỤC LỤC	- 2 -
LỜI GIỚI THIỆU	- 4 -
CHƯƠNG TRÌNH MÔ ĐUN	- 5 -
Bài 1: CẤU TẠO VÀ NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC CỦA MÁY BIẾN ÁP ĐỘC LẬP 1 PHA	- 9 -
1.1. Công dụng của máy biến áp	- 9 -
1.2. Cấu tạo	- 9 -
1.3. Nguyên lý làm việc của máy biến áp	- 11 -
1.4. Các thông số của MBA	- 13 -
1.4.1. Điện áp định mức ở cuộn dây sơ cấp và thứ cấp	- 13 -
1.4.2. Dòng điện định mức ở cuộn dây sơ cấp và thứ cấp	- 13 -
1.4.3 Công suất định mức của máy biến áp (S)	- 14 -
Bài 2: CÁC TRẠNG THÁI LÀM VIỆC, TỶ SỐ HẠO NĂNG LƯỢNG VÀ HIỆU SUẤT CỦA MÁY BIẾN ÁP ĐỘC LẬP MỘT PHA	- 15 -
2.1. Các trạng thái làm việc của MBA	- 15 -
2.1.1 Chế độ không tải	- 16 -
2.1.2 Chế độ có tải	- 17 -
2.1.3 Chế độ ngắn mạch	- 19 -
2.2. Tổn hao năng lượng và hiệu suất của máy biến áp	- 22 -
2.2.1 Tổn hao năng lượng của máy biến áp	- 22 -
2.2.2. Hiệu suất của máy biến áp	- 22 -
Bài 3. XÁC ĐỊNH CỰC TÍNH CÁC CUỘN DÂY MÁY BIẾN ÁP ĐỘC LẬP 1 PHA	- 24 -
3.1. Xác định cực tính các cuộn dây máy biến áp bằng nguồn điện một chiều	- 24 -
3.2. Kiểm tra cực tính bằng điện áp xoay chiều	- 24 -
3.3. Kiểm tra cực tính bằng phương pháp so sánh	- 25 -
Bài 4. TÍNH TOÁN MÁY BIẾN ÁP ĐỘC LẬP 1 PHA	- 26 -
4.1. Trình tự tính toán máy biến áp độc lập một pha	- 26 -
4.2. Tính toán số liệu để quấn hoàn chỉnh máy biến áp độc lập một pha	- 27 -
Bài 5. QUẤN DÂY MÁY BIẾN ÁP ĐỘC LẬP 1 PHA	- 28 -
1. Thi công quấn bộ dây biến áp 1 pha	- 28 -
2. Những hư hỏng thông thường và phương pháp khắc phục	- 31 -
3. Các pan thông thường trong máy biến áp	- 32 -
4. Bài tập thực hành	- 35 -
Bài 6. CẤU TẠO NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC CỦA MÁY BIẾN ÁP TỰ NGẪU	- 38 -
6.1. Máy biến áp tự ngẫu	- 38 -
6.2. Tính toán quấn máy biến áp tự ngẫu 1 pha	- 38 -
Bài 8. QUẤN DÂY MÁY BIẾN ÁP TỰ NGẪU	- 40 -
8.1. Trình tự quấn dây	- 40 -
8.2. Thực hiện quấn hoàn chỉnh 1 máy biến áp tự ngẫu một pha	- 41 -
Bài 9. MÁY BIẾN ÁP HÀN	- 42 -
1. Đặc điểm của máy biến áp hàn	- 42 -
2. Quấn dây máy biến áp hàn	- 43 -
2.1. Chuẩn bị	- 43 -
2.2. Trình tự thực hiện	- 43 -
2.3. Thi công quấn bộ dây biến áp một pha	- 45 -
Bài 10. TẮM SẤY MÁY BIẾN ÁP	- 46 -
1. Mục đích việc tắm sấy cách điện cho dây quấn MBA	- 46 -
2. Công việc sấy tắm động cơ gồm có 3 giai đoạn	- 46 -
3. Các phương pháp và qui trình tắm sấy	- 46 -
3.1. Phương pháp tắm sấy bằng tia hồng ngoại	- 46 -
3.2. Phương pháp tắm sấy bằng dòng điện	- 46 -
3.3. Phương pháp tắm sấy bằng điện trở nhiệt	- 47 -

Bài 11. MÁY BIẾN ÁP BA PHA	- 48 -
1. Khái niệm, công dụng	- 48 -
2. Các loại máy biến áp ba pha	- 48 -
3. Cấu tạo và nguyên lý hoạt động của máy biến áp ba pha.....	- 49 -
4. Các đại lượng định mức MBA.....	- 50 -
4.1 Điện áp định mức ở cuộn dây sơ cấp và thứ cấp.....	- 50 -
4.2. Dòng điện định mức ở cuộn dây sơ cấp và thứ cấp.....	- 50 -
4.3. Công suất định mức của máy biến áp (S)	- 51 -
5. Tổ nối dây của máy biến áp.....	- 51 -
6. Đầu nối máy biến áp.....	- 53 -
Bài 13. BỘ NẠP ẮC QUY.....	- 54 -
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	- 56 -

Tailieu.vn

LỜI GIỚI THIỆU

Giáo trình Máy biến áp là tài liệu quan trọng trong đào tạo nghề Điện dân dụng. Giáo trình giúp người học có các kiến thức về tính toán quấn lại dây quấn máy biến áp công suất vừa và nhỏ thông dụng thường dùng trong đời sống sinh hoạt và sản xuất. . .

Trong khuôn khổ giáo trình tác giả biên soạn đã cố gắng đem đến cho người học những nội dung cơ bản nhất, tính toán đơn giản nhất, sát thực tế và dễ hiểu. Các kiến thức trong toàn bộ giáo trình có mối liên hệ logic chặt chẽ đồng thời được biên soạn trên cơ sở đúc kết quá trình thực tế giảng dạy trong suốt thời gian qua vì vậy tài liệu còn là những đúc kết kinh nghiệm rất thực tế. Tuy nhiên để có vốn kiến thức đầy đủ về nghề đòi hỏi người học cần có sự đầu tư tìm hiểu đồng thời tham khảo thêm các giáo trình liên quan đối với ngành học để việc sử dụng giáo trình được hiệu quả hơn.

Rất mong được sự quan tâm của bạn đọc.

CHƯƠNG TRÌNH MÔ ĐUN

Tên mô đun: Máy biến áp

Mã mô đun: MĐ 15

Thời gian thực hiện mô đun: 120 giờ; (Lý thuyết: 30h; Thực hành, bài tập: 78 giờ;
Kiểm tra: 12 giờ)

I. VỊ TRÍ, TÍNH CHẤT CỦA MÔ ĐUN

- Vị trí mô đun: Mô đun được bố trí sau khi học sinh học xong các môn học chung, các môn học/ mô đun: Điện kỹ thuật; Vẽ điện; Kỹ thuật an toàn điện; Đo lường điện và không điện; Kỹ thuật điện tử cơ bản; Khí cụ điện hạ thế; Thực hành nguội cơ bản.

- Tính chất của mô đun: Là mô đun chuyên môn.

II. MỤC TIÊU MÔ ĐUN:

* Kiến thức.

- Trình bày rõ ràng về cấu tạo, nguyên lý làm việc, công dụng và các thông số của máy biến áp độc lập, một pha, ba pha và các máy biến áp đặc biệt: máy biến áp tự ngẫu, máy biến dòng, máy biến áp hàn;

- Phân tích được các hiện tượng, nguyên nhân hư hỏng của máy biến áp một pha công suất nhỏ ($S < 5\text{KVA}$).

* Kỹ năng.

- Tính toán được các thông số kỹ thuật cần thiết để quản hoàn chỉnh một máy biến áp một pha ($S < 5\text{KVA}$);

- Sửa chữa, bảo dưỡng máy biến áp một pha công suất nhỏ ($S < 5\text{KVA}$);

- Lắp ráp, sửa chữa được bộ nạp ắc qui, máy điều chỉnh điện áp bằng tay đạt yêu cầu kỹ thuật.

* Năng lực tự chủ và trách nhiệm.

- Vận dụng được các kiến thức đã học vào thực tế.

- Có thái độ nghiêm túc trong học tập.

III. NỘI DUNG MÔ ĐUN:

1. Nội dung tổng quát và phân bổ thời gian:

Số TT	Tên các bài trong mô đun	Thời gian (giờ)			
		Tổng số	Lý thuyết	Thực hành, bài tập	Kiểm tra
1	Bài 1: Cấu tạo và nguyên lý làm việc của máy biến áp độc lập một pha	4	2	2	
	1. Công dụng	1	1		
	2. Cấu tạo				

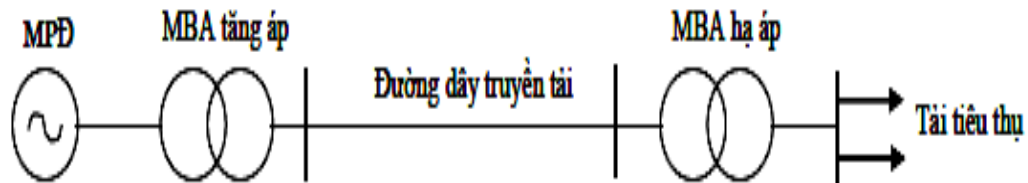
	3. Nguyên lý làm việc	1	1		
	4. Các thông số của máy biến áp	1		1	
	5. Đo điện áp, xác định tỉ số biến đổi của máy biến áp	1		1	
2	Bài 2: Các trạng thái làm việc, tổn hao năng lượng và hiệu suất của máy biến áp độc lập một pha	4	2	2	
	1. Trạng thái làm việc không tải	1	1		
	2. Trạng thái làm việc ngắn mạch				
	3. Trạng thái làm việc có tải	1	1		
	4. Khảo sát, vẽ đặc tính $U = f(i)$	1		1	
	5. Tổn hao năng lượng và hiệu suất	1		1	
3	Bài 3: Xác định cực tính các cuộn dây của máy biến áp độc lập một pha	8	2	6	
	1. Phương pháp xác định cực tính các cuộn dây máy biến áp	2	2		
	2. Xác định cực tính các cuộn dây máy biến áp bằng nguồn điện một chiều	2		2	
	3. Xác định cực tính các cuộn dây máy biến áp bằng nguồn điện xoay chiều	3		3	
	4. Đấu nối và vận hành thử máy biến áp	1		1	
4	Bài 4: Tính toán máy biến áp độc lập một pha	4	2	2	
	1. Tổng quan				
	2. Trình tự tính toán máy biến áp độc lập một pha dựa trên sơ đồ biến áp và tham số dòng điện, điện áp phía sơ cấp và phía thứ cấp.	1	1		
	3. Trình tự tính toán máy biến áp độc lập một pha dựa vào kích thước lõi thép.	1	1		
	4. Tính toán số liệu để quấn hoàn chỉnh máy biến áp độc lập một pha	2		2	
5	Bài 5: Quấn dây máy biến áp độc lập một pha	16	2	10	4
	1. Qui trình quấn dây.	1	1		
	2. Thực hiện quấn hoàn chỉnh máy biến áp độc lập một pha có đầy đủ số liệu dây quấn và mạch từ.	11	1	10	
	Kiểm tra số 1	4			4
6	Bài 6: Cấu tạo nguyên lý làm việc của máy biến áp tự ngẫu	4	2	2	

	1. Cấu tạo 2. Nguyên lý làm việc 3. Ưu nhược điểm 4. Tháo lắp máy máy biến áp tự ngẫu một pha công suất nhỏ.	1 3	1 1	2	
7	Bài 7: Tính toán máy biến áp tự ngẫu một pha	4	2	2	
	1. Phương pháp tính toán máy biến áp tự ngẫu một pha dựa trên sơ đồ biến áp. 2. Phương pháp tính toán máy biến áp tự ngẫu một pha dựa vào kích thước lõi thép. 3. Tính toán số liệu để quấn hoàn chỉnh máy biến áp tự ngẫu một pha	1 1 2	1 1	2	
8	Bài 8: Quấn dây máy biến áp tự ngẫu	12	2	10	
	1. Qui trình quấn dây. 2. Thực hiện quấn hoàn chỉnh 1 máy biến áp tự ngẫu một pha.	1 11	1 1	10	
	Kiểm tra số 2	4			4
9	Bài 9: Máy biến áp hàn	16	4	12	
	1. Đặc điểm của máy biến áp hàn 2. Phân loại máy biến áp hàn 3. Cấu tạo của các loại máy biến áp hàn	4	4		
	4. Quấn dây máy biến áp hàn	12		12	
10	Bài 10: Tẩm sấy máy biến áp	4	2	2	
	1. Mục đích của việc tẩm sấy 2. Các phương pháp và qui trình tẩm sấy 3. Tẩm sấy máy biến áp.	1 1 2	1 1	2	
11	Bài 11: Máy biến áp ba pha	12	4	8	
	1. Công dụng 2. Phân loại 3. Cấu tạo, nguyên lý làm việc	4	2	2	
	4. Các đại lượng định mức 5. Các tổ đấu dây máy biến áp ba pha	4	2	2	
	6. Đấu nối máy biến áp	4		4	
	Kiểm tra số 3	2			2
12	Bài 12: Máy điều chỉnh điện áp bằng tay một pha	12	2	10	
	1. Công dụng, cấu tạo, nguyên lý làm việc 2. Sơ đồ nguyên lý	4	2	2	

	3. Nguyên tắc điều chỉnh điện áp				
	4. Qui trình thực hiện	4		4	
	5. Bảo dưỡng sửa chữa	4		4	
13	Bài 13: Bộ nạp ắc qui	8	2	4	2
	1. Công dụng, cấu tạo, nguyên lý làm việc	1	1		
	2. Sơ đồ nguyên lý	1		1	
	3. Nguyên tắc điều chỉnh điện áp	1	1		
	4. Qui trình thực hiện	1		1	
	5. Bảo dưỡng sửa chữa	2		2	
	Kiểm tra số 4	2			2
	Cộng:	120	30	78	12

Bài 1: CẤU TẠO VÀ NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC CỦA MÁY BIẾN ÁP ĐỘC LẬP 1 PHA.

1.1. Công dụng của máy biến áp



Hình 1.1. *Hệ thống truyền tải và phân phối điện*

Trong hệ thống điện, máy biến áp dùng để truyền tải và phân phối điện năng. Các nhà máy điện lớn thường ở xa các trung tâm tiêu thụ điện vì vậy phải xây dựng các đường dây truyền tải điện năng. Thông thường điện áp đầu cực máy phát tối đa khoảng vài chục kV, để truyền tải được công suất lớn và giảm tổn hao công suất trên đường dây bằng cách nâng cao điện áp. Vì vậy ở đầu đường dây đặt máy biến áp tăng áp và vì phụ tải chỉ có điện áp từ 0,4-6kV nên cuối đường dây đặt máy biến áp giảm áp.

1.2. Cấu tạo

Máy biến áp bao gồm ba phần chính:

Lõi thép của máy biến áp (Transformer Core)

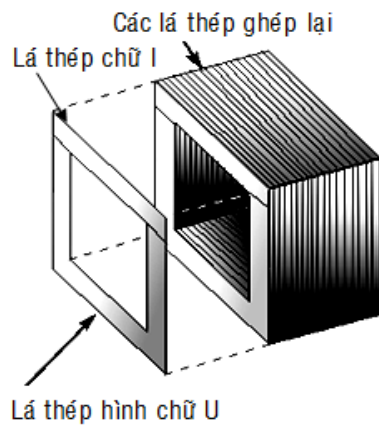
Cuộn dây quấn sơ cấp (Primary Winding)

Cuộn dây quấn thứ cấp (Secondary Winding)

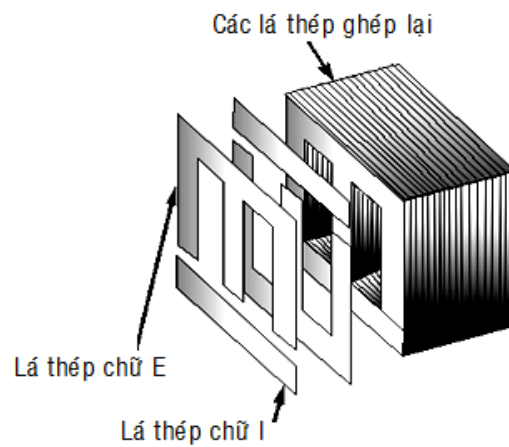
* **Lõi thép:** Được tạo thành bởi các lá thép mỏng ghép lại, về hình dáng có hai loại: loại trụ (core type) và loại bọc (shell type)

- Loại trụ: được tạo bởi các lá thép hình chữ U và chữ I. Một lượng lớn từ trường sinh ra bởi cuộn dây sơ cấp không cắt cuộn dây thứ cấp, hay máy biến áp có một từ thông rò lớn. Để cho từ thông rò ít nhất, các cuộn dây được chia ra với một nửa của mỗi cuộn đặt trên một trụ của lõi thép.

- Loại bọc: được tạo bởi các lá thép hình chữ E và chữ I. Lõi thép loại này bao bọc các cuộn dây quấn, hình thành một mạch từ có hiệu suất rất cao, được sử dụng rộng rãi.



Hình 2.1: Lõi thép hình chữ U

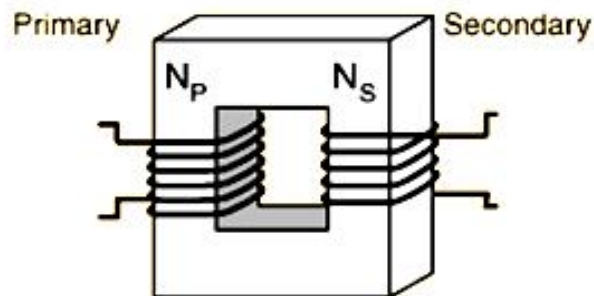


Hình 2.2: Lõi thép hình chữ I

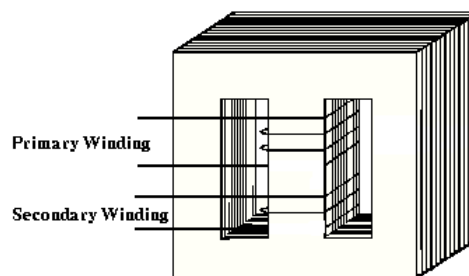
- Phần lõi thép có quấn dây gọi là trụ từ, phần lõi thép nối các trụ từ thành mạch kín gọi là gông từ.

* **Dây quấn máy biến áp:** Được chế tạo bằng dây đồng hoặc nhôm, có tiết diện hình tròn hoặc hình chữ nhật. Đối với dây quấn có dòng điện lớn, sử dụng các sợi dây dẫn được mắc song song để giảm tổn thất do dòng điện xoáy trong dây dẫn. Bên ngoài dây quấn được bọc cách điện.

- **Dây quấn sơ cấp** (Primary Winding)
- **Dây quấn thứ cấp** (Second Winding)



Hình 1.2. Hình dạng máy biến áp một pha loại trụ



Hình 1.3. Hình dạng máy biến áp một pha loại bọc

Dây quấn được tạo thành các bánh dây (gồm nhiều lớp) đặt vào trong trụ của lõi thép. Giữa các lớp dây quấn, giữa các dây quấn và giữa mỗi dây quấn và

lõi thép phải cách điện tốt với nhau. Phần dây quấn nối với nguồn điện được gọi là dây quấn sơ cấp, phần dây quấn nối với tải được gọi là dây quấn thứ cấp.

Các phần phụ khác

Ngoài 2 bộ phận chính kể trên, để MBA vận hành an toàn, hiệu quả, có độ tin cậy cao ... MBA còn phải có các phần phụ khác như: Vỏ hộp, thùng dầu, đầu vào, đầu ra, bộ phận điều chỉnh, khí cụ điện đo lường, bảo vệ ...

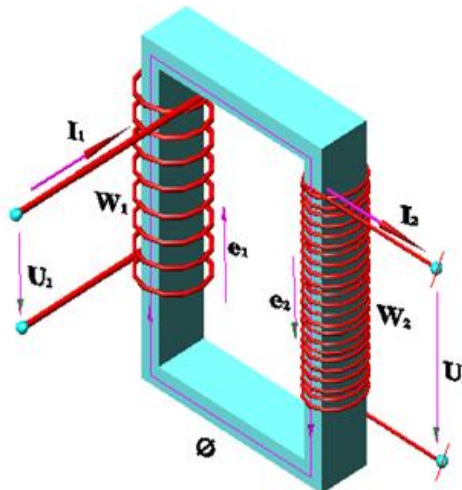
*** Phân loại máy biến áp**

Theo công dụng máy biến áp có thể gồm các loại sau đây:

- *Máy biến áp điện lực*: Dùng để truyền tải và phân phối điện.
- *Máy biến áp chuyên dùng*: Dùng cho các lò luyện kim, máy biến áp hàn, các thiết bị chỉnh lưu, ...
- *Máy biến áp tự ngẫu*: Có thể thay đổi điện áp nên dùng để mở máy các động cơ điện xoay chiều.
- *Máy biến áp đo lường*: Dùng để giảm các điện áp và dòng điện lớn để đưa vào các đồng hồ đo.
- *Máy biến áp thí nghiệm*: Dùng trong các phòng thí nghiệm điện - điện tử.

Có rất nhiều dạng máy biến áp nhưng tất cả nguyên lý đều giống nhau. Trong bài giảng chúng ta chỉ tập trung xem xét máy biến áp một hoặc ba pha. Còn các máy biến áp khác ta chỉ nghiên cứu sơ qua trong phần cuối chương, các bạn tự tham khảo thêm.

1.3. Nguyên lý làm việc của máy biến áp



Hình 1.5. sơ đồ nguyên lý máy biến áp một pha

- I_1 : Dòng điện sơ cấp.
- I_2 : Dòng điện thứ cấp.
- U_1 : Điện áp sơ cấp.

- U_2 : Điện áp thứ cấp.
- $W_1=N_1$: Số vòng dây cuộn sơ cấp.
- $W_2=N_2$: Số vòng dây cuộn thứ cấp.
- Φ : Từ thông cực đại sinh ra trong mạch từ.

Như hình vẽ nguyên lý làm việc của máy biến áp một pha có hai dây quấn W_1, W_2 .

Khi ta nối dây quấn sơ cấp w_1 vào nguồn điện xoay chiều điện áp u_1 sẽ có dòng điện sơ cấp i_1 chạy trong dây quấn sơ cấp w_1 . dòng điện i_1 sinh ra từ thông biến thiên chạy trong lõi thép, từ thông này móc vòng đồng thời với với cả 2 cuộn dây sơ cấp và thứ cấp, và được gọi là từ thông chính.

Theo định luật cảm ứng điện từ sự biến thiên của từ thông làm cảm ứng vào dây quấn sơ cấp sức điện động cảm ứng là: $e_2 = -w_2 \frac{d\Phi}{dt}$ (2.3)

Cảm ứng vào dây quấn thứ cấp sức điện động cảm ứng là: $e_1 = -w_1 \frac{d\Phi}{dt}$ (2.4)

Trong đó w_1 và w_2 là số vòng dây của cuộn dây sơ cấp, thứ cấp.

Khi máy biến áp không tải dây quấn thứ cấp hở mạch, dòng điện $i_2 = 0$, từ thông chính chỉ do cuộn dây w_1 sinh ra có trị số đúng bằng dòng từ hóa.

Khi máy biến áp có tải, dây quấn thứ cấp nối với tải Z_t dưới tác dụng của sức điện động cảm ứng e_2 , dòng điện thứ cấp i_2 cung cấp điện cho tải, khi đó từ thông chính trong lõi thép do đồng thời cả hai cuộn dây sinh ra.

Điện áp U_1 biến thiên dạng sin nên từ thông chính cũng biến thiên cos.

$$e_1 = -W_1 \cdot \frac{d(\Phi_m \cos \omega t)}{dt} = \omega \cdot W_1 \cdot \Phi_m \sin \omega t = E_{m1} \sin \omega t \quad (2.5)$$

$$e_2 = -W_2 \cdot \frac{d(\Phi_m \cos \omega t)}{dt} = \omega \cdot W_2 \cdot \Phi_m \sin \omega t = E_{m2} \sin \omega t \quad (2.6)$$

Trong đó:

$$E_1 = 4,44fW_1\Phi_m \quad (2.7)$$

$$E_2 = 4,44fW_2\Phi_m \quad (2.8)$$

E_1, E_2 là trị số sức điện động cảm ứng sơ cấp và thứ cấp

Sức điện động cảm ứng sơ cấp và thứ cấp có cùng tần số, nhưng trị hiệu dụng khác nhau

$$\text{Nếu chia } E_1 \text{ cho } E_2 \text{ ta có: } K = \frac{E_1}{E_2} = \frac{W_1}{W_2} \quad (2.9)$$

K được gọi là hệ số biến áp.

Nếu bỏ qua điện trở dây quấn và từ thông tản ngoài không khí có thể coi gần đúng $U_1=E_1, U_2=E_2$ ta có:

$$K = \frac{U_1}{U_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{W_1}{W_2} \quad (2.10)$$

Đối với máy tăng áp: $U_2 > U_1; W_2 > W_1$

Đối với máy giảm áp: $U_2 < U_1; W_2 < W_1$

Nếu bỏ qua tổn hao trong máy biến áp, số thể coi gần đúng các quan hệ các đại lượng sơ cấp và thứ cấp như sau: $U_2 I_2 = U_1 I_1$

*** Ví dụ 2.1:** Cuộn dây của máy biến áp nối vào mạng điện 10000V, điện áp ở đầu cực thứ cấp là 100V, tính tỷ số biến áp, số vòng của cuộn thứ cấp, nếu số vòng cuộn sơ cấp là 21000.

Giải.

$$K = \frac{U_1}{U_2} = \frac{10000}{100} = 100$$

$$K = \frac{W_1}{W_2} \Rightarrow W_2 = \frac{W_1}{K} = \frac{21000}{100} = 210 \text{ vòng}$$

1.4. Các thông số của MBA

1.4.1. Điện áp định mức ở cuộn dây sơ cấp và thứ cấp

Điện áp sơ cấp định mức U_{1dm} (V, kV): Là điện áp qui định cho dây quấn sơ cấp.

Điện áp thứ cấp định mức U_{2dm} (V, kV): Là điện áp của dây quấn thứ cấp khi máy biến áp không tải và điện áp đặt vào dây quấn sơ cấp bằng định mức. Chú ý với máy biến áp một pha điện áp định mức là điện áp pha, còn máy biến áp ba pha điện áp là điện áp dây.

1.4.2. Dòng điện định mức ở cuộn dây sơ cấp và thứ cấp

Dòng điện định mức (I): Là dòng điện qui định cho mỗi cuộn dây máy biến áp ứng với công suất định mức và điện áp định mức

Với máy biến áp một pha:

$$I_{1dm} = \frac{S_{dm}}{U_{1dm}}; \quad I_{2dm} = \frac{S_{dm}}{U_{2dm}};$$

Với máy biến áp ba pha:

$$I_{1dm} = \frac{S_{dm}}{\sqrt{3}U_{1dm}}; \quad I_{2dm} = \frac{S_{dm}}{\sqrt{3}U_{2dm}} \quad (2.1)$$

Hiệu suất MBA:

$$\eta = \frac{S_2}{S_1} = \frac{U_2 \cdot I_2}{U_1 \cdot I_1} = (75 - >90)\% \quad (2.2)$$

$$\text{Nếu } \eta = 1 \Leftrightarrow S_1 = S_2 \Leftrightarrow U_{2dm} \cdot I_{2dm} = U_{1dm} \cdot I_{1dm}$$

Ngoài ra trên máy biến áp còn ghi các thông số khác như: Tần số định mức f_{dm}, số pha m, sơ đồ và tổ nối dây quấn, điện áp ngắn mạch U_n%, chế độ làm việc, phương pháp làm mát,...

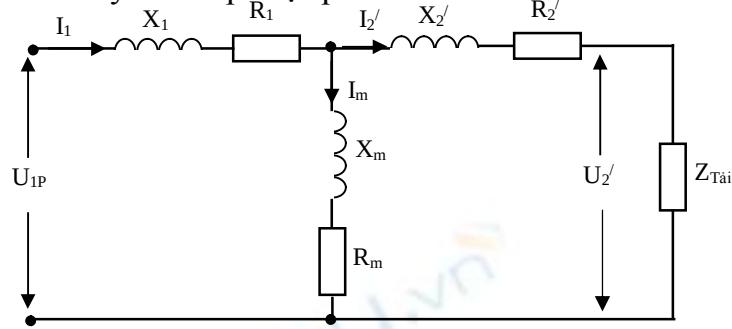
1.4.3 Công suất định mức của máy biến áp (S)

Công suất định mức S_{dm} (VA, kVA): Là công suất biểu kiến đưa ra ở dây quấn thứ cấp của máy biến áp.

Bài 2: CÁC TRẠNG THÁI LÀM VIỆC, TỔN HAO NĂNG LƯỢNG VÀ HIỆU SUẤT CỦA MÁY BIẾN ÁP ĐỘC LẬP MỘT PHA

2.1. Các trạng thái làm việc của MBA

Sơ đồ thay thế máy biến áp một pha



Hình 2.1. SƠ ĐỒ THAY THẾ CỦA MBA 1 PHA

- X_1 ; R_1 : Điện kháng và điện trở của cuộn sơ cấp.
 - X_2' ; R_2' : Điện kháng và điện trở của cuộn thứ cấp đã quy đổi về sơ cấp.
 - X_m ; R_m : Điện kháng và điện trở của mạch từ.
 - I_1 : Dòng điện trong mạch sơ cấp.
 - I_m : Dòng điện trong mạch từ.
 - I_2' : Dòng điện thứ cấp quy đổi.
 - U_1 : Điện áp đưa vào mạch sơ cấp.
 - U_2' : Điện áp thứ cấp quy đổi.
- ❖ **Qui ước:** Sơ đồ tương đương của MBA là 1 mạng 2 cửa với $U_1 \neq U_2$, nên sẽ gặp khó khăn trong vấn đề tính toán các thông số của máy. Để đơn giản hóa vấn đề trên, khi thành lập sơ đồ thay thế, người ta có những qui ước sau:

- Xem như điện áp ra và điện áp vào của máy là bằng nhau:

$$U_2' = U_1 \text{ và } I_2' = I_1, \text{ ta có:}$$

$$U_1 = U_2 \cdot K_{BA} \text{ và } I_1 = \frac{I_2}{K_{BA}}; \quad (2.11)$$

Suy ra: $U_2' = U_2 \cdot K_{BA}$ và

$$I_2' = \frac{I_2}{K_{BA}} \quad (2.12) \quad \left. \vphantom{I_2'} \right\} \text{ Quy đổi}$$

- Từ đó ta có các hệ quả: $Z_2' = Z_2 \cdot K_{BA}^2$. Hay là:

$$\left. \begin{aligned} R_2' &= R_2 \cdot K_{BA}^2 \text{ và} \\ X_2' &= X_2 \cdot K_{BA}^2 \end{aligned} \right\} \quad (2.13) \quad \text{Quy đổi}$$

Với: R_2 ; X_2 lần lượt là *điện trở* và *điện kháng thật* của cuộn thứ cấp.

➤ Theo lý thuyết mạch điện ta cũng có các biểu thức:

$$\left. \begin{aligned} Z_1 &= \sqrt{R_1^2 + X_1^2} \\ Z_m &= \sqrt{R_m^2 + X_m^2} \\ Z_2' &= \sqrt{R_2'^2 + X_2'^2} \end{aligned} \right\} \quad (2.14) \quad \text{Quy đổi}$$

2.1.1 Chế độ không tải

Là trạng thái mà điện áp đưa vào sơ cấp là điện mức và phía thứ cấp hở mạch. Có thể khái quát trạng thái như sau: $U_1 = U_{1dm}$; $I_2 = 0$

Do không nối với tải (hở mạch phía thứ cấp) nên cuộn thứ cấp không tham gia trong mạch. Mặt khác, tổng trở mạch từ rất lớn hơn tổng trở cuộn dây sơ cấp nên có thể xem như cuộn sơ cấp cũng không tồn tại, ta có các sơ đồ tương đương

➤ Dòng điện không tải (dòng điện từ hóa):

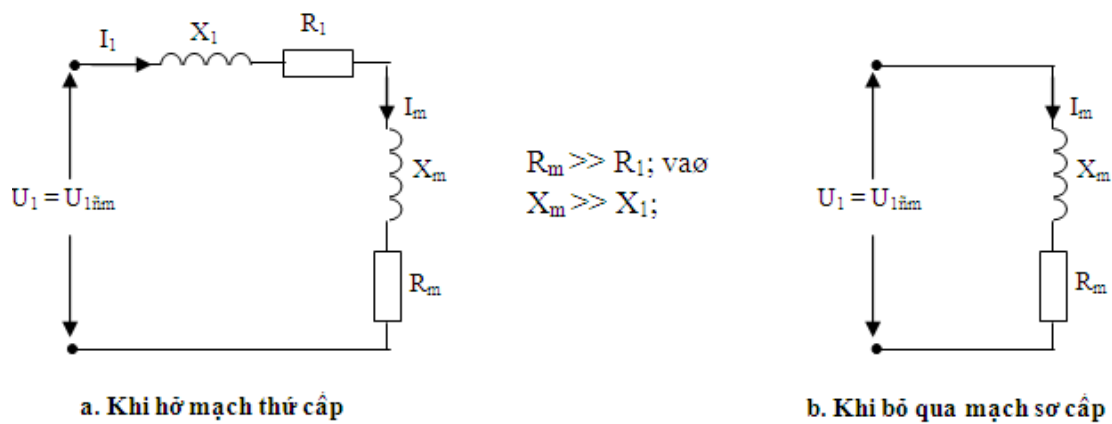
$$I_0 = I_m = \frac{U_{1dm}}{Z_m} = (3-10)\% \cdot I_{1dm}. \quad (2.15)$$

➤ Tổn hao không tải (tổn hao từ hóa): $P_0 = I_0^2 \cdot R_m = U_{1dm} \cdot I_0 \cdot \cos\varphi_0$.
(với: $\cos\varphi_0 = \frac{R_0}{Z_0} = \frac{R_m}{Z_m}$).

Công suất phản kháng không tải Q_0 rất lớn so với công suất tác dụng không tải P_0 . Hệ số công suất lúc không tải thấp.

$$\cos\varphi_0 = \frac{R_0}{\sqrt{R_0^2 + X_0^2}} = \frac{P_0}{\sqrt{P_0^2 + Q_0^2}} = 0,1 \div 0,3 \quad (2.16)$$

Từ những đặc điểm trên khi sử dụng không nên để máy ở tình trạng không tải hoặc non tải.



Hình 2.8. Sơ đồ MBA không tải

❖ **Kết luận:** Khi MBA không tải vẫn tiêu thụ một lượng công suất tác dụng để từ hóa mạch từ và tồn tại dòng điện không tải trong cuộn sơ cấp. Tổn hao không tải thường gọi là tổn hao sắt từ:

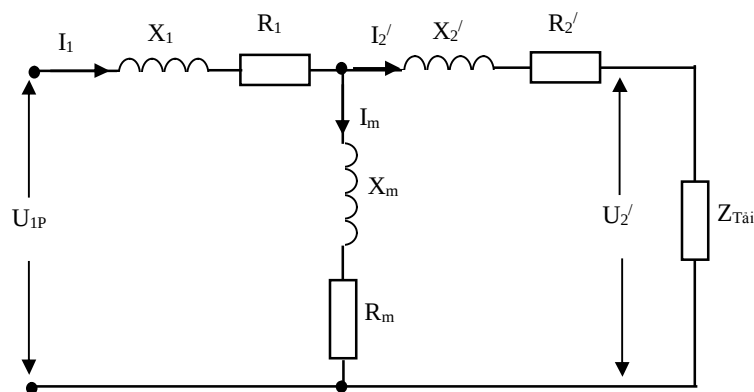
$$P_0 = \Delta P_0 = \Delta P_{Fe} ; \quad \Delta P_{st} = p_{1,0/50} B^2 (f/50)^{1,3} G \quad (2.17)$$

Trong đó : $P_{1,0/50}$ là công suất tổn hao trong lá thép khi tần số 50Hz và từ cảm 1 T. Đối với lá thép kỹ thuật điện 3413 dày 1,35 mm, $P_{1,0/50} = 0,6 \text{ W/kg}$.

B từ cảm trong thép (T)

G khối lượng trong thép (kg)

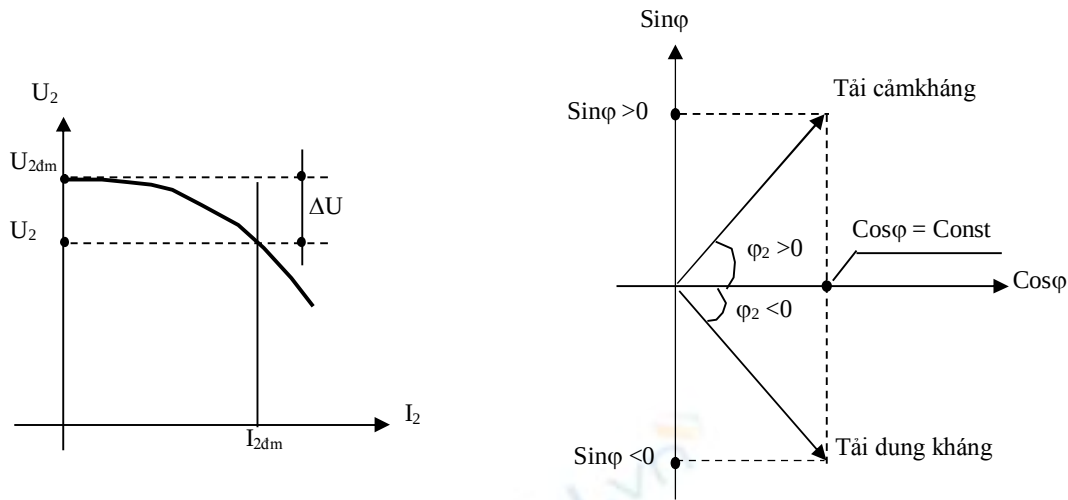
2.1.2 Chế độ có tải



Hình 2.9. Sơ đồ thay thế của MBA 1 pha

Khi MBA mang tải điện áp trên tải sẽ sụt một lượng ΔU so với lúc không tải, lượng sụt áp này phụ thuộc vào độ lớn và tính chất của tải.

Đặc tính ngoài của MBA được biểu diễn như đồ thị



(1) Hình

Hình 2.11. Tính chất tải của MBA

Từ đồ thị ta được: $U_2 = U_{2dm} - \Delta U$ (2.18)

$\Delta U = \beta (U_{nR} \cdot \cos\varphi_2 + U_{nX} \cdot \sin\varphi_2)$	(2.19)
$\Delta U\% = \beta (U_{nR}\% \cdot \cos\varphi_2 + U_{nX}\% \cdot \sin\varphi_2)$	

Với:

- $\beta = \frac{I_2}{I_{2dm}} = \frac{S_2}{S_{2dm}}$ (2.20)

Là hệ số phụ tải, đặc trưng cho độ lớn của phụ tải.

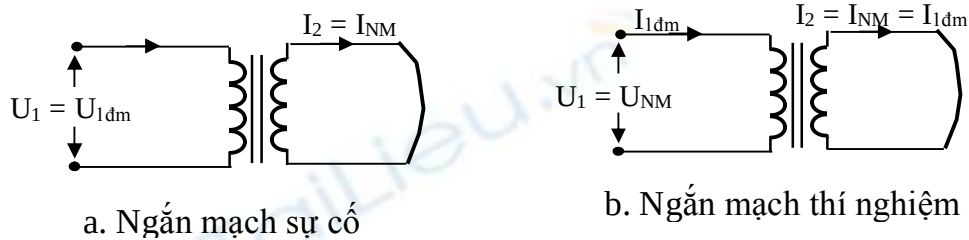
- $\cos\varphi_2$: Hệ số công suất của phụ tải.
- φ_2 : Góc lệch pha giữa điện áp và dòng điện trên tải, đặc trưng cho tính chất phụ tải.
- ❖ Độ lớn phụ tải được thể hiện qua hệ số β như sau:
 - Máy biến áp non tải: $I_2 < I_{2dm} \Leftrightarrow \beta < 1 \Leftrightarrow \Delta U$ giảm; U_2 tăng.
 - Máy biến áp đầy tải: $I_2 = I_{2dm} \Leftrightarrow \beta = 1 \Leftrightarrow \Delta U = \Delta U_{dm}$; $U_2 = \text{const.}$
 - Máy biến áp quá tải: $I_2 > I_{2dm} \Leftrightarrow \beta > 1 \Leftrightarrow \Delta U$ tăng; U_2 giảm.
- ❖ Tính chất phụ tải được thể hiện qua góc lệch pha φ_2 .
 - Khi tải có tính cảm kháng: $\sin\varphi > 0 \Rightarrow \Delta U > 0 \Leftrightarrow U_2 < U_{2dm}$.
 - Khi tải có tính dung kháng: $\sin\varphi < 0 \Rightarrow \Delta U < 0 \Leftrightarrow U_2 > U_{2dm}$.

2.1.3 Chế độ ngắn mạch

❖ Khái niệm về hiện tượng:

MBA đang vận hành với các thông số định mức mà phía thứ cấp bị ngắn mạch thì gọi là *ngắn mạch sự cố* hay *ngắn mạch vận hành*. Trường hợp này sẽ gây nguy hiểm cho máy bởi dòng điện ngắn mạch sinh ra cực lớn. Thông thường, người ta sử dụng các thiết bị tự động (CB, FCO, máy cắt) để cắt MBA ra khỏi mạch khi gặp sự cố nói trên.

Ngoài ngắn mạch sự cố, khi chế tạo và vận hành MBA; Người ta tiến hành ngắn mạch thí nghiệm để kiểm nghiệm và xác định các thông số của máy.



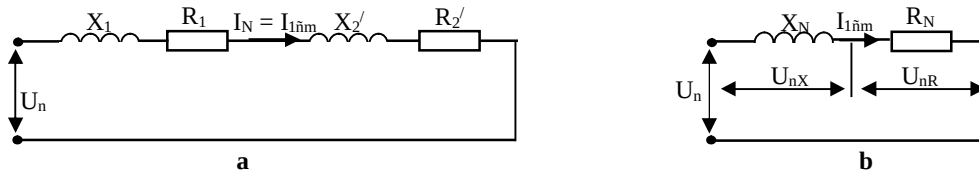
Hình 2.12. Trạng thái ngắn mạch MBA

Thí nghiệm ngắn mạch:

Là trạng thái mà phía thứ cấp được nối ngắn mạch và điện áp đưa vào sơ cấp được giới hạn sao cho dòng điện ngắn mạch sinh ra bằng dòng điện sơ cấp định mức. Trạng thái được khái quát:

$$U_2 = 0; U_1 = U_n = (3 - 10)\%U_{1dm}; \Leftrightarrow I_2 = I_N = I_{1dm} \quad (2.21)$$

Khi tiến hành thí nghiệm ngắn mạch, do điện áp nguồn rất thấp nên dòng điện không tải I_0 không đáng kể có thể bỏ qua (hở mạch từ hóa), nên sơ đồ thay thế có dạng như hình vẽ:



Hình 2.13. Sơ đồ thay thế của MBA ngắn

Đặt: $R_n = R_1 + R_2;$ $X_n = X_1 + X_2 \quad (2.22)$

➤ Tổng trở ngắn mạch: $Z_n = \sqrt{R_n^2 + X_n^2} = \frac{U_n}{I_{1dm}}. \quad (2.23)$

➤ Tổn hao ngắn mạch:

$$\triangleright P_n = I_{dm}^2 \cdot R_n = U_n \cdot I_{dm} \cdot \cos\varphi_n \text{ (với: } \cos\varphi_0 = \frac{R_n}{Z_n} \text{)}. \quad (2.24)$$

➤ Nếu $R_1 = R_2'$; $X_1 = X_2'$ thì:

$$\triangleright R_1 = R_2' = \frac{R_n}{2} \quad (2.25)$$

$$\triangleright X_1 = X_2' = \frac{X_n}{2} \quad (2.26)$$

➤ Sụt áp trên các phần tử:

$$\triangleright U_{nR} = I_{dm} \cdot R_n. \quad (2.27)$$

$$U_{nR}\% = \frac{U_{nR}}{U_{1dm}} \cdot 100 = \frac{I_{dm}}{U_{1dm}} R_n \cdot 100. \quad (2.28)$$

$$\triangleright U_{nX} = I_{dm} \cdot X_n. \quad (2.29)$$

$$U_{nX}\% = \frac{U_{nX}}{U_{1dm}} \cdot 100 = \frac{I_{dm}}{U_{1dm}} X_n \cdot 100. \quad (2.30)$$

❖ Kết luận: Tổn hao ngắn mạch trong MBA chủ yếu là do 2 bộ dây quấn gây nên. Tổn hao này còn gọi là tổn hao đồng:

$$P_n = \Delta P_{Cu} = \Delta P_{Cu1} + \Delta P_{Cu2} \quad (2.31)$$

Ví dụ 2.2 : Một MBA 1 pha có $S_{BA} = 100\text{KVA}$; $K_{BA} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{10.000}{400}$; $I_0 =$

$0,05I_{dm}$. Các tổn hao $P_0 = 800\text{W}$; $P_n = 2400\text{W}$; Điện áp ngắn mạch thí nghiệm $U_n\% = 4$. Giả sử $R_1 = R_2'$; $X_1 = X_2'$; $R_0 = R_m$; $X_0 = X_m$. Hãy tính.

- Các tham số lúc không tải của máy.
- Hệ số công suất lúc không tải.
- Các tham số ngắn mạch của máy.
- Vẽ sơ đồ thay thế của máy.

Giải:

$$\text{Dòng điện sơ cấp định mức: } I_{1dm} = \frac{S_{dm}}{U_{1dm}} = \frac{100 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^3} = \mathbf{10A}.$$

$$\text{Dòng điện không tải: } I_0 = 0,05I_{dm} = 0,05 \cdot 10 = \mathbf{0,5A}.$$

Các tham số không tải:

$$\text{Từ biểu thức } P_0 = I_0^2 \cdot R_m.$$

$$\triangleright \text{Điện trở mạch từ: } R_m = \frac{P_0}{I_0^2} = \frac{800}{0,5^2} = \mathbf{3200\Omega}.$$

$$\text{Tổng trở mạch từ được tính: } Z_m = \frac{U_{1dm}}{I_0} = \frac{10000}{0,5} = \mathbf{20.000\Omega}.$$