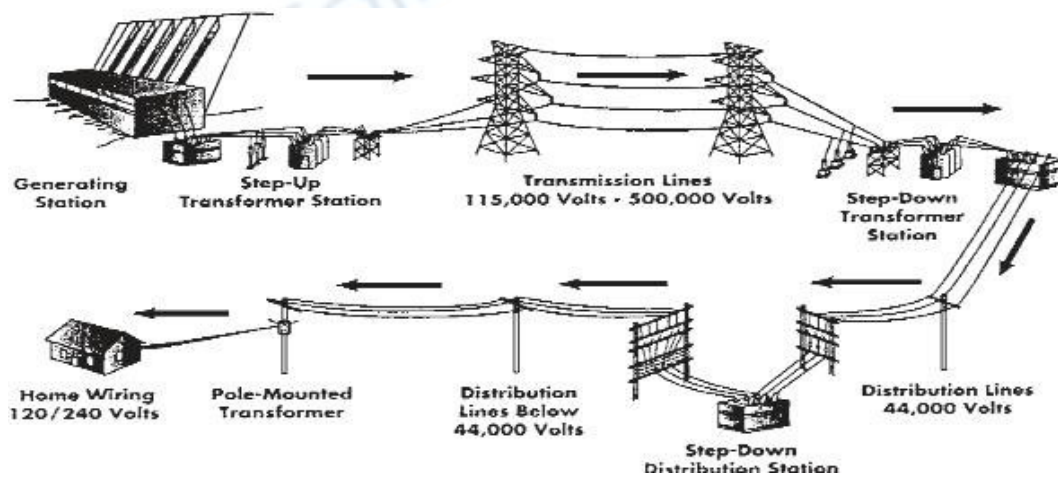


Tiết kiệm năng lượng nhìn từ mọi phía: Máy biến áp có mạch từ bằng lá thép Silic vô định hình

Pgs. Lê Văn Doanh-Phạm Văn Bình

Bộ môn Thiết bị điện -điện tử, Trường ĐHBK Hà Nội

Các máy biến áp (MBA) đóng vai trò quan trọng trong hệ thống truyền tải và phân phối điện. Điện năng từ nhà máy (thường ở xa phụ tải) được truyền tới hộ tiêu thụ thông qua nhiều cấp biến đổi điện áp bằng MBA, do đó tổng công suất các MBA thường lớn hơn tổng công suất các máy phát điện 5 đến 6 lần. Hình 1 biểu diễn các MBA trong hệ thống điện.



Hình 1 MBA trong Hệ thống điện

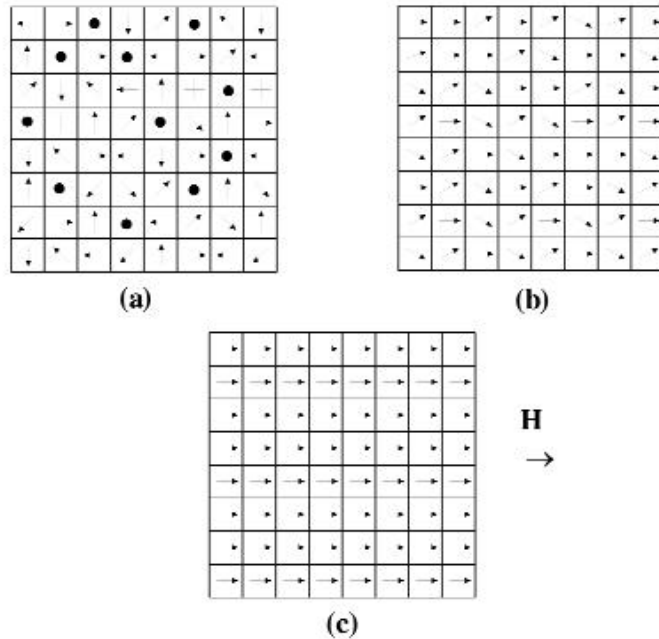
QUÁ TRÌNH TỪ HÓA CỦA VẬT LIỆU SẮT TỪ

Sắt, Mangan, Coban và các hợp kim của chúng có cấu trúc mạng tinh thể tạo nên miền từ hóa tự nhiên được đặc trưng bởi vectơ từ cảm phân bố ngẫu nhiên, kết quả bình thường từ trường tổng của nó bằng không (hình 2a). Khi bị từ hóa bằng từ trường ngoài có cường độ từ trường H các vectơ sẽ định hướng theo chiều từ trường, kết quả là từ trường tổng trong lõi thép tăng thêm (hình 2b). Khi tất cả các vectơ đều nằm song song và cùng chiều như hình 2c thì từ trường tổng sẽ cực đại và đạt tới giá trị bão hòa. Đường đặc tính từ hóa B(H) của vật liệu từ được biểu diễn trên hình 3.

TỠN HAO SẮT TỪ

Khi bị từ hóa bằng dòng điện xoay chiều trong mạch từ xảy ra quá trình từ hóa không thuận nghịch khi tăng và khi giảm cường độ từ trường H. Kết quả tạo nên hiện tượng từ trễ gây tổn hao công suất. Ngoài ra khi từ hóa bằng dòng điện xoay chiều trong mạng tinh thể sắt hình thành dòng điện cảm ứng (dòng điện xoáy, dòng điện Foucault) khép mạch. Dòng điện xoáy tỷ lệ với tần số, với khối lượng, độ lớn của cường độ từ cảm cực đại B_m và bản chất của vật liệu từ.

Tổn hao dòng điện xoáy được tính theo công thức gần đúng:
 $\Delta P = v.f.k_n.B_m$ (W)



Hình 2 Quá trình từ hóa của vật liệu sắt từ.

Trong đó: v : thể tích của của vật liệu sắt từ
 f : tần số

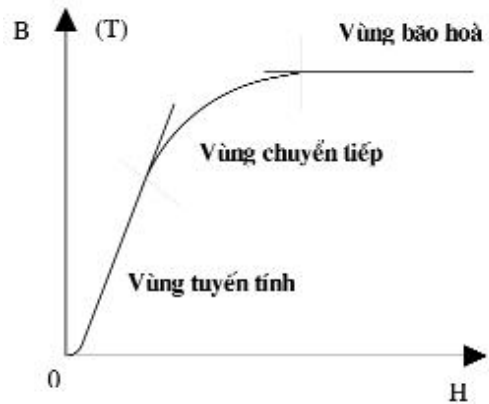
k_n : hệ số phụ thuộc vào vật liệu.
 B_m : cường độ từ cảm cực đại.
 $n = 1,5 - 2,5$: số mũ Steinmetz.
 Để giảm tổn hao sắt từ người ta phải tăng từ trở của lõi sắt bằng cách thêm vào sắt một số phần trăm Silic (từ 3-5%) tạo nên lá tôn Silic có chiều dày 0.2-0,3mm.

Mạch từ của các MBA hiện đại đều làm bằng lá tôn Silic cán nguội có sơn cách điện ghép lại. Với công nghệ cán nguội đặc tính từ của lõi thép có tính chất định hướng, cường độ từ cảm B tăng thêm 30% theo chiều cán, B bão hòa giảm 5%. Khi ghép các lá thép người ta thực hiện mỗi ghép xiên cũng có tác dụng giảm tổn hao.

TỶ LỆ TỔN HAO CÔNG SUẤT TRONG MBA

MBA là thiết bị truyền tải và phân phối điện năng, khi làm việc có hai loại tổn hao là:

- Tổn hao sắt từ ΔP_s do dòng điện xoáy và hiện tượng từ trễ gây ra. Khi MBA không tải tổn hao không tải $P_0 = \Delta P_s$.
- Tổn hao đồng ΔP_d là tổn hao phát nhiệt trên các dây quấn tỷ lệ với bình phương dòng điện. Tổn hao đồng bằng tổn hao ngắn mạch $P_n = \Delta P_d$.



Hình 3 Đường cong từ hóa

Nước	Tổn hao sắt của MBA phân phối (tỷ kWh)
Hoa Kỳ	81
EU	43
Trung Quốc	49
Nhật Bản	32
Áns Độ	11
Hàn Quốc	9
Thái Lan	6

Bảng 1 Ước lượng tổn hao công suất sắt từ trong các MBA của một số nước (2010)

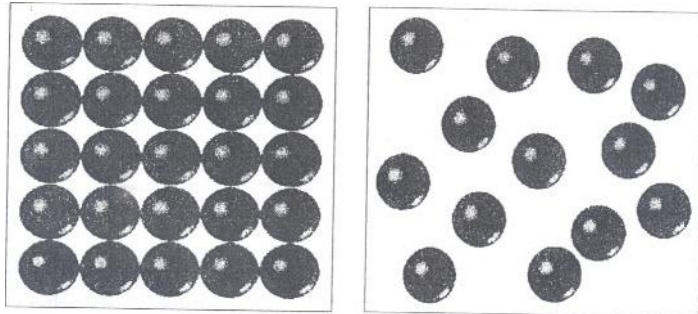
Theo thống kê của công ty điện lực Hàn Quốc KEPCO (Korea Electrical Power Corp)

Năm 2001 tổn hao của hệ thống phân phối là 1,75% của công suất truyền tải và phân phối bằng 40% của công suất tổn hao này là do MBA. Nói cách

khác là 6 tỷ kWh là năng lượng tổn hao của MBA phân phối, nó bằng công suất phát của nhà máy điện nguyên tử lớn hoặc 0,8 công suất dự phòng của Hàn Quốc. Ở Nhật Bản tổn hao không tải bằng 27 tỷ kWh, hay bằng 1,5 tổn hao do công suất dự phòng. Ước lượng tổn hao công suất sắt từ trong các MBA của một số nước được cho trong bảng 1

VẬT LIỆU TỪ VÔ ĐỊNH HÌNH

Mạng tinh thể tôn Silic có cấu trúc hoàn toàn xác định, được sắp xếp đều đặn trong quá trình làm nguội và cán lá tôn (hình 4a). Kết quả hình thành mạng tinh thể có tính chất định hướng theo chiều cán.



Hình 4 a. Mạng tinh thể tôn Silic b. Tôn Silic vô định hình

Điểm khác biệt quan trọng của vật liệu từ vô định hình so với vật liệu từ truyền thống là người ta thực hiện quá trình làm lạnh đột ngột vật liệu bằng cách phun chùm tia Nitơ lỏng vào khối vật liệu đang nóng chảy. Tốc độ giảm nhiệt độ đạt tới một triệu độ C trong một giây. Kết quả là mạng tinh thể bị phá vỡ, tạo nên trạng thái vật liệu cấu trúc có tính chất ngẫu nhiên, còn gọi là “thủy tinh kim loại” (hình 4b)

MÁY BIẾN ÁP LỖI TÔN SILIC VÔ ĐỊNH HÌNH

Do lá tôn Silic vô định hình không có tổn hao từ trễ, tổn hao không tải giảm 75% so với tổn hao không tải của MBA mạch từ bằng lá tôn Si cán nguội. Bảng 2 cho kết quả so sánh của các MBA dầu 22,9 kV-220V

Số pha	Công suất định mức (kVA)	Tổn hao không tải (W)		Giảm tổn hao (%)
		Tôn Si thường	Vô định hình	
Một pha	50	149	38	75
	75	206	52	75
	100	245	62	75
Ba pha	300	1400	200	86
	500	2040	270	87
	1000	3000	390	87

Bảng 2 Đặc tính so sánh tổn hao của các MBA dầu 22,9 kV-220V- hãng KEPCO.

của hãng KEPCO.

Qua bảng 4 ta thấy nói chung trung bình các MBA lõi tôn Silic vô định hình có thể tiết kiệm 80% tổn hao sắt so với các MBA truyền thống. Giá thành MBA vật liệu từ vô định hình cao hơn MBA truyền thống 30%. Ví dụ ở Hàn Quốc nếu thay thế tất cả MBA truyền thống bằng MBA lõi tôn vô định hình vào năm 2010 tiết kiệm được 7 tỷ kWh, giảm phát thải 1 triệu tấn CO₂.

XU THẾ TƯƠNG LAI

MBA sử dụng lá tôn Silic vô định hình có tổn hao sắt từ thấp phù hợp với xu hướng chung của việc sử dụng năng lượng tiết kiệm và hiệu quả do đó đang được các công ty chế tạo MBA toàn thế giới tập trung nghiên cứu phát triển và hoàn thiện.

Chương trình Star Transformer ở Hoa Kỳ bắt đầu từ năm 1995 do Ủy ban

bảo vệ môi trường EPA (Environmental Protection Agency) phối hợp với Hội các nhà chế tạo thiết bị điện quốc gia NEMA (National Electrical Manufacturers Association) đưa ra chương trình chế tạo các MBA hiệu suất cao trên cơ sở vật liệu từ vô định hình. Các hãng chế tạo MBA nổi tiếng như ABB, GE, Siemens... đang chú trọng phát triển loại MBA này đồng thời với việc sử dụng vật liệu cách điện compozit để chế tạo MBA khô không dùng dầu làm mát. Thống kê các MBA vật liệu từ vô định hình của một số nước châu Á được cho trong bảng 3 cho thấy xu thế phát triển mạnh mẽ của loại MBA này.

Nước	Số lượng MBA	Công suất (kVA)	Số nhà sản xuất
Nhật Bản	300.000	10-50	6
Ấn Độ	110.000	10-100	20
Hàn Quốc	30.000	30-1000	10
Philipin	30.000	30-100	0
Trung Quốc	20.000	80-500	9
Bangladesh	15.000	10-100	0
Đài Loan	10.000	25-100	4

Bảng 3 Sử dụng MBA vật liệu từ vô định hình của một số nước Châu Á

Ở Việt Nam năm 2009 Bộ Khoa học và Công nghệ đưa ra đề tài Nghiên cứu chế tạo MBA hiệu suất cao trên cơ sở vật liệu từ vô định hình.

