

UỶ BAN KỸ THUẬT ĐIỆN QUỐC TẾ

Báo cáo của IEC

Ấn phẩm 606
xuất bản lần thứ nhất
1978

Hướng dẫn áp dụng cho các máy biến áp lực

QUANPHAM.VN

MỤC LỤC

Lời nói đầu

Lời tựa

- 1. Phạm vi áp dụng và mục tiêu 4**
- 2. Các quy định kỹ thuật về các số lượng nấc phân áp..... 4**
- 3. Lựa chọn cách đấu nối các dây quấn cho các MBA trên hệ thống ba pha..... 10**
- 4. Vận hành song song các MBA trong hệ thống ba pha 14**
- 5. Khả năng mang tải của điểm trung tính các MBA nối hình sao hoặc nối zigzag. 16**
- 6. Tính toán độ sụt (hoặc tăng) điện áp cho một điều kiện phụ tải quy định. 18**

Phụ lục A

ỦY BAN KỸ THUẬT ĐIỆN QUỐC TẾ

HƯỚNG DẪN ÁP DỤNG CHO CÁC MÁY BIẾN ÁP (MBA) LỰC

LỜI NÓI ĐẦU

- 1) Các quyết định và thỏa ước chính thức của IEC về các vấn đề kỹ thuật được soạn thảo bởi các ủy ban kỹ thuật, trong đó có đại diện của tất cả các ủy ban quốc gia đặc biệt quan tâm đến các vấn đề trên, thể hiện sự nhất trí quốc tế cao nhất về ý kiến trong các chủ đề được xem xét.
- 2) Các quyết định và thỏa thuận này là các khuyến nghị có tính quốc tế, đã được các ủy ban quốc gia thừa nhận theo ý nghĩa đó.
- 3) Để khuyến khích và thúc đẩy một sự thống nhất quốc tế, IEC mong muốn rằng tất cả các ủy ban quốc gia thừa nhận văn bản khuyến nghị của IEC và đưa vào các thể lệ quốc gia trong chừng mực mà các điều kiện quốc gia cho phép. Mọi sự khác biệt giữa khuyến nghị của IEC và các thể lệ quốc gia tương ứng trong mức độ có thể, cần được chỉ rõ bằng các thuật ngữ rõ ràng trong thể lệ quốc gia.

LỜI TỰA

Bản hướng dẫn áp dụng này được soạn thảo bởi ủy ban kỹ thuật số 14 của IEC: Máy biến áp lực.

Bản dự thảo đầu tiên về điều khoản 2, nói về các quy định kỹ thuật của các đại lượng nấc phân áp đã được thảo luận tại cuộc họp vào năm 1972 ở Athens, bản dự thảo thứ hai vào năm 1974 tại Bucaret. Sau cuộc họp thứ hai, một dự thảo khác, tài liệu 14 (Văn phòng Trung ương) 36 được trình lên để các ủy ban quốc gia phê chuẩn vào tháng 8 năm 1975 theo Quy tắc 6 tháng.

Các nước có tên sau đây tuyên bố hoàn toàn tán thành ấn phẩm :

- Cộng hòa Nam phi	- Đan mạch	- Ý	- Anh
- Đức	- Ai cập	- Nhật	- Thụy điển
- úc	- Tây ban nha	- Hà lan-	Thổ Nhĩ Kỳ
- áo	- Phần Lan	- Ba lan -	Nam tư
- Bỉ	- Pháp	- Rumania	- Na uy
- Canada	- Hung	- Israen	
- Liên xô	- Tiệp khác	- Thụy sĩ	

Một dự thảo đầu tiên về các điều khoản khác được đưa ra thảo luận tại hội nghị ở Bucarét vào năm 1974, kết quả là một dự thảo khác, Tài liệu 14 (Văn phòng Trung ương) 38 được trình để các Ủy ban quốc gia phê chuẩn vào tháng 6 năm 1976 theo thể lệ 6 tháng.

Các nước có tên sau đây tuyên bố hoàn toàn tán thành ấn phẩm:

- Cộng hòa Nam phi	- Đan mạch	- Ý	- Anh
- Đức	- Ai cập	- Thụy điển	- Aentina
- úc	- Hà lan	- Thổ Nhĩ Kỳ	- Trung Quốc
- áo	- Phần Lan	- Ba lan	- Bồ đào nha
- Bỉ	- Pháp	- Na uy	- Mỹ
Canada	- Hung	- Thụy sĩ	- Tây ban Nha
Tiệp khác	- Nam tư	- Mỹ	-

Các ấn phẩm khác của IEC được nêu ra trong bản hướng dẫn áp dụng này:

ấn phẩm số 76 : MBA lực.

76 - 1 : Phần đầu : Tổng quát.

76 - 4 : Phần 4 : Các nấc phân áp và các cách đấu nối.

HƯỚNG DẪN ÁP DỤNG CHO CÁC MÁY BIẾN ÁP LỰC

1. Phạm vi áp dụng và mục tiêu

1.1. Phạm vi áp dụng.

Bản hướng dẫn áp dụng này áp dụng cho các MBA phù hợp với các quy định kỹ thuật của ấn phẩm 76 IEC : MBA lực (1976)

1.2. Mục tiêu.

Bản hướng dẫn áp dụng này nhằm mục đích giúp đỡ xác định và lựa chọn các đặc tính của MBA. Các khuyến nghị được nêu lên ở đây đều không mang tính chất bắt buộc mà chỉ dùng để hướng dẫn người mua lúc mua hàng và khi sử dụng MBA sau này.

2. Các quy định kỹ thuật về các số lượng nấc phân áp.

2.1. Mở đầu

2.2.1. Mục tiêu của điều khoản này

Mục tiêu của điều khoản này là giúp người mua, căn cứ vào các điều kiện mang tải của MBA mà xác định các số lượng nấc phân áp phù hợp với đoạn 1 của ấn phẩm 76 - 4 IEC. Phần 4: Các nấc phân áp và các cách đấu nối.

Vì các số lượng nấc phân áp đều được dùng làm cơ sở cho việc bảo hành của nhà chế tạo và cho các thử nghiệm, nên cần tránh các quy định kỹ thuật quá phức tạp vì chúng sẽ gây khó khăn cho việc đánh giá và việc bảo hành.

Các MBA thỏa mãn được các quy định kỹ thuật ấy phải có khả năng vận hành mang tải như đã dự định mà không gây nên việc tăng kích cỡ một cách vô ích (xem ghi chú). Trong các quy định thỏa mãn điều kiện này, phải tìm các quy định đơn giản nhất bằng cách dựa vào các giải pháp đã được trình bày trong ấn phẩm 76 - 4 IEC ở các điều khoản 3, 4, 5 về "cách điều chỉnh có thông lượng không đổi", "cách điều chỉnh có thông lượng biến thiên" và "cách điều chỉnh phức hợp".

Ghi chú: Vì các lý do tiêu chuẩn hóa và đơn giản hóa các giá trị lý thuyết của các số liệu tính toán (công suất định mức, điện áp v.v...) theo các điều kiện vận hành có tải đã được giả thiết, có thể được điều chỉnh lại khi chọn các đặc tính cuối cùng của MBA. Các xem xét dẫn đến một MBA quá kích cỡ thường được bỏ qua trong bản hướng dẫn này.

2.1.2. Phạm vi áp dụng

Trong bản hướng dẫn này, cũng như trong ấn phẩm 76-4 IEC người ta chỉ xem xét trường hợp thường gặp nhất trong thực tế là các MBA chỉ có một dây quấn có các nấc phân áp.

Ghi chú: Để cách chứng minh được đơn giản, người ta chỉ xem xét các MBA có hai dây quấn (có thể thêm một dây quấn ổn định hay dây quấn phụ).

2.1.3. Các cách viết tắt được dùng trong điều khoản này.

Để cho văn bản và các hình vẽ được ngắn gọn hơn, các cách viết tắt sau đây được dùng cho một số đại lượng thường gặp trong bản hướng dẫn (chỉ số A chỉ dây quấn có các nấc phân áp, chỉ số B chỉ dây quấn không có nấc phân áp).

U_A = điện áp nấc phân áp của dây quấn có nấc phân áp

I_A = dòng điện nấc phân áp của dây quấn có nấc phân áp

U_B = điện áp nấc phân áp của dây quấn không có nấc phân áp

I_B = dòng điện nấc phân áp của dây quấn không có nấc phân áp

K_A = hệ số nấc phân áp (xem định nghĩa ở mục 3.5.1.2 của ấn phẩm 76.1 IEC.

phần 1. Các vấn đề chung.

n = tỷ số biến đổi

n_u = tỷ số biến đổi trên nấc phân áp có điện áp cực đại

n_i = tỷ số biến đổi trên nấc phân áp có dòng điện cực đại

n_p = tỷ số biến đổi trên nấc phân áp chính (tỷ số biến đổi định mức).

2.2. Giai đoạn đầu tiên xác định chỉ số nấc phân áp (chuyển từ \(\Delta U\) khi có tải sang \(\Delta U\) khi không tải, tính toán các tỷ số biến đổi).

Từ các đại lượng khi có tải, muốn xác định các đại lượng nấc phân áp đặc trưng và đặc biệt là các điện áp của nấc phân áp (xem định nghĩa ở mục 3.5.3.3 của ấn phẩm 76.1 IEC) cần phải thay thế các điện áp khi MBA có tải của các dây quấn bằng các điện áp không tải bằng cách điều chỉnh điện áp thích hợp.

Trước tiên phải tính độ sụt áp (hoặc tăng áp) ΔU^* có xét đến các thông tin sau đây :

- giá trị của tải bằng MVA và giá trị của hệ số công suất $\cos \varphi$ và $\sin \varphi$;
- chiều đi của năng lượng;
- miền biến thiên của điện cao áp (CA);
- miền biến thiên của điện hạ áp (HA);

Lượng điều chỉnh điện áp được thực hiện bằng cách nhân điện áp lúc có tải với $\frac{100}{100-\Delta U}$, trong đó ΔU được thể hiện bằng % các tỷ số biến áp và đặc biệt là các giá trị biên sẽ nhận được từ các "điện áp không tải" đã được tính.

Ghi chú: Việc tính độ sụt áp (hoặc tăng áp) có thể dựa trên các giá trị gần đúng của tổng trở. Việc tính toán chính xác hơn có thể được tiến hành khi biết được các giá trị cuối cùng của tổng trở, nhưng điều này thường là không cần thiết.

2.3. Chọn dây quấn nấc phân áp.

- Việc chọn nơi đặt các nấc phân áp thông thường là căn cứ vào các lý do kỹ thuật
- a. Đặt trên dây quấn cao áp tốt hơn là trên dây quấn hạ áp, nếu như tỷ số biến đổi cao
 - b. Đặt trên dây quấn đấu hình sao tốt hơn là đặt trên dây quấn đấu tam giác.
 - c. Đặt trên dây quấn nào mà điện áp của nấc phân áp thay đổi nhiều hơn. Nhưng yếu tố này ít quan trọng hơn các yếu tố a) và b).

2.4. *Xác định các đại lượng nấc phân áp của một MBA có các dây quấn tách riêng nhau. Phương pháp 6 thông số.*

Trong mục này chỉ xem xét các MBA có các dây quấn tách riêng nhau; các MBA tự ngẫu được xem xét ở mục 2.5.

2.4.1. *Các vấn đề chung*

Kết quả của giai đoạn tính toán đầu thường dẫn đến nhiều chế độ nấc phân áp, cho mỗi nấc phân áp, nhưng thực tế đã chứng minh là không cần làm phức tạp như vậy, vì vậy trong bản hướng dẫn này không làm theo cách đó. Việc đơn giản hóa tính toán với nội dung là chỉ dùng một chế độ nấc phân áp cho mỗi nấc phân áp có thể dẫn tới việc tăng kích cỡ MBA lên một chút so với một MBA thỏa mãn đúng và riêng cho các điều kiện phụ tải dự kiến. Tuy nhiên, trong thực tế, các điều kiện phụ tải dự kiến cũng chỉ có tính chất gần đúng. Người ta chỉ dùng trên một chế độ nấc phân áp cho một nấc phân áp trong các trường hợp đặc biệt mà thôi.

Một sự đơn giản hóa bổ sung nữa có nội dung là chỉ dùng những dòng điện nấc phân áp và điện áp nấc phân áp tuân theo các quy luật biến thiên đơn giản theo hàm của hệ số nấc phân áp đã được xem xét tại các điều khoản 3, 4 và 5 và biểu diễn ở các hình từ 1 đến 3 của Ấn phẩm 76 - 4 IEC.

Các phép đơn giản hóa đó được dùng trong phương pháp mô tả tại các mục 2.4.2 đến 2.4.4.

Sơ bộ một vài điều giải thích sẽ cho sau đây về "nấc phân áp có điện áp cực đại" thuộc cách điều chỉnh phức hợp và về "nấc biến áp có dòng điện cực đại".

a) *l Nấc phân áp có điện áp cực đại l trong trường hợp điều chỉnh phức hợp.*

Trong các MBA dùng cách "điều chỉnh phức hợp" có một "nấc phân áp có điện áp cực đại" mà trên nấc đó thì điện áp của nấc phân áp của dây quấn có các nấc phân áp giữ nguyên không đổi. Trong dây quấn không có nấc phân áp, điện áp nấc phân áp giữ nguyên không đổi cho đến nấc phân áp nói trên, còn đối với các nấc phân áp cao hơn thì điện áp nấc phân áp lại giảm.

Việc đưa một "nấc phân áp có điện áp cực đại" vào sẽ tránh được việc quy định các điện áp quá cao phi thực tế của nấc phân áp, nếu không thậm chí có thể vượt quá một cách đáng kể "điện áp cao nhất đối với thiết bị".

Điều hạn chế này về điện áp nấc phân áp của một vài nấc cũng có nghĩa là, trên các nấc phân áp đó hạn chế cả dòng điện ngắn mạch cực đại tính toán mà theo đó phải bảo hành độ bền cơ của MBA.

b) *l Nấc phân áp có dòng điện cực đại l và mức gia tăng nhiệt độ.*

Các mục 3.2b, 4.2b và 5.2b đoạn 1 của ấn phẩm 76 - 4 IEC và đặc biệt là các hình 1b, 2b, 3b biểu thị chúng thể hiện các quy luật biến thiên đơn giản của các dòng điện nấc phân áp theo hàm của hệ số nấc phân áp đều dựa trên một "nấc phân áp có dòng điện cực đại". Đối với nấc phân áp này, các dòng của nấc phân áp của cả hai dây quấn đồng thời đều là cực đại.

Ở mỗi phía của nấc phân áp, một trong các dòng nấc phân áp giữ nguyên không đổi và cực đại, còn ở phía kia nó lại giảm; từ đó trên thực tế dẫn đến tổn thất tổng và mức gia tăng nhiệt độ của các dây quấn ở mỗi phía của nấc phân áp đó đều giảm. Như vậy, nấc phân áp này cũng là nấc phân áp có mức gia tăng nhiệt độ cực đại.

2.4.2. *Sáu thông số của một MBA có hai dây quấn*

Chỉ xem xét các MBA có hai dây quấn mà thôi (xem mục 2.1.2).

Trong phương pháp mô tả sau đây, các số liệu dùng để xác định các đại lượng nấc biến áp hạn chế ở 6 thông số sau đây:

a. Các tỷ số biến đổi cực biên : n_{\min} và n_{\max} ;

b. Điện áp cực đại của mỗi dây quấn $(U_{CA})_{\max}$, $(U_{HA})_{\max}$;

c. Dòng điện cực đại của mỗi dây quấn $(I_{CA})_{\max}$; $(I_{HA})_{\max}$.

Các giá trị bằng số của 6 thông số đó sẽ được biết khi đã hoàn tất giai đoạn một của việc tính toán (xem mục 2.2).

2.4.3. *Quá trình tính toán để xác định số lượng của các phân áp xuất phát từ 6 thông số trên.*

Các giá trị bằng số của 6 thông số dùng để lập bảng các số lượng các phân áp theo hàm của tỷ số biến đổi n và của hệ số các phân áp K_A như bảng I sau đây :

Quá trình tính toán là như sau:

a. Cho vào cột đầu 4 tỷ số biến đổi sau:

$$n_{\min}, n_i = (I_{HA})_{\max} / (I_{CA})_{\max}, n_u = (U_{CA})_{\max} / (U_{HA})_{\max}, n_{\max}$$

Viết chúng theo thứ tự bằng số (bảng I dùng thứ tự tăng dần từ trên xuống, với giả thiết là n_u lớn hơn n_i , nhưng trong một vài trường hợp, n_i có thể lớn hơn hoặc bằng n_u) chuẩn bị một dòng cho các phân áp chính, mà với các lý do được nhắc lại ở mục 2.4.3 d sẽ được đặt giữa các hàng có $n = n_i$ và $n = n_u$. Viết 100 xem là giá trị của K_A , giá trị của n gọi là n_p chưa được xác định.

b. Đưa vào bảng các giá trị cực đại của điện áp và của dòng điện cho mỗi dây quấn như đã nêu trong bảng I.

$$(U_{HA})_{\max} \text{ từ } n_{\min} \text{ đến } n_u \text{ và } (U_{CA})_{\max} \text{ từ } n_u \text{ đến } n_{\max}$$

$$(I_{CA})_{\max} \text{ từ } n_{\min} \text{ đến } n_i \text{ và } (I_{HA})_{\max} \text{ từ } n_i \text{ đến } n_{\max}$$

c. Điền các trường hợp có điện áp hoặc dòng điện có đánh dấu (2) vào bảng. Giá trị thích hợp của dòng điện hoặc điện áp sẽ nhận được từ giá trị của dòng điện hay điện áp của dây quấn kia và giá trị của tỷ số biến đổi n .

Công suất của các phân áp (3) khi đó sẽ tính được.

d. Chọn dây quấn có các phân áp và các phân áp chính. Từ định nghĩa của các phân áp chính và của các phân áp công suất đầy thì các phân áp chính là một trong các phân áp công suất đầy, nghĩa là một trong các phân áp trong miền từ "các phân áp có điện áp cực đại" đến "các phân áp có dòng điện cực đại".

Giải pháp đơn giản nhất là lấy các phân áp trung bình nếu là một phân áp có công suất đầy, hoặc nếu không là phân áp công suất đầy gần nhất của các phân áp trung bình.

e. Khi đó có thể tính hệ số phân áp K_A .

$$K_A = n/n_p \text{ nếu như các phân áp đều ở trên dây quấn CA.}$$

$$K_A = n_p/n \text{ nếu như các phân áp đều ở trên dây quấn HA.}$$

Hơn nữa, khi đã biết n_p , có thể ghi hoàn chỉnh hàng "các phân áp chính". Hàng này cho các giá trị định mức của điện áp, dòng điện và công suất.

Như vậy là bảng thông số đã được hoàn thiện.

Ghi chú: Thông thường phương pháp trước dẫn đến một sự điều chỉnh điện áp phức tạp. Tuy nhiên, nếu như n_u bằng một giá trị biên của n , thì loại điều chỉnh điện áp sẽ là \(\backslash\) điều chỉnh điện áp có thông lượng không đổi \(\backslash\) hoặc \(\backslash\) điều chỉnh điện áp có thông lượng biến thiên \(\backslash\) tùy theo vấn đề là việc phân áp có điện áp cực đại là các phân áp biên cộng hoặc các phân áp biên trừ. Hơn nữa, nếu các phân áp có điện áp cực đại không phải là các phân áp biên cộng nhưng đủ gần thì loại điều chỉnh phức tạp có thể thay bằng điều chỉnh có thông lượng không đổi, để đơn giản hóa hơn nữa việc quy định các đại lượng các phân áp (xem mục 2.7)

Bảng 1

Bảng ghi các số lượng của nấc phân áp

n (1)	K _A (%)	Điện áp		Dòng điện		Công suất	Thuộc nấc phân áp nào
		CA	HA	CA	HA		
n _{min} =...	(4)	(2)	(U _{HA}) _{max}	(I _{CA}) _{max}	(2)	(3)	Nấc phân áp có tỷ số biến đổi cực tiểu.
n _i =...	(4)	(2)	(U _{HA}) _{max}	(I _{CA}) _{max}	(I _{HA}) _{max}	S _{max} ⁽³⁾	Nấc phân áp có dòng điện cực đại.
n _p =...(5)	100	(5)	(U _{HA}) _{max}	(5)	(I _{HA}) _{max}	S _{max}	Nấc phân áp chính
n _m =...	(4)	(U _{CA}) _{max}	(U _{HA}) _{max}	(2)	(I _{HA}) _{max}	S _{max} ⁽³⁾	Nấc phân áp có điện áp cực đại
n _{max} =...	(4)	(U _{CA}) _{max}	(2)	(2)	(I _{HA}) _{max}	(3)	Nấc phân áp có tỷ số biến đổi cực đại.

(1) Trong bảng giả thiết là n_i > n_i
(2) Trường hợp cân điều vào với giá trị điện áp hoặc dòng điện thích hợp suy ra từ điện áp hoặc dòng điện của dây quấn kia và của tỷ số biến đổi n.
(3) Công suất tính từ các giá trị dòng điện và điện áp
(4) Các hệ số nấc phân áp được tính sau khi đã chọn dây quấn có nấc phân áp và chọn nấc phân áp chính.
(5) Trường hợp cân điều vào khi đã chọn được nấc phân áp chính, tức là đã chọn n_p.

f. Khi đó có thể làm tròn các giá trị khác nhau, đặc biệt là công suất định mức.

Cách làm tròn như vậy và cách dùng số lượng nấc phân áp thích hợp đương nhiên có ảnh hưởng ít nhiều đến các giá trị của điện áp và dòng điện. Hơn nữa khả năng vận hành tại các điện áp cao hơn điện áp nấc phân áp vẫn có thể xem xét (xem mục 2.6).

Khi các phép tính trước đó dẫn đến việc chọn một nấc phân áp cực biên, như nấc phân áp có dòng điện cực đại, thì tốt hơn nên xem xét lại việc lựa chọn đó như đã nêu ở điều khoản A₄ của phụ lục A.

g. Đối với nhu cầu quy định kỹ thuật, bảng số liệu có thể ghi ngắn gọn, các số liệu bằng số của bảng này có thể suy diễn trừ các số liệu có tính tập trung hơn sau đây, phù hợp với ấn phẩm 76-4 IEC (mục 5.2) :

- công suất định mức và điện áp định mức
- dây quấn nào là dây quấn có nấc phân áp và miền biến thiên của các nấc phân áp.
- số lượng vị trí điều chỉnh hoặc giá trị của nấc điều chỉnh.
- nấc phân áp nào là "nấc có điện áp cực đại" với điện áp tương ứng của nấc phân áp
- nấc phân áp nào là "nấc có dòng điện cực đại"
-

2.4.4. Các ví dụ áp dụng phương pháp này.

Có 3 ví dụ được nêu lên ở phụ lục A.

2.5. Dòng điện nấc phân áp của các MBA tự ngẫu.

Đối với các MBA có các dây quấn tách riêng nhau, mục 2.4.2c, xem xét hai thông số tương ứng với các dòng điện cực đại là $(I_{CA})_{\max}$ và $(I_{HA})_{\max}$.

Đối với các MBA tự ngẫu, các dây quấn cần xem xét là dây quấn nối tiếp và dây quấn chung. Nhưng nếu như dòng điện cực đại của dây quấn nối tiếp bằng $(I_{CA})_{\max}$ thì dòng điện cực đại của dây quấn chung sẽ bằng giá trị cực đại của hiệu $(I_{HA} - I_{CA})$.

Vì vậy "nấc phân áp có dòng điện cực đại" dựa trên $(I_{CA})_{\max}$ và $(I_{HA})_{\max}$ không còn ý nghĩa vật lý như ở các MBA có các dây quấn riêng nhau (xem mục 2.4.1). Hậu quả là, về lý thuyết sẽ là không thích hợp khi các quy định kỹ thuật về dòng điện lại dựa trên một nấc phân áp như vậy; khi đó cần có một cách quy định kỹ thuật phức tạp hơn cho các đại lượng nấc phân áp.

Tuy nhiên trên thực tế, các MBA tự ngẫu cũng có thể được xử lý theo cùng phương pháp như các MBA có các dây quấn riêng nhau, miễn là dây quấn chung thỏa mãn điều kiện bảo hành về mức gia tăng nhiệt độ trong toàn miền biến thiên của các nấc phân áp. Cách kiểm tra này có thể tiến hành thông thường bằng các phép tính, xuất phát từ một thử nghiệm mức độ gia tăng nhiệt độ cho một MBA nối vào nấc phân áp thích hợp.

Xem thí dụ cho ở điều khoản A5 của phụ lục A.

2.6. Khả năng vận hành tại điện áp cao hơn điện áp của nấc phân áp.

Khả năng vận hành liên tục tại điện áp tăng cao, khi dòng điện tải dây hoặc giảm bớt đều được xác định tại mục 4.4 của ấn phẩm 76-1 IEC đối với nấc phân áp chính, và ở mục 2.7 của ấn phẩm 76-4 IEC đối với nấc phân áp khác.

2.6.1. Các khả năng trong quá trình vận hành với dòng điện tải đầy.

Nói chung, lề dự trữ 5 % quá áp cho phép trong ấn phẩm 76-1 IEC dùng cho các trường hợp đặc biệt gặp phải, như trường hợp sự cố trên lưới chẳng hạn.

2.6.2. Các khả năng trong quá trình vận hành với dòng điện giảm bớt.

Như đã dự kiến trong ấn phẩm 76-1 IEC, người mua có thể quy định là MBA phải có khả năng vận hành với các điện áp cao hơn điện áp của nấc phân áp, ví dụ vận hành với 110 % điện áp đó khi không tải và với 108,75 % khi mang nửa tải.

2.7. MBA chuyển từ quy định |điều chỉnh phức hợp| sang |điều chỉnh với thông lượng không đổi|.

Nguyên lý của việc biến đổi này là điện áp nấc phân áp U_B của dây quấn không có nấc phân áp, đáng lẽ chỉ đạt giá trị cực đại tại một vài nấc phân áp, lại duy trì giá trị đó cho tất cả các nấc phân áp. Điện áp U_A của dây quấn có nấc phân áp không còn có đỉnh nhọn nữa.

Kết quả của cách biến đổi này là các điện áp U_B và $U_A +$ và cả công suất nấc phân áp đều tăng trong suốt cả "miền có thông lượng biến thiên" (*) cũ.

Ưu điểm chính là đơn giản. Hơn nữa cách biến đổi này cũng có thể dẫn tới một cách chỉ dẫn tốt hơn các khả năng của MBA về điện áp và công suất khi máy vận hành trên các nấc phân áp mà cả điện áp và công suất đều có tăng lên.

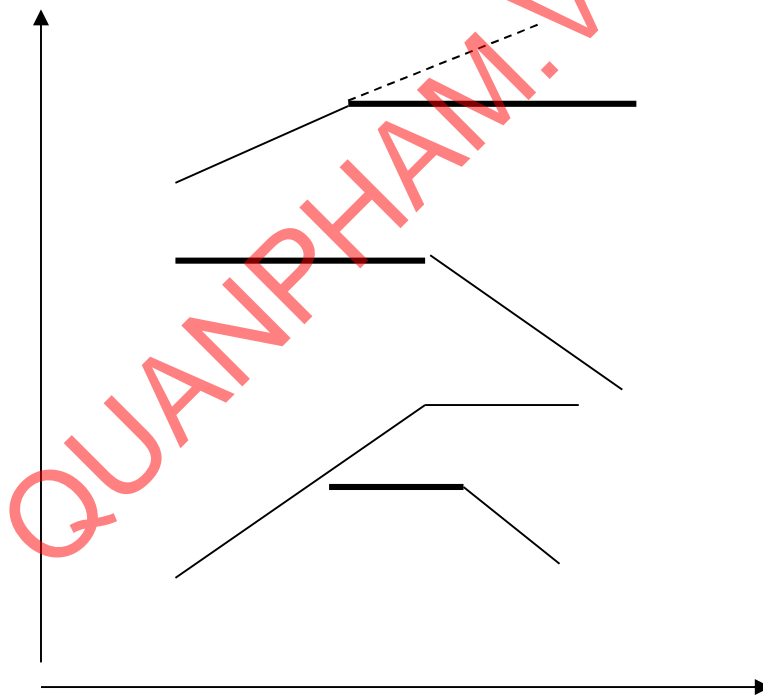
(*) Cần xem thêm ở hình 5, trang 50 trong phụ lục A. ở đây có nêu lên cách biểu diễn bằng đồ thị của ví dụ 1 trong phụ lục này.

Mặt khác, cách biến đổi này có thể dẫn tới các điện áp của các phân áp tăng cao một cách không bình thường đối với các phân áp ấy, và cũng làm tăng lên một cách vô ích các yêu cầu về khả năng chịu đựng ngắn mạch.

Cách biến đổi đó cũng có thể dẫn đến các khó khăn về mức gia tăng nhiệt độ, nếu như ở giai đoạn "điều chỉnh phức hợp" "các phân áp có dòng cực đại" đang nằm trong "miền có thông lượng biến thiên", bởi vì cách biến đổi này dẫn đến việc làm tăng các điện áp phân áp ổn định cho các phân áp ấy.

Cũng cần ghi nhận rằng trong trường hợp vừa nói đây, công suất các phân áp của "các phân áp có dòng cực đại" bị nâng lên, điều đó có nghĩa là công suất định mức ấn định cho MBA cũng bị nâng lên (xem hình 1).

Kết luận là, khuyên nên dùng cách điều chỉnh có thông lượng không đổi (C.F.V.V) trong tất cả mọi trường hợp mà việc tăng điện áp do vấn đề đó gây ra không vượt quá 5%. Trong các trường hợp khác, việc lựa chọn cuối cùng giữa cách điều chỉnh phức hợp và cách điều chỉnh có thông lượng không đổi (C.F.V.V) phụ thuộc vào sự so sánh ưu, nhược điểm của mỗi giải pháp.



Hình 1. Hậu quả của việc chuyển từ cách điều chỉnh phức hợp sang cách điều chỉnh có thông lượng không đổi.

3. Lựa chọn cách đấu nối các dây quấn cho các MBA trên hệ thống ba pha.

Việc lựa chọn cách đấu nối các dây quấn của một MBA ba pha và các MBA một pha dùng để tạo thành một nhóm ba pha được xác định do các yêu cầu về vận hành, ví dụ như vận hành song song với các MBA khác, có điểm trung tính kéo ra ngoài hay không và có yêu cầu cho trung tính mang tải hay không.

Cách đấu nối được chọn có ảnh hưởng đến thiết kế của MBA và đến chất lượng vật liệu. Trong một vài trường hợp mạch từ (nghĩa là có hay không có lõi từ mạch trở về) cũng cần phải xem xét khi lựa chọn cách đấu nối.

Các kiểu đấu nối dây quấn thông dụng nhất là đấu nối hình sao, đấu nối tam giác và đấu nối zigzag.

Đấu nối hình sao đặc biệt thích hợp cho các cuộn cao áp có cách điện từng cấp, cho các dây quấn có lớp bộ đổi nối nấc phân áp dưới tải, và khi một điểm trung tính có nhu cầu phải mang tải.

Đấu nối tam giác có nhiều ưu điểm khi các dòng điện có giá trị cao.

Đấu nối kiểu zigzag, nói chung chỉ dùng cho các dây quấn hạ áp trong các MBA có công suất định mức nhỏ, khi điểm trung tính có thể phải mang tải, hoặc cho các cuộn kháng ba pha nối đất trung tính và cho các MBA dùng nối đất.

Bảng II cho các đặc tính quan trọng nhất của ba cách đấu nối đã đề cập đến trên đây.

Bảng II
Đặc tính của các kiểu đấu nối

	Đấu nối hình sao		Đấu nối tam giác	Đấu nối zigzag
Khả năng mang tải của điểm trung tính	Tùy theo cách đấu nối của các dây quấn khác và tùy theo tổng trở thứ tự không của lưới, hoặc của các lưới mà MBA cần đấu vào (xem mục 5.2)		-	Có thể mang tải với dòng định mức của dây quấn.
Dòng điện từ hóa	hoặc	hoặc	Các dòng điện sóng điều hòa bậc 3 có thể chạy qua trong dây quấn nối tam giác	-
	Các dòng điện sóng điều hòa bậc 3 không thể chạy qua (trung tính cách ly không có dây quấn nối tam giác)	Các dòng điện sóng điều hòa bậc 3 có thể chạy qua ít nhất trong một dây quấn của MBA.		
Điện áp mỗi pha	Có chứa điện áp sóng điều hòa bậc 3 (*)	Hình sin	Hình sin	-

(*) Các điện áp sóng điều hòa bậc 3 không đáng kể trong các MBA ba pha ba trụ (3 pha 3 trụ). Trong các MBA ba pha năm trụ, trong các MBA ba pha loại bọc sắt và trong các MBA một pha đấu thành nhóm ba pha, các điện áp sóng điều hòa bậc 3 có thể đạt các giá trị cao và dẫn tới việc làm lệch điểm trung tính một cách tương ứng.

QUANPHAM.VN

Các chữ số ghi ở dưới các sơ đồ là các chỉ số giờ của đồng hồ

groupe I	(group I)	là nhóm I
groupe II	(group II)	là nhóm II
groupe III	(group III)	là nhóm III
groupe IV	(group IV)	là nhóm IV

Hình 2. Vận hành song song của các MBA cùng một nhánh

QUANPHAM.VN

Các chữ số ghi ở dưới các sơ đồ là các chỉ số giờ của đồng hồ

ou (or) = hoặc là

Hình 3. Vận hành song song của các MBA thuộc các nhóm III và IV

4. Vận hành song song các MBA trong hệ thống ba pha

4.1. Các vấn đề chung

Vận hành song song là phép vận hành MBA với cách nối trực tiếp các đầu cực tương ứng của hai cuộn dây của chúng. Sau đây chỉ xem xét các MBA có hai cuộn dây mà thôi. Trong các trường hợp khác việc vận hành song song phải là đối tượng của một công việc nghiên cứu riêng

Ghi chú: Theo yêu cầu của điều khoản này, một MBA có hai dây quấn chính và một dây quấn ổn định cũng được xem như một MBA có hai dây quấn.

Để cho hai MBA có thể vận hành song song với nhau trong các điều kiện đặc trưng trên đây, các dây quấn cần nối song song với nhau phải thỏa mãn các điều kiện dưới đây.

4.2. Các kiểu đấu nối

Các kiểu đấu nối của chúng phải phù hợp với nhau.

- a. Các MBA phải có cùng góc lệch pha, nghĩa là mang cùng chỉ số kim đồng hồ về cách đấu dây, có thể vận hành song song nếu người ta lần lượt nối các đầu cực có cùng ký hiệu với nhau ở phía sơ cấp cũng như ở phía thứ cấp.
- b. Về khả năng vận hành song song khi các chỉ số kim đồng hồ khác nhau, có thể phân biệt 4 nhóm đấu nối:
 - Nhóm I : các chỉ số kim đồng hồ : 0, 4 và 8;
 - Nhóm II : các chỉ số kim đồng hồ : 6, 10 và 2;
 - Nhóm III : các chỉ số kim đồng hồ : 1 và 5;
 - Nhóm IV : các chỉ số kim đồng hồ : 7 và 11.
- c. Vận hành song song của 2 MBA thuộc cùng một nhóm luôn luôn có thể thực hiện dưới các điều kiện mang tải cân bằng. Nếu 2 MBA đó mang chỉ số kim đồng hồ khác nhau, thì sự khác nhau giữa các chỉ số kim đồng hồ của cùng nhóm phải luôn luôn bằng 4 hay 8, có nghĩa là thể hiện một sự lệch pha 120° hay 240° , đúng như sự lệch pha có thực giữa hai pha của một hệ thống 3 pha. Các đầu cực của 2 MBA cùng được đánh dấu bằng cùng ký hiệu sẽ được nối với nhau ở một phía (phía cao áp hoặc phía hạ áp) còn phía kia, các đầu cực sẽ được nối với nhau theo cách hoán vị vòng tròn theo sơ đồ thích hợp của hình 2 trang 22.
- d. Một MBA thuộc nhóm III có thể vận hành song song với một MBA thuộc nhóm IV nếu thứ tự pha của một trong 2 MBA được đảo ngược lại so với máy kia. Việc đổi cách đấu nối các đầu cực phải thực hiện như chỉ dẫn ở hình 3 trang 23.
- e. Trừ tổ hợp giữa các nhóm III và IV vừa mới được nhắc đến, không thể cho các MBA thuộc các nhóm khác nhau vận hành song song với nhau. Các tổ hợp sau đây không thể vận hành song song với nhau được.

Nhóm I : với nhóm II, hoặc III, hoặc IV;

Nhóm II : với nhóm I, hoặc III, hoặc IV;

Nhóm III : với nhóm I hoặc II;

Nhóm IV : với nhóm I hoặc II.

Ghi chú: 1. Khi các MBA có kiểu đấu nối khác nhau vận hành song song với nhau, việc vận hành tốt theo các điều kiện kể trên được hiểu là với trường hợp phụ tải hầu như đối xứng.

Trường hợp tải không đối xứng cần phải có sự nghiên cứu riêng.

2. Cũng cần xem xét hậu quả của các kiểu đấu nối đến hoạt động của các MBA vận hành song song với nhau khi có sự cố một pha pha đất.

4.3 Các tỷ số biến đổi

Các tỷ số biến đổi phải bằng nhau trong giới hạn sai số cho phép.

Ghi chú: Tuy nhiên, nếu các điều kiện cho ở mục 4.4 không thỏa mãn sự phân phối phụ tải có thể được cải thiện bằng sự khác nhau giữa tỷ số điện áp của hai MBA. Tính hiệu quả của biện pháp này thay đổi theo hệ số công suất của mạch cung cấp.

4.4. Tổng trở ngắn mạch, điện áp ngắn mạch và sự phân phối phụ tải.

4.1.4. Các MBA không có nấc phân áp và các MBA có các nấc phân áp có miền điều chỉnh không vượt quá $\pm 5\%$.

Đối với các MBA không có nấc phân áp, điện áp ngắn mạch tại dòng điện định mức phải bằng nhau trong giới hạn các sai số cho phép. Điều kiện này cũng áp dụng cho các MBA có các nấc phân áp mà miền điều chỉnh không vượt quá $\pm 5\%$.

Ghi chú: 1. Điều này giả thiết là điện áp định mức của hai MBA bằng nhau, chứ không phải chỉ có tỷ số điện áp định mức bằng nhau mà thôi. Tỷ số Z_{K1} / Z_{K2} của các trở kháng ngắn mạch khi đó bằng tỷ số ngược S_{N2} / S_{N1} của công suất định mức bởi vì (xem 76-1 IEC mục 3.7.4 ghi chú 1)

$$Z_K = \frac{u_z}{100} \cdot \frac{U_N^2}{S_N}$$

Do đó, phụ tải được phân bố giữa hai MBA lần lượt tỷ lệ với công suất định mức của chúng.

2. Nói một cách chặt chẽ, nên xem xét một cách riêng rẽ các thành phần trở và kháng của tổng trở, nhưng trong thực tế, thường chỉ cần xem xét giá trị chung của tổng trở là đủ

3. Khi xem xét việc vận hành song song hai MBA có công suất định mức khác nhau (đặc biệt khi tỷ số giữa công suất định mức không nằm giữa 0,5 và 2) cần phải thận trọng, vì các biến thiên trong việc phân phối phụ tải, thậm chí cả khi tuân thủ các giới hạn sai số đã nêu trên, vẫn có thể dẫn đến việc làm cho MBA công suất bé hơn phải chịu quá tải. Điều này có thể xảy ra khi sai số được sử dụng theo các chiều đối lập trên hai MBA, hoặc do sự khác nhau về giá trị tương đối của các thành phần trở và kháng của tổng trở mà người ta dùng làm tham khảo trong ghi chú 2.

4.2.2. Các MBA có nấc phân áp khác với các máy đã xem xét ở mục 4.4.1.

Trường hợp hai MBA có công suất định mức như nhau và vận hành trên các nấc phân áp đầy công suất, để cho phụ tải được phân phối một cách gần bằng nhau giữa hai máy, điều cần thiết là tổng trở ngắn mạch bằng ôm cho mỗi pha, qui về cùng một phía của mỗi MBA phải có cùng giá trị với sai số là $\pm 10\%$ (nói cách khác, mỗi một giá trị không được vượt 10% giá trị trung bình của nó). Đôi khi cũng có thể chấp nhận sự khác nhau về tổng trở cao hơn, nhưng khi đó cần có sự nghiên cứu đặc biệt (*).

Nếu xem xét các MBA có công suất định mức khác nhau vận hành trên các nấc phân áp đầy công suất, phụ tải tổng sẽ được phân phối theo tỷ lệ nghịch với các tổng trở bằng ôm, nghĩa là:

$$Q_1 = \frac{Z_{K2}}{Z_{K1} + Z_{K2}} \cdot Q; \quad Q_2 = \frac{Z_{K1}}{Z_{K1} + Z_{K2}} \cdot Q \quad \text{Từ đó:} \quad \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{Z_{K2}}{Z_{K1}}$$

ở đây Q là phụ tải tổng, Z_K là tổng trở bằng ôm, còn các chỉ số 1 và 2 chỉ các đại lượng tương ứng với các MBA₁ và MBA₂.

(*) Khả năng tăng sai số phải hiểu ngầm trong phần tiếp theo của mục này khi người ta nói đến sai số $\pm 10\%$

Phần phụ tải mà mỗi MBA nhận được sẽ tỷ lệ một cách thích hợp với công suất định mức của nó, nếu như Z_{K2}/Z_{K1} gần bằng tỷ số S_{N1}/S_{N2} của các công suất định mức, nói cách khác nếu tích $Z_K S_N$ có cùng giá trị, với sai số $\pm 10\%$ đối với cả hai MBA.

Trường hợp đặc biệt cả hai MBA vận hành ở nấc phân áp chính, ở đây có thể dùng điện áp ngắn mạch bằng % (điện áp ngắn mạch tại dòng điện định mức) thay cho tổng trở ngắn mạch bằng ôm cho mỗi pha, điều đó có nghĩa là mỗi MBA sẽ nhận một phần của phụ tải tổng tỷ lệ thích hợp với công suất định mức của nó, nếu như điện áp ngắn mạch của mỗi MBA có cùng giá trị với sai số là $\pm 10\%$.

Nếu ít nhất một MBA vận hành ở nấc phân áp giảm bớt, công suất nấc phân áp S_t của mỗi MBA phải được sử dụng thay cho công suất định mức S_N , sự phân phối phụ tải lúc đó sẽ xem là chấp nhận được nếu như tích $Z_K S_t$ có cùng giá trị với sai số là $\pm 10\%$ đối với cả hai MBA (trên các nấc phân áp được dùng).

Ghi chú: 1. Trong cả đoạn trước đây, người ta giả thiết là điện áp nấc phân áp của hai MBA là bằng nhau đối với các nấc phân áp được dùng. Nếu không phải như vậy thì các đại lượng được dùng sẽ không phải là các công suất định mức và công suất nấc phân áp nữa, mà là các dòng điện nấc phân áp (Z_t).

Trên các nấc phân áp được dùng, tích $Z_K I_t$ của điện trở ngắn mạch và dòng điện phân áp phải có cùng giá trị với sai số là $\pm 10\%$ cho cả hai MBA (mọi giá trị của Z_K và I_K phải cùng được quy về một phía của MBA).

2. Nói chặt chẽ ra, cần xem xét một cách riêng rẽ các thành phần trở và kháng của tổng trở, nhưng trong thực tế chỉ cần xem xét giá trị chung của tổng trở là đủ.

3. Khi xem xét hai MBA vận hành song song nhưng có công suất định mức khác xa nhau (đặc biệt là khi tỷ số giữa các công suất định mức nằm ngoài 0,5 và 2) thì cần phải thận trọng vì sự thay đổi trong phân phối phụ tải, thậm chí có tuân thủ đúng các giới hạn sai số đã quy định trên đây, vẫn có thể dẫn đến quá tải cho MBA có công suất nhỏ hơn. Điều này có thể xảy ra khi các sai số được dùng lại có chiều ngược nhau trên hai MBA, hoặc do sự khác nhau về giá trị tương đối của các thành phần trở và kháng của tổng trở mà ghi chú 2 dùng làm tham khảo.

5. Khả năng mang tải của điểm trung tính các MBA nối hình sao hoặc nối zigzag.

5.1. Các vấn đề chung

Điểm trung tính của các dây quấn đấu nối hình sao hay đấu nối zigzag có thể mang tải trong các điều kiện dưới đây:

Nếu trong các điều kiện trung tính mang tải, dòng điện trong các dây quấn pha không vượt quá các giá trị tương ứng với dòng điện định mức hoặc dòng điện nấc phân áp, mức gia tăng nhiệt độ bình thường.

Nếu trong một vài dây quấn pha, các dòng điện đó lệch pha nhau như chúng có thể có nếu như tải của trung tính (ví dụ với một dây quấn đập hồ quang) được đặt vào một dây quấn đã mang đầy tải đối xứng, mức gia tăng nhiệt độ bình thường có thể vượt quá trong mọi dây quấn có dòng điện thứ tự không chạy qua, cũng như trong dầu.

5.2. Đấu nối hình sao.

Khả năng mang tải của điểm trung tính một dây quấn phụ thuộc vào vấn đề dòng điện thứ tự không đi qua dây quấn có được cân bằng hay không bởi các ampe-vòng tương ứng trong ít nhất một của các dây quấn khác của MBA. Người ta phân biệt các trường hợp sau:

5.2.1. *Đấu nối sao, không có dây quấn phụ đấu tam giác, điểm trung tính của dây quấn sơ cấp cách điện.*

a. Các MBA ba pha loại bọc thép, MBA 3 pha 5 trụ và nhóm gồm ba MBA một pha. Cần tránh không cho trung tính dây quấn thứ cấp mang tải.

b. Các MBA 3 pha 3 trụ

1. Điểm trung tính của dây quấn thứ cấp có thể cho mang tải qua cuộn dây dập hồ quang với 25 % dòng điện định mức trong thời gian dài nhất là 1,5 h, hoặc với 20 % dòng điện định mức trong thời gian không quá 3 h. Điều này kéo theo ngoài các tổn thất phụ đáng kể trong MBA, còn thêm sụt áp thứ tự không vào khoảng 5 % đến 10 % của điện áp pha.
2. Trong các lưới điện ba pha 4 dây được cung cấp từ dây quấn thứ cấp, điểm trung tính có thể cho mang tải liên tục nhưng phải xem xét tính đối xứng của các điện áp, chẳng hạn để cung cấp cho nhu cầu ánh sáng đến 10 % dòng định mức.

5.2.2. *Đấu nối sao - sao không có dây quấn phụ đấu nối tam giác, điểm trung tính của dây quấn sơ cấp nối với trung tính của lưới.*

Nếu tổng trở thứ tự không của lưới sơ cấp đủ yếu thì điểm trung tính của dây quấn thứ cấp có thể cho mang tải bằng dòng định mức của dây quấn.

5.2.3. *Đấu nối sao - sao với dây quấn phụ nối tam giác (dây quấn thứ ba, hoặc dây quấn ổn định).*

Nếu dây quấn đấu tam giác không cấp nguồn cho phụ tải bên ngoài, điểm trung tính các dây quấn nối hình sao có thể cho mang tải ở mức độ mà dòng điện trong dây quấn nối tam giác không vượt quá giá trị định mức. Thí dụ nếu dây quấn phụ được thiết kế với 1/3 công suất định mức của các dây quấn đấu hình sao, thì một trong các điểm trung tính có thể mang tải bằng dòng định mức của dây quấn của nó.

Trường hợp dây quấn nối tam giác nối liền với một phụ tải ở ngoài, thì phụ tải cho phép của các điểm trung tính phải được xác định riêng rẽ cho mỗi trường hợp phụ tải.

5.2.4. *Đấu nối sao - sao hoặc tam giác - sao.*

Điểm trung tính có thể mang tải bằng dòng điện định mức.

5.2.5 *Đấu nối sao-zigzag*

Điểm trung tính của cuộn dây nối sao có thể mang tải như mô tả ở mục 5.2.1

5.3 *Nối Zigzag*

Điểm trung tính của một dây quấn đấu zigzag có thể mang tải với dòng điện định mức, vì các ampe vòng đối kháng của hệ thống thứ tự không sẽ được sản sinh trong thân dây quấn.

Ghi chú: Khi có sự cố pha đất trong lưới điện có các dây quấn đấu hình sao hay zigzag nối vào các điểm trung tính của các dây quấn này có các dòng điện sự cố chạy qua với các giá trị cần được xem xét ngay khi thiết kế các dây quấn, khi chọn thanh nối trung tính và khi chọn kích cỡ của mạch đấu nối chúng với các dây quấn. Việc tính toán dòng điện sự cố đi qua điểm trung tính đòi hỏi một sự hiểu biết về điều kiện nối đất của hệ thống và các tổng trở của nó, về những vị trí có thể phát sinh sự cố và về số lượng MBA làm việc song song với nhau.

Trường hợp các MBA hai dây quấn nối hình sao và nối với hai hệ thống có nối đất việc tính toán dòng điện phải được tiến hành riêng rẽ cho các sự cố trên mỗi lưới riêng.

Cần xét đến khả năng phóng điện thoáng qua ở một điểm trung tính cách ly.

6. Tính toán độ sụt (hoặc tăng) điện áp cho một điều kiện phụ tải quy định.

6.1. MBA có hai cuộn dây

Sự biến thiên của điện áp theo phụ tải giữa chế độ vận hành không tải và chế độ vận hành có tải đối xứng với giá trị nào đó và với hệ số công suất nào đó có thể tính được bằng việc đo tổng trở ngắn mạch (hoặc là cho nấc phân áp chính - bằng cách đo điện áp ngắn mạch ở dòng điện định mức) và các tổn thất do phụ tải (mục 8.4 của 76-1 IEC)

6.1.1. MBA không có nấc phân áp, hoặc nối vào nấc phân áp chính.

Điện áp không tải của một dây quấn được xem là điện áp định mức của nó. Cho u_z = điện áp ngắn mạch tại dòng điện định mức bằng % của điện áp định mức,

gồm có:

u_r = điện áp tác dụng tại dòng điện định mức tính bằng % của điện áp định mức = tổn thất do tải tính bằng % của công suất định mức của MBA.

u_x = điện áp phản kháng tại dòng điện định mức tính bằng % của điện áp định mức.

$$u_x = \sqrt{u_z^2 - u_r^2}$$

Biến thiên điện áp tính bằng % của điện áp định mức, tại một tải có giá trị phân số n và một hệ số công suất $\cos \varphi$ là :

$$U_{\varphi n} = n \cdot U'_\varphi + \frac{1}{2} \cdot \frac{(nU''_\varphi)^2}{10^2} + \frac{1}{8} \cdot \frac{(nU''_\varphi)^4}{10^6} + \dots$$

ở đây: $U'_\varphi = u_r \cos \varphi + u_x \sin \varphi$

$U''_\varphi = u_r \sin \varphi + u_x \cos \varphi$

Nếu u_z nhỏ hơn 20 % thì số hạng thứ ba có thể bỏ qua. Nếu u_z nhỏ hơn 4 % thì số hạng thứ hai cũng có thể bỏ qua.

6.1.2. MBA nối vào một nấc phân áp khác nấc phân áp chính.

Điện áp không tải của một cuộn dây sẽ được xem là điện áp nấc phân áp của nó.

Với một nấc phân áp đã cho, phương trình ở mục 6.1.1. có thể dùng để tính biến thiên điện áp bằng % của điện áp nấc phân áp nếu như u_z , u_r và u_x đều lần lượt được thay bằng các đại lượng u_{zt} , u_{rt} và u_{xt} tương ứng với nấc phân áp đó.

$$u_{zt} = 100 \cdot Z_{kt} \cdot \frac{S_1}{u_1^2}$$

ở đây:

Z_{kt} = tổng trở ngắn mạch đối với nấc phân áp đó quy về một dây quấn đã cho

u_t = điện áp nấc phân áp của dây quấn đó

S_t = công suất nấc phân áp.

U_{rt} bằng tổn thất do phụ tải tương ứng với dòng điện nấc phân áp tính bằng % công suất nấc phân áp.

$$u_{xt} = \sqrt{u_{zt}^2 - u_{rt}^2}$$

Để tính toán giá trị phân số n của phụ tải, dòng điện tham khảo cần dùng phải là dòng điện của nấc phân áp.

6.2. MBA có ba dây quấn

6.2.1. Việc áp dụng các công thức

Các công thức trên đây cho các MBA hai dây quấn có thể áp dụng cho các MBA ba dây quấn vì biến thiên điện áp của chúng có thể tính với mức chính xác so với mức chính xác các số liệu đã có với giả thiết là các dòng điện trong các dây quấn giữ nguyên không đổi về đại lượng cũng như góc pha, kể cả khi điện áp ở các đầu cực ra thay đổi so với giá trị khi không tải do sụt áp khi máy mang tải.

Trong một MBA ba dây quấn, điện áp của một dây quấn khi để hở mạch biến thiên theo dòng điện trong các dây quấn khác (kể cả khi dây quấn đó là không tải).

Do đó, độ sụt (hoặc tăng áp) của một cuộn dây của MBA ba cuộn dây được biểu thị qua điện áp không tải của nó nhận được từ tỷ số điện áp.

Trường hợp thường gặp là hai cuộn dây mang tải (W_2 và W_3) và một cuộn dây được cấp nguồn (W_1) độ biến thiên điện áp thông thường được yêu cầu theo 3 trường hợp mang tải như sau:

W_2 một mình mang tải
 W_3 một mình mang tải
 W_2 và W_3 cả hai mang tải

Trong mỗi trường hợp, cần tính hai giá trị riêng biệt, nghĩa là độ biến thiên điện áp của mỗi cuộn dây thứ cấp W_2 và W_3 (dù có dòng điện chạy qua hay không) khi điện áp đặt vào dây quấn W_1 là không đổi.

Ghi chú: Độ biến thiên điện áp giữa W_2 và W_3 , so sánh cái nọ với cái kia trong trường hợp đơn giản và thường gặp này nằm trong các độ biến thiên điện áp giữa W_1 và W_2 và giữa W_1 và W_3 , nên bắt tất phải thể hiện chúng riêng rẽ nhau.

6.2.2. Các số liệu cần thiết

Các số liệu cần thiết là các đại lượng sau đây, được xác định cho mỗi cặp dây quấn và qui về cùng một công suất biểu kiến (S_b) mà trong thực tế thường lấy công suất của nấc phân áp (công suất định mức của nấc phân áp chính) của dây quấn có công suất yếu nhất (các số liệu đó được xác định từ các đặc tính của MBA).

a. Tổn thất do phụ tải ứng với công suất S_b tính bằng W

b. Điện áp ngắn mạch (nấc phân áp chính) hoặc đại lượng u'_{zt} :

$$u'_{zt} = 100 \cdot Z_{kt} \cdot \frac{S_b}{U_t^2}$$

ở đây:

Z_{kt} = tổng trở ngắn mạch quy về một trong các dây quấn

U_t = điện áp của nấc phân áp của dây quấn đó.

c. Điện áp tác dụng (nấc phân áp chính) hoặc đại lượng u'_{zt} :

$$u'_{\pi} = 100 \cdot \frac{W}{S_b}$$

d. Điện áp phản kháng (nấc phân áp chính) hoặc đại lượng u'_{xt}

$$u'_{xt} = \sqrt{u'_{xt}^2 - u'_{\pi}^2}$$

Xuất phát từ các số liệu đó, một mạch tương đương được trình bày ở hình 4.

Hình 4. Mạch điện tương đương

6.2.3. Mạch điện tương đương của một MBA ba cuộn dây

Cách lập mạch tương đương như sau:

Cho a_{12} và b_{12} là điện áp tác dụng và phản kháng, tính bằng % (hoặc thông thường nhất bằng các đại lượng u'_{π} và u'_{xt}) quy về công suất đơn vị, đạt được từ một thử nghiệm bằng cách nối ngắn mạch một trong các dây quấn W_1 hoặc W_2 , rồi cấp nguồn cho dây quấn kia, dây quấn thứ ba W_3 để hở mạch.

Cho a_{23} và b_{23} là các giá trị đạt được bằng cách trên khi tiến hành thử nghiệm cặp dây quấn W_2 và W_3 (còn W_1 để hở mạch).

Cho a_{31} và b_{31} là các giá trị đạt được bằng cách trên khi tiến hành thử nghiệm trên các dây quấn W_3 và W_1 (còn dây quấn W_2 để hở mạch).

Cho $d =$ tổng của ($a_{12} + a_{23} + a_{31}$)
 $f =$ tổng của ($b_{12} + b_{23} + b_{31}$)

Các giá trị số học cần xen vào mạch điện tương đương khi đó sẽ là:

Nhánh W_1	$a_1 = d/2 - a_{23} \leftrightarrow b_1 = f/2 - b_{23}$
Nhánh W_2	$a_2 = d/2 - a_{31} \leftrightarrow b_2 = f/2 - b_{31}$
Nhánh W_3	$a_3 = d/2 - a_{12} \leftrightarrow b_3 = f/2 - b_{12}$

Cần lưu ý là một số giá trị số học có thể là âm, thậm chí bằng 0 (điều đó tùy thuộc vào cách bố trí tương đối các dây quấn trên mạch từ). Với các điều kiện phụ tải mong muốn, ta xác định công suất biến thiên trong mỗi nhánh của mạch tương đương và tính riêng rẽ các độ biến thiên điện áp trong mỗi nhánh. Độ biến thiên điện áp cho một cặp bất kỳ các dây quấn là tổng số đại số các biến thiên điện áp của hai nhánh tương ứng của mạch tương đương.

6.2.4. Thử tục chi tiết

Thủ tục chi tiết cần làm trong trường hợp hai dây quấn thứ cấp và một dây quấn sơ cấp sơ bộ xét gần đúng là:

- Trong mỗi dây quấn xác định công suất biểu kiến tương ứng với chế độ vận hành xem xét : Đối với các dây quấn W_2 và W_3 là các dây quấn phát công suất ra, công suất biểu kiến trên là phụ tải đặc trưng cần xem xét.
- Tính n_2 , n_3 , n là tỷ lệ giữa phụ tải thực và công suất biểu kiến cơ bản cho mỗi nhánh của mạch tương đương.
- Công suất biểu kiến của dây quấn sơ cấp W_1 là tổng vectơ các công suất mà các dây quấn W_2 và W_3 phát ra, hệ số công suất ($\cos\varphi$) và hệ số vuông góc với nó ($\sin\varphi$) tương ứng được suy ra từ các thành phần cùng pha và thành phần vuông góc.

Khi cần có độ chính xác cao hơn, để nhận được công suất biểu kiến thực của dây quấn W_1 , cần thêm vào thành phần vuông góc với tổng vectơ các công suất phát ra các đại lượng sau:

$$(\text{công suất của } W_2 \text{ phát ra}) \times \frac{b_2}{100} \cdot n_2$$

$$\text{Cộng } (\text{công suất của } W_3 \text{ phát ra}) \times \frac{b_3}{100} \cdot n_3$$

Ta sẽ được kết quả chính xác hơn bằng cách thêm các giá trị tương ứng ($a \times n \times$ công suất phát ra) vào thành phần cùng pha của tổng vectơ các công suất phát ra, nhưng sự khác nhau hiếm khi đáng giá được.

6.2.4.1. Phương pháp tính toán

áp dụng công thức ở 6.1.1 riêng rẽ cho từng nhánh của mạch tương đương bằng cách lấy các giá trị riêng biệt n cho mỗi nhánh như đã chỉ ra trên đây.

6.2.4.2. Biến thiên điện áp

Để nhận được mức biến thiên điện áp giữa dây quấn cấp nguồn với một trong các dây quấn mang tải, người ta cộng các mức biến thiên điện áp xác định riêng cho hai nhánh tương ứng. Cần lưu ý là một trong các đại lượng đó có thể là âm (vì đây là tổng đại số chứ không phải là tổng vectơ).

Ghi chú: Giá trị dương của tổng đạt được chỉ ra rằng có sự sụt áp từ vận hành không tải sang chế độ vận hành có tải xem xét, giá trị âm lại nói lên có một sự tăng áp. Lập lại thao tác nói trên cho dây quấn mang tải kia.

6.2.5. Cấp nguồn bằng hai dây quấn (từ hai phía)

Trường hợp có hai dây quấn được cấp nguồn và một dây quấn phát tải thì có thể áp dụng thủ tục trên, nếu biết được cách phân bố phụ tải giữa hai dây quấn cấp nguồn.

6.2.6. MBA tự ngẫu

Thủ tục trên áp dụng cho MBA tự ngẫu, nếu mạch tương đương được xây dựng trên cơ sở các tổng trở thực và các tổn thất do phụ tải đo được ở các đầu cực của MBA tự ngẫu.

PHỤ LỤC A

CÁC VÍ DỤ VỀ PHƯƠNG PHÁP ĐÃ NÊU Ở MỤC 4.2 DỰA TRÊN DÒNG ĐIỆN CỰC ĐẠI VÀ ĐIỆN ÁP CỰC ĐẠI CỦA MỖI DÂY QUẤN

A.1. Ví dụ 1.

Một MBA giảm áp được cung cấp bằng một điện áp thay đổi và sản ra một công suất thay đổi với điện áp thứ cấp tăng khi phụ tải tăng:

Giả thiết là MBA đó cấp nguồn cho một lưới 20 kV lấy từ lưới 115 kV (MBA giảm 115/20 kV).

- Điện áp đặt vào dây quấn biến thiên từ 107 kV đến 123 kV.
- Chế độ phụ tải biến thiên giữa hai chế độ cực biên sau đây :

Chế độ đầy tải :

$$I_{HA} = 100 \text{ A};$$

Điện áp hạ áp khi mang tải: 21 kV, sau khi điều chỉnh sụt áp cho điện áp không tải bằng 22 kV (như vậy, hệ số n biến thiên từ $123/22 = 5,591$ đến $107/22 = 4,864$ và dòng điện phía cao áp $I_{CAmax} = \frac{1000}{4,864} = 205,6 \text{ A}$.)

Chế độ không tải :

$$I_{HA} = 0; \text{ điện áp phía hạ áp } U_{HA} = 20 \text{ kV.}$$

(hệ số n biến thiên từ $123/20$ đến $107/20$, nghĩa là từ 5,15 đến 5,35)

Với các chế độ trung gian chỉ cần xem xét chế độ có dòng điện nửa tải là đủ nghĩa là có $I_{HA} = 500 \text{ A}$ với điện áp không tải tương ứng là 21 kV.

Sáu đại lượng cần thiết sẽ được xác định là :

$$\text{Điện áp cực đại phía cao áp : } U_{CAmax} = 123 \text{ kV.}$$

$$\text{Sau đó, từ chế độ không tải mà suy ra : } n_{max} = 123/20 = 6,15.$$

Từ chế độ đầy tải sẽ tìm ra 4 đại lượng khác

$$- n_{min} = 107/22 = 4,864$$

$$- (U_{HA})_{max} = 22 \text{ kV}$$

$$- (I_{HA})_{max} = 1000 \text{ A và}$$

$$- I_{HAmax} = 205,6 \text{ A}$$

Từ đó ta có:

$$- \text{Nấc phân áp có điện áp cực đại } n_u = 123/22 = 5,591$$

$$- \text{Nấc phân áp có dòng điện cực đại } n_i = 1000/205,6 = 4,864$$

(ở đây nấc phân áp này trùng với nấc phân áp có tỷ số biến đổi cực tiểu).

Từ đây mà suy ra các đại lượng của nấc phân áp cho trong bảng III tại trang 47, trừ các đại lượng đặt trong ngoặc đơn, liên quan tới cột "K_A" và dòng "nấc phân áp chính". Nếu người ta đặt các nấc phân áp trên dây quấn cao áp (CA) và nếu người ta lấy nấc phân áp trung bình $n = 5,507$ làm nấc phân áp chính (đó là một nấc phân áp dây công suất) thì có thể tính được các giá trị nêu trong ngoặc đơn, và bảng III có thể được hoàn thiện. Hình 5 tại trang 50 là sự biểu diễn bảng III bằng đồ thị.

Khi đó bảng IV có thể tóm tắt như sau dùng cho việc quy định kỹ thuật.

- Công suất định mức : 38 MVA

- Điện áp định mức: 121,15 kV và 22 kV
- Các nấc phân áp trên dây quấn cao áp (khoảng nấc phân áp $\pm 11,5\%$)
- Nấc phân áp có điện áp cực đại: $K_A = 101,5\%$
- Nấc phân áp có dòng điện cực đại: nấc trừ cực biên

Bảng quy định kỹ thuật cũng phải có số lượng vị trí điều chỉnh, hoặc giá trị của nấc điều chỉnh (điều này có thể dẫn tới thay đổi chút ít trong các giá trị đã nêu ở trên).

A2. Ví dụ 2.

Trong ví dụ trước, "nấc phân áp có dòng cực đại" trùng với nấc phân áp trừ cực tiểu. Ví dụ 2 ứng với trường hợp "nấc phân áp có dòng cực đại" được tách riêng. Một sự khác nhau nữa so với ví dụ 1 là nấc phân áp chính không thể là nấc trung bình vì nấc này không phải là nấc đầy công suất.

Ví dụ được chọn là một MBA giảm áp nối liền một lưới 400 kA với một lưới 132 kA được cấp nguồn với một điện áp biến thiên từ 380 kV đến 420 kV; MBA đó phải có khả năng phát ra một tải nằm giữa hai giới hạn dưới đây, tại điện áp biến thiên từ 128 kV đến 136 kV.

Khi vận hành đầy tải:

Công suất hấp thụ tại các đầu cực sơ cấp là 300 MVA; sụt áp là 5,7% (8kV), do đó: "điện áp không tải" phía hạ áp (HA) biến thiên từ 136 kV đến 144 kV.

Từ chế độ vận hành không tải, suy ra:

Điện áp phía hạ áp (HA) biến thiên từ 128 kV đến 136 kV và 6 đại lượng cần thiết sẽ được xác định là:

Trước hết $(U_{CA})_{\max} = 420$ kV

Từ chế độ không tải suy ra:

$$- n_{\max} = 420/128 = 3,281$$

Từ chế độ vận hành đầy tải suy ra 4 đại lượng cần thiết khác.

$$- n_{\min} = 380/144 = 2,639;$$

$$- (U_{HA})_{\max} = 144$$
 kV

$$- (I_{CA})_{\max} = 456$$
 A (300 MVA với 380 kV)

$$- (I_{HA})_{\max} = 1273$$
 A (300 MVA với 136 kV)

Từ đó ta có:

$$- \text{Nấc phân áp có điện áp cực đại } n_u = 420/144 = 2,917$$

$$- \text{Nấc phân áp có dòng điện cực đại } n_i = 1273/456 = 2,792.$$

Theo hàm của tỷ số biến đổi, các số liệu trên nêu lên các chế độ nấc phân áp đã cho trong bảng IV, trang 49, trừ các giá trị đặt trong ngoặc đơn của cột "K_A" và hàng "nấc phân áp chính".

Bây giờ người ta giả thiết là các nấc phân áp đều đặt trên dây quấn cao áp (CA). Nấc phân áp trung bình ứng với $n = 2,96$ không phải là nấc phân áp lúc đầy công suất.

Nấc phân áp lúc đầy công suất gần nhất là "nấc phân áp có điện áp cực đại" ứng với $n = 420/144 = 2,917$. Nấc này sẽ được chọn làm nấc phân áp chính ($n_p = 2,917$)

Khi việc lựa chọn đã hoàn tất, người ta có thể hoàn chỉnh bảng IV. Hình 6 ở trang 50 là một cách thể hiện bảng IV bằng đồ thị.

Bảng IV có thể tóm tắt như sau theo yêu cầu quy định kỹ thuật.

- Công suất định mức : 318 MVA
- Điện áp định mức : 420 kV và 144 kV.
- Nấc phân áp đặt trên dây quấn cao áp (CA)

(Khoảng các nấc phân áp là $\pm 12,5\%$ - $9,5\%$)

- Nấc phân áp có điện áp cực đại : nấc phân áp chính
- Nấc phân áp có dòng điện cực đại: $K_A = 95,7\%$

Trong bản quy định kỹ thuật phải đưa vào số lượng vị trí điều chỉnh hoặc giá trị của nấc điều chỉnh (điều này có thể dẫn tới một số thay đổi nhỏ trong các giá trị ở trên).

A3. Ví dụ 3.

Tương ứng với các điều kiện phụ tải phức tạp hơn:

Điều kiện phụ tải giống như ở ví dụ 2 cộng thêm chế độ vận hành nâng điện áp với giá trị giảm bớt về công suất hấp thụ ở phía sơ cấp hạn chế ở mức 200 MVA. Trong điều kiện vận hành này điện áp đặt vào phía hạ áp (HA) biến thiên từ 128 kV đến 136 kV, còn điện áp "không tải" ở phía cao áp (CA) nếu tính cả sụt áp là 4% thì biến thiên từ 395 kV đến 437 kV.

So với ví dụ 2, hai trong sáu đại lượng tính toán cơ bản có thay đổi :

- $(U_{CA})_{\max}$ tăng cho đến 437 kV.
- n_{\max} tăng cho đến 437/128

Hình 6 nêu lên các đường cong điện áp, dòng điện và công suất của đầu phân áp. Các đường cong này giống với hình của thí dụ 2 khi $K_A < 100\%$; nhưng khi $K_A > 100\%$ các sai khác so với thí dụ 2 được biểu diễn bằng nét không liền (người ta giả thiết là nấc phân áp $n = 420/144$ vẫn được xem là nấc phân áp chính).

A4. Thông tin bổ sung về việc sử dụng nấc phân áp có dòng điện cực đại khác với các nấc phân áp ngoài biên.

Ngay cả như trường hợp giống ở thí dụ 1, sẽ được xem là đúng đắn nếu như trong quy định kỹ thuật cuối cùng của các đại lượng nấc phân áp lấy "nấc phân áp có dòng điện cực đại" khác với nấc phân áp biên.

Đặc biệt nếu như nấc phân áp biên ấy ít được sử dụng, (chẳng hạn nếu nó được dự tính cho các điều kiện tới hạn (cực biên) và rất hiếm trong điện áp lưới) thì được xem là đúng đắn nếu cho phép nấc phân áp ấy một sự gia tăng nhiệt độ ít nhiều lớn hơn giới hạn bảo hành, bằng cách chọn nấc phân áp khác như "nấc có dòng điện cực đại" để tránh việc tăng kích thước của máy lên một cách vô ích.

A5. Ví dụ 4. Quy định kỹ thuật về dòng điện nấc phân áp của một MBA tự ngẫu (hình 7 trang 51).

Ví dụ này cũng như ví dụ số 2 chỉ khác ở chỗ đây là một MBA tự ngẫu.

Lời giải đơn giản nhất để quy định các dòng điện của nấc phân áp giống như của một MBA có các dây quấn tách biệt nhau. Điều này thể hiện bằng đường cong S_1 (nét đậm) trên hình 7. Các dòng điện phía hạ áp (HA) và dòng điện nối tiếp đều giống như các dòng điện phía hạ áp và phía cao áp ở bảng IV và hình 6, dòng điện trong dây quấn chung bằng $I_{HA} - I_{series}$, dòng điện này tăng khi n tăng.

Nhưng cần xem xét các nhược điểm có thể xảy ra của giải pháp này; Các nấc phân áp lớn hơn $n = 420/136 = 3,088$ là dùng để vận hành với tải giảm bớt (không tải khi n_{max}); xem các nét nhỏ được đánh dấu "tải". Như vậy giá trị cực đại thật của I_{chung} là 861A, và theo lời giải S_1 sẽ là 885 A, về mặt lý thuyết sẽ dẫn tới việc tăng kích thước của MBA lên một cách vô ích.

Các đường S_2 (bằng nét đứt đoạn) khác với S_1 đối với các nấc phân áp đã kể trên chỉ ra rằng một giải pháp có thể tránh được việc ước tính quá mức trên kia về $(I_{chung})_{max}$ là I_{chung} phải hạn chế ở giá trị 861 A, nhưng sẽ dẫn tới các quy định kỹ thuật phức tạp hơn cho các dòng điện của nấc phân áp.

Về lý thuyết lời giải S_2 phù hợp hơn với MBA tự ngẫu so với S_1 . Tuy nhiên sự khác biệt giữa S_1 và S_2 không là bao nhiêu, chỉ 2,7 % cho $(I_{chung})_{max}$ trong trường hợp tương tự có thể xem là hợp lý nếu dùng các quy định kỹ thuật chung đơn giản như cho một MBA có các dây quấn riêng biệt nhau.

Ghi chú: Với lời giải S_1 , mức gia tăng nhiệt độ cực đại của dây quấn chung có thể ứng với nấc phân áp cao nhất ($n = n_{max}$) với lời giải S_2 , nó có thể ứng với nấc phân áp $n = 3,088$ mà ở cuối nấc này thì I_{chung} bị giới hạn ở 861A.

Bảng III

Ví dụ 1. Các đại lượng của nấc phân áp theo hàm của tỷ số biến đổi n và của hệ số nấc phân áp K_A . Các nấc phân áp bố trí trên dây quấn cao áp (CA).

Các giá trị nằm trong ngoặc đơn là các giá trị chỉ được biết sau khi đã chọn nấc phân áp chính và dây quấn có nấc phân áp.

n	K_A (**) (%)	Điện áp (KV)		Dòng điện (A)		Công suất (MVA)	Thuộc nấc phân áp nào
		CA	HA	CA	HA		
4,864 *	(88,5)	107	22	205,6	1000	$22\sqrt{3}$ *	Nấc phân áp có dòng cực đại
Tăng * (5,507)*	Tăng 100	Tăng (121,15)	22 22	Giảm (181,6)	1000 1000	$22\sqrt{3}$ * $22\sqrt{3}$ *	Nấc phân áp chính
Tăng * (5,591) *	Tăng (101,5)	Tăng 123	22 22	Giảm 178,8	1000 1000	$22\sqrt{3}$ * $22\sqrt{3}$ *	Nấc phân áp có điện
Tăng 6,150	Tăng (111,5)	123 123	Giảm 20	Giảm 162,7	1000 1000	Giảm $22\sqrt{3}$	áp cực đại

(*) Các nấc phân áp từ $n = 4,864$ đến $n = 5,591$ là các nấc phân áp có công suất đầy $(U_{HA})_{max}$ và $(I_{HA})_{max}$.

(**) Các nấc phân áp trung bình $n = 5,507$ là một nấc phân áp đầy công suất, được chọn làm nấc phân áp chính ($K_A = 100$).

Bảng IV

Ví dụ 2. Các đại lượng nấc phân áp theo hàm của tỷ số biến đổi n và của hệ số nấc phân áp K_A . Các nấc phân áp bố trí trên dây quấn cao áp (CA)

Các giá trị đặt trong ngoặc đơn là các giá trị chỉ được biết sau khi đã chọn nấc phân áp chính và chọn dây quấn có các nấc phân áp.

n	$K_A^{(**)}$ (%)	Điện áp (KV)		Dòng điện (A)		Công suất (MVA)	Thuộc nấc phân áp nào
		CA	HA	CA	HA		
2,639 tăng	(90,5) tăng	380 tăng	144 144	456 456	1200 tăng	300 * tăng	Nấc phân áp có dòng cực đại
2,792 *	(95,7)	4902	144	456	1273	318*	
Tăng * 2,917 *	Tăng (100)	Tăng 420	144 144	Giảm 438	1273 1273	318 * 318 *	Nấc phân áp có điện áp cực đại và nấc phân áp chính
Tăng 3,281	Tăng (112,5)	420 420	Giảm 128	Giảm 388	273 1273	Giảm 282	

* Các nấc phân áp từ $n = 2,792$ đến $n = 2,917$ là các nấc phân áp đầy công suất (U_{HA} và I_{HA} cực đại)

** Nấc phân áp trung bình $n = 2,96$ không phải là một nấc đầy công suất. Người ta chọn nấc phân áp trung bình nhất làm nấc phân áp chính. ở đây, nấc phân áp trung bình nhất là "nấc phân áp cực đại".

QUANPHAM.VN

Hình 5. Ví dụ số 1

Hình 6. Ví dụ số 2 và số 3

Nét đứt đoạn dành cho các giá trị cao của KA ứng với C F V V
Trên KA = 100 % thì ở ví dụ 2 biểu diễn bằng nét liền
còn với ví dụ 3, nét đứt đoạn

QUANPHAM.VN

Hình 7. Quy định kỹ thuật cho các dòng nấc phân áp của một MBA

Charge (Load): tải ; Icommun (Icommon) = I chung