

TCVN

TIÊU CHUẨN QUỐC GIA

TCVN 6306-1:2015

IEC 60076-1:2011

Xuất bản lần 3

MÁY BIẾN ÁP ĐIỆN LỰC - PHẦN 1: QUY ĐỊNH CHUNG

Power transformers - Part 1: General

HÀ NỘI - 2015

Mục lục

	Trang
Lời nói đầu	5
1 Phạm vi áp dụng	7
2 Tài liệu viện dẫn	8
3 Thuật ngữ và định nghĩa	9
4 Điều kiện làm việc	23
5 Thông số đặc trưng và yêu cầu chung	25
6 Yêu cầu đối với máy biến áp có cuộn dây nắc điều chỉnh	31
7 Ký hiệu đấu nối và độ lệch pha	39
8 Tấm thông số	45
9 Yêu cầu về an toàn, môi trường và các yêu cầu khác	48
10 Dung sai	50
11 Thử nghiệm	53
12 Tương thích điện từ (EMC)	64
13 Quá độ chuyển mạch điện áp cao	64
Phụ lục A (tham khảo) – Thông tin cần thiết trong bản yêu cầu và đơn đặt hàng	65
Phụ lục B (tham khảo) – Các ví dụ về quy định kỹ thuật đối với các máy biến áp có nắc điều chỉnh	70
Phụ lục C (tham khảo) – Quy định kỹ thuật của trở kháng ngắn mạch bằng các đường giới hạn ..	75
Phụ lục D (tham khảo) – Ví dụ về các tổ nối dây máy biến áp ba pha	76
Phụ lục E (quy định) – Hiệu chỉnh tốn hao có tải theo nhiệt độ	79
Phụ lục F (tham khảo) – Phương tiện để lắp đặt hệ thống giám sát tình trạng trong tương lai của máy biến áp	80
Phụ lục G (tham khảo) – Xem xét về môi trường và an toàn	81
Thư mục tài liệu tham khảo	83

Lời nói đầu

TCVN 6306-1:2015 thay thế TCVN 6306-1:2006 (IEC 60076-1:2000);

TCVN 6306-1:2015 hoàn toàn tương đương với IEC 60076-1:2011;

TCVN 6306-1:2015 do Ban kỹ thuật tiêu chuẩn quốc gia TCVN/TC/E1
Máy điện và khí cụ điện biên soạn, Tổng cục Tiêu chuẩn Đo lường Chất lượng
đề nghị, Bộ Khoa học và Công nghệ công bố.

Bộ tiêu chuẩn TCVN 6306 (IEC 60076), *Máy biến áp điện lực* có các phần sau

- TCVN 6306-1:2015 (IEC 60076-1:2011), *Máy biến áp điện lực – Phần 1: Quy định chung*;
- TCVN 6306-2:2006 (IEC 60076-2:1993), *Máy biến áp điện lực – Phần 2: Độ tăng nhiệt*;
- TCVN 6306-3:2006 (IEC 60076-3:2000), *Máy biến áp điện lực – Phần 3: Mức cách điện, thử nghiệm điện môi và khoảng cách ly bên ngoài trong không khí*;
- TCVN 6306-5:2006 (IEC 60076-5:2006), *Máy biến áp điện lực – Phần 5: Khả năng chịu ngắn mạch*;
- TCVN 6306-11:2009 (IEC 60076-11:2004), *Máy biến áp điện lực – Phần 11: Máy biến áp kiểu khô*.

Máy biến áp điện lực –**Phần 1 : Quy định chung***Power transformers –**Part 1: General***1 Phạm vi áp dụng**

Tiêu chuẩn này áp dụng cho máy biến áp điện lực ba pha và một pha (kể cả máy biến áp tự ngẫu) trừ một số chủng loại máy biến áp nhỏ và máy biến áp đặc biệt như:

- máy biến áp một pha có công suất danh định nhỏ hơn 1 kVA và máy biến áp ba pha có công suất danh định nhỏ hơn 5 kVA;
- máy biến áp, không có cuộn dây nào có điện áp danh định lớn hơn 1 000 V;
- máy biến áp đo lường;
- máy biến áp của các phương tiện kéo được lắp trên đầu kéo;
- máy biến áp khởi động;
- máy biến áp thử nghiệm;
- máy biến áp hàn;
- máy biến áp phòng nổ và máy biến áp dùng cho mỏ hầm lò;
- máy biến áp dùng cho ứng dụng (ngập) nước sâu.

Khi không có tiêu chuẩn cụ thể cho các chủng loại biến áp nêu trên (cụ thể là máy biến áp không có cuộn dây có điện áp danh định vượt quá 1 000 V dùng cho các ứng dụng công nghiệp) thì có thể áp dụng toàn bộ hoặc một phần của tiêu chuẩn này.

Tiêu chuẩn này không đề cập đến các yêu cầu có thể làm cho máy biến áp thích hợp để lắp ở vị trí mà công chúng có khả năng tiếp cận được.

Đối với các chủng loại máy biến áp điện lực và cuộn kháng đã có tiêu chuẩn cụ thể thì tiêu chuẩn này chỉ áp dụng trong phạm vi nhất định được viện dẫn trong các tiêu chuẩn cụ thể đó. Đã có các tiêu chuẩn cụ thể đối với:

- cuộn kháng nói chung (IEC 60076-6);
- máy biến áp khô TCVN 6306-11 (IEC 60076-11);
- máy biến áp tự bảo vệ (IEC 60076-13)
- máy biến áp nạp đầy chất khí (IEC 60076-15);
- máy biến áp dùng cho các ứng dụng tua bin gió (IEC 60076-16);
- máy biến áp và cuộn kháng của phương tiện kéo (IEC 60310);
- máy biến áp biến đổi dùng cho các ứng dụng công nghiệp (IEC 61378-1);
- máy biến áp biến đổi dùng cho các ứng dụng truyền tải hệ thống điện một chiều cao áp (HVDC) (xem IEC 61378-2).

Tại một số chỗ trong tiêu chuẩn này có quy định hoặc khuyến cáo rằng phải đạt được "thỏa thuận" về giải pháp hoặc quy trình lựa chọn hoặc bổ sung. Việc thỏa thuận như vậy cần được thiết lập giữa nhà chế tạo và người mua. Tốt nhất là nên đưa ra sớm và được ghi trong yêu cầu kỹ thuật của hợp đồng.

2 Tài liệu viện dẫn

Các tài liệu viện dẫn sau đây là cần thiết cho việc áp dụng tiêu chuẩn này. Đối với các tài liệu ghi năm công bố thì áp dụng bản được nêu. Đối với các tài liệu không ghi năm công bố thì áp dụng bản mới nhất (kể cả các sửa đổi).

TCVN 6306-2 (IEC 60076-2), *Máy biến áp điện lực – Phần 2: Độ tăng nhiệt*

TCVN 6306-3:2006 (IEC 60076-3:2000), *Máy biến áp điện lực – Phần 3: Mức cách điện và thử nghiệm điện môi*

TCVN 6306-5:2006 (IEC 60076-5:2006), *Máy biến áp điện lực – Phần 5: Khả năng chịu ngắn mạch*

TCVN 6306-11:2009 (IEC 60076-11:2004), *Máy biến áp điện lực – Phần 11: Máy biến áp kiểu khô*

TCVN 7921-3-4:2014 (IEC 60721-3-4:1995), *Phân loại điều kiện môi trường – Phần 3-4: Phân loại theo nhóm các tham số môi trường và độ khắc nghiệt – Sử dụng tĩnh tại ở vị trí không được bảo vệ khỏi thời tiết*

TCVN ISO 9001, *Hệ thống quản lý chất lượng – Các yêu cầu*

IEC 60076-10, *Power transformers – Determination of sound levels (Máy biến áp điện lực – Xác định độ ồn)*

IEC 60137:1984, *Bushings for alternating voltages above 1 000 V (Sứ xuyên dùng cho điện áp xoay chiều lớn hơn 1 000 V)*

IEC 60214-1:2003, *Tap-changers – Part 1: Performance requirements and test methods (Bộ chuyển đổi nấc điều chỉnh – Phần 1: Yêu cầu về tính năng và phương pháp thử nghiệm)*

IEC 60296:2003, *Fluids for electrotechnical applications – Unused mineral insulating oils for transformers and switchgear (Chất lỏng dùng trong công nghệ điện – Dầu cách điện không sử dụng khoáng dùng cho máy biến áp và thiết bị đóng cắt)*

3 Thuật ngữ và định nghĩa

Tiêu chuẩn này áp dụng các thuật ngữ và định nghĩa sau đây.

CHÚ THÍCH:Các thuật ngữ khác xem trong Từ vựng kỹ thuật điện quốc tế (IEV).

3.1 Định nghĩa chung

3.1.1

Máy biến áp điện lực(power transformer)

Máy điện tĩnh có hai hoặc nhiều cuộn dây mà nhờ cảm ứng điện từ, biến đổi hệ thống điện áp và dòng điện xoay chiều thành hệ thống điện áp và dòng điện xoay chiều khác, thường là khác về giá trị nhưng có cùng tần số để tải điện năng.

[IEC 60050-421:1990, 421-01-01, có sửa đổi]

3.1.2

Máy biến áp tự ngẫu(auto-transformer)

Máy biến áp trong đó ít nhất hai cuộn dây có một phần chung.

[IEC 60050-421:1990, 421-01-11]

CHÚ THÍCH:Khi muốn nói rằng một máy biến áp không phải tự ngẫu, thường dùng các thuật ngữ như máy biến áp có cuộn dây riêng biệt hoặc máy biến áp có hai cuộn dây (xem IEC 60050-421:1990, 421-01-13).

3.1.3

Máy biến áp nối tiếp(series transformer)

Máy biến áp, không phải máy biến áp tự ngẫu, trong đó có một cuộn dây được thiết kế để mắc nối tiếp với mạch điện nhằm thay đổi điện áp và/hoặc sửa đổi góc pha của nó. Cuộn dây còn lại là cuộn dây kích.

[IEC 60050-421:1990, 421-01-12, có sửa đổi]

CHÚ THÍCH:Máy biến áp nối tiếp cũng được gọi là máy biến áp kích áp trong phiên bản trước của tiêu chuẩn này.

3.1.4

Máy biến áp loại ngâm trong chất lỏng (liquid-immersed type transformer)

Máy biến áp mà mạch từ và các cuộn dây được ngâm trong chất lỏng.

3.1.5

Máy biến áp loại khô (dry-type transformer)

Máy biến áp mà mạch từ và cuộn dây không được ngâm trong chất lỏng cách điện.

[IEC 60050-421:1990, 421-01-16]

3.1.6

Hệ thống bảo toàn chất lỏng (liquid preservation system)

Hệ thống trong một máy biến áp kiểu ngâm trong chất lỏng dùng để chứa lượng giãn nở nhiệt của chất lỏng mà nhờ nó dung nạp sự giãn nở nhiệt của chất lỏng.

CHÚ THÍCH:Sự tiếp xúc giữa chất lỏng và không khí bên ngoài đôi khi có thể được giảm bớt hoặc được ngăn chặn.

3.1.7

Giá trị quy định (specified value)

Giá trị được quy định bởi người mua tại thời điểm đặt hàng.

3.1.8

Giá trị thiết kế (design value)

Giá trị mong muốn được đưa ra bằng số vòng dây theo thiết kế trong trường hợp tỷ số các vòng dây hoặc được tính từ thiết kế trong trường hợp của trở kháng, dòng điện không tải hoặc các tham số khác.

3.1.9

Điện áp cao nhất dùng cho thiết bị U_m áp dụng cho cuộn dây máy biến áp (highest voltage for equipment U_m applicable to a transformer winding)

Điện áp pha-phá giá trị hiệu dụng cao nhất trong hệ thống ba pha mà cuộn dây của máy biến áp được thiết kế theo cách điện của nó.

3.2 Các đầu nối và điểm trung tính

3.2.1

Đầu nối (terminal)

Phản tử dẫn điện dùng để nối cuộn dây với các dây dẫn bên ngoài.

3.2.2

Đầu nối pha (line terminal)

Đầu nối được thiết kế để nối với dây pha của lưới.

[IEC 60050-421:1990, 421-02-01]

3.2.3

Đầu nối trung tính (neutral terminal)

a) đối với máy biến áp ba pha và tổ hợp ba pha từ các máy biến áp một pha:

đầu nối hoặc các đầu nối được nối đến điểm chung (điểm trung tính) của cuộn dây nối sao hoặc nối ziczac.

b) đối với máy biến áp một pha:

đầu nối dùng để nối với điểm trung tính của lưới.

[IEC 60050-421:1990, 421-02-02, có sửa đổi]

3.2.4**Điểm trung tính(neutral point)**

Điểm của hệ thống các điện áp đối xứng, thường có điện thế bằng không.

3.2.5**Đầu nối tương ứng(corresponding terminals)**

Đầu nối của các cuộn dây khác nhau của máy biến áp, được đánh dấu bằng cùng một chữ cái hoặc ký hiệu tương ứng.

[IEC 60050-421:1990, 421-02-03]

3.3 Cuộn dây**3.3.1****Cuộn dây(winding)**

Tập hợp các vòng dây tạo thành mạch điện nối vào một trong các điện áp xác định cho máy biến áp.

[IEC 60050-421:1990, 421-03-01, có sửa đổi]

CHÚ THÍCH: Đối với máy biến áp ba pha, "cuộn dây" là tập hợp của các dây quấn pha (xem 3.3.3).

3.3.2**Cuộn dây có nấc điều chỉnh (tapped winding)**

Cuộn dây mà số vòng dây hiệu quả có thể thay đổi theo nấc.

3.3.3**Cuộn dây pha(phase winding)**

Tập hợp của các vòng dây tạo thành một pha của cuộn dây ba pha.

[IEC 60050-421:1990, 421-03-02, có sửa đổi]

CHÚ THÍCH: Không nên sử dụng thuật ngữ 'cuộn dây pha' để gọi tập hợp của tất cả các cuộn dây trên một trụ cột.

3.3.4**Cuộn dây điện áp cao (high-voltage winding)****Cuộn dây HV***

Cuộn dây có điện áp danh định cao nhất.

[IEC 60050-421:1990, 421-03-03]

3.3.5**Cuộn dây điện áp thấp (low-voltage winding)****Cuộn dây LV***

* Cuộn dây nhận công suất tác dụng từ nguồn cung cấp khi làm việc được gọi là 'cuộn sơ cấp', và cuộn dây cung cấp công suất tác dụng cho phụ tải được gọi là 'cuộn thứ cấp'. Các thuật ngữ này không có ý nghĩa đối với cuộn dây nào trong số các cuộn dây có điện áp danh định cao hơn và không được sử dụng trừ khi dùng với ý nghĩa hướng của luồng công suất tác dụng (xem IEC 60050-421:1990, 421-03-06 và 07). Cuộn dây khác trong máy biến áp, thường có giá trị thấp hơn công suất danh định của cuộn dây thứ cấp, thường được gọi là 'cuộn dây thứ ba', xem thêm định nghĩa ở 3.3.8.

TCVN 6306-1:2015

Cuộn dây có điện áp danh định thấp nhất.

[IEC 60050-421:1990, 421-03-04]

CHÚ THÍCH: Đối với máy biến áp nối tiếp, cuộn dây có điện áp danh định thấp hơn có thể là cuộn dây có mức cách điện cao hơn.

3.3.6

Cuộn dây điện áp trung gian(intermediate-voltage winding)

Cuộn dây của máy biến áp nhiều cuộn dây, có điện áp danh định trung gian giữa điện áp danh định của cuộn dây cao nhất và thấp nhất.

[IEC 60050-421:1990, 421-03-05]

3.3.7

Cuộn dây phụ(auxiliary winding)

Cuộn dây chỉ dùng cho phụ tải nhỏ so với công suất danh định của máy biến áp.

[IEC 60050-421:1990, 421-03-08]

3.3.8

Cuộn dây ổn định(stabilizing winding)

Cuộn dây bổ sung nối tam giác dùng cho máy biến áp nối sao-sao hoặc nối sao-ziczac để làm giảm trở kháng thứ tự không, xem 3.7.3.

[IEC 60050-421:1990, 421-03-09, có sửa đổi]

CHÚ THÍCH: Một cuộn dây được gọi là cuộn dây ổn định chỉ khi cuộn dây đó không dùng để nối ba pha với mạch ngoài.

3.3.9

Cuộn dây chung(common winding)

Phần chung của các cuộn dây của máy biến áp tự ngẫu.

[IEC 60050-421:1990, 421-03-10]

3.3.10

Cuộn dây nối tiếp(series winding)

Phần của cuộn dây của máy biến áp tự ngẫu hoặc cuộn dây của máy biến áp nối tiếp được dùng để mắc nối tiếp với mạch điện.

[IEC 60050-421:1990, 421-03-11, có sửa đổi]

3.3.11

Cuộn dây kích(energizing winding)

Cuộn dây của máy biến áp nối tiếp dùng để cung cấp điện cho cuộn dây nối tiếp.

[IEC 60050-421:1990, 421-03-12, có sửa đổi]

3.3.12

Cuộn dây nối kiểu tự ngẫu(auto-connected windings)

Cuộn dây nối tiếp và cuộn dây chung của máy biến áp tự ngẫu.

3.4 Thông số đặc trưng

3.4.1

Thông số đặc trưng(rating)

Các giá trị bằng số gắn cho các đại lượng, xác định sự vận hành của máy biến áp trong các điều kiện quy định ở tiêu chuẩn này và các đại lượng này được dùng làm cơ sở cho việc bảo đảm của nhà chế tạo và cho các thử nghiệm.

3.4.2

Đại lượng danh định(rated quantities)

Các đại lượng (điện áp, dòng điện, v.v...) mà các giá trị bằng số của chúng xác định thông số đặc trưng.

CHÚ THÍCH 1:Đối với máy biến áp có nấc điều chỉnh, nếu không có quy định khác thì đại lượng danh định liên quan đến nấc điều chỉnh chính (xem 3.5.2). Các đại lượng tương ứng với ý nghĩa tương tự, liên quan đến các nấc cụ thể khác đều được gọi là các đại lượng nấc điều chỉnh (xem 3.5.9).

CHÚ THÍCH 2:Các điện áp và dòng điện luôn được biểu thị bằng giá trị hiệu dụng của chúng, nếu không có quy định khác.

3.4.3

Điện áp danh định của cuộn dây(rated voltage of a winding)

U_r

Điện áp ổn định được đặt vào hoặc tạo ra ở trạng thái không tải giữa các đầu nối của cuộn dây không có nấc điều chỉnh, hoặc của cuộn dây có nấc điều chỉnh được nối ở nấc điều chỉnh chính (xem 3.5.2), đối với cuộn dây ba pha đó là điện áp giữa các đầu nối pha.

[IEC 60050-421:1990, 421-04-01, có sửa đổi]

CHÚ THÍCH 1: Điện áp danh định của tất cả các cuộn dây xuất hiện đồng thời ở chế độ không tải khi điện áp đặt vào một trong các cuộn dây có giá trị danh định của cuộn dây đó.

CHÚ THÍCH 2: Đối với các máy biến áp một pha được thiết kế để nối sao tạo thành tổ máy ba pha, hoặc được nối giữa dây pha hoặc trung tính của hệ thống ba pha, điện áp danh định được nêu ở dạng điện áp pha-pha chia cho $\sqrt{3}$, ví dụ $U_r = 400/\sqrt{3}$ kV.

CHÚ THÍCH 3: Đối với máy biến áp một pha được thiết kế để nối giữa các pha của lưới, điện áp danh định được thể hiện bằng điện áp pha-pha.

CHÚ THÍCH 4: Đối với cuộn dây nối tiếp của máy biến áp nối tiếp ba pha được thiết kế như một cuộn dây hở mạch (xem 3.10.5) thì điện áp danh định được nêu như thể cuộn dây đó được nối sao.

3.4.4

Tỷ số điện áp danh định(rated voltage ratio)

Tỷ số giữa điện áp danh định của một cuộn dây và điện áp danh định của cuộn dây khác có điện áp danh định thấp hơn hoặc bằng.

[IEC 60050-421:1990, 421-04-02, có sửa đổi]

3.4.5

Tần số danh định(rated frequency)

f_r

Tần số tại đó máy biến áp được thiết kế để làm việc.

[IEC 60050-421:1990, 421-04-03, có sửa đổi]

3.4.6

Công suất danh định (rated power)

S_r

Giá trị quy ước của công suất biểu kiến được ấn định cho cuộn dây cùng với điện áp danh định của cuộn dây đó, công suất này quyết định dòng điện danh định của cuộn dây.

CHÚ THÍCH:Cả hai cuộn dây của một máy biến áp hai cuộn dây có cùng công suất danh định mà theo định nghĩa công suất này là công suất danh định của cả máy biến áp.

3.4.7

Dòng điện danh định (rated current)

I_r

Dòng điện chạy qua đầu nối pha của cuộn dây, dòng điện này được tính từ công suất danh định S_r , và điện áp danh định U_r , đối với cuộn dây đó.

[IEC 60050-421:1990, 421-04-05, có sửa đổi]

CHÚ THÍCH 1: Đối với cuộn dây ba pha, dòng điện danh định I_r được tính bằng:

$$I_r = \frac{S_r}{\sqrt{3} \times U_r}$$

CHÚ THÍCH 2: Đối với cuộn dây máy biến áp một pha được thiết kế để nối tam giác thành tổ máy ba pha, dòng điện danh định tính bằng dòng điện dây chia cho $\sqrt{3}$,

$$I_r = \frac{I_{day}}{\sqrt{3}}$$

CHÚ THÍCH 3: Đối với máy biến áp một pha không được thiết kế để nối thành tổ máy ba pha, dòng điện danh định bằng:

$$I_r = \frac{S_r}{U_r}$$

CHÚ THÍCH 4: Đối với cuộn dây hở mạch (xem 3.10.5) của máy biến áp, dòng điện danh định của cuộn dây hở mạch là công suất danh định chia cho số pha và cho điện áp danh định của cuộn dây hở mạch:

$$I_r = \frac{S_r}{Số pha \times U_r}$$

3.5 Các nấc điều chỉnh

3.5.1

Nấc điều chỉnh (tapping)

Ở máy biến áp có một cuộn dây có nấc điều chỉnh, cách đầu nối cụ thể của cuộn dây đó thể hiện số vòng dây hiệu quả nhất định trong cuộn dây có nấc điều chỉnh và, do đó, thể hiện tỷ số vòng dây nhất định giữa cuộn dây đó và bất kỳ cuộn dây nào khác có số vòng dây cố định.

CHÚ THÍCH: Một trong các nấc điều chỉnh là nấc điều chỉnh chính, các nấc điều chỉnh khác được mô tả theo mối quan hệ với nấc điều chỉnh chính bằng các hệ số điều chỉnh tương ứng. Xem định nghĩa của các thuật ngữ dưới đây.

3.5.2

Nấc điều chỉnh chính (principal tapping)

Nấc điều chỉnh tương ứng với các đại lượng danh định.

[IEC 60050-421:1990, 421-05-02]

3.5.3

Hệ số điều chỉnh (tương ứng với nấc điều chỉnh đã cho) (tapping factor (corresponding to a given tapping))

Tỷ số:

$$\frac{U_d}{U_r} \text{ (hệ số điều chỉnh) hoặc } 100 \frac{U_d}{U_r} \text{ (hệ số điều chỉnh tính bằng phần trăm)}$$

trong đó:

U_r là điện áp danh định của cuộn dây (xem 3.4.3);

U_d là điện áp xuất hiện tại các đầu nối của cuộn dây khi máy biến áp vận hành không tải, tại nấc điều chỉnh liên quan, bằng cách đặt điện áp danh định vào một cuộn dây không có nấc điều chỉnh.

CHÚ THÍCH: Đối với máy biến áp nối tiếp, hệ số điều chỉnh là tỷ số giữa điện áp của cuộn dây nối tiếp tương ứng với nấc điều chỉnh đã cho với U_r .

[IEC 60050-421:1990, 421-05-03, có sửa đổi].

3.5.4

Nấc điều chỉnh tăng (plus tapping)

Nấc điều chỉnh có hệ số điều chỉnh lớn hơn một.

[IEC 60050-421:1990, 421-05-04]

3.5.5

Nấc điều chỉnh giảm (minus tapping)

Nấc điều chỉnh có hệ số điều chỉnh nhỏ hơn một.

[IEC 60050-421:1990, 421-05-05]

3.5.6

Bước điều chỉnh (tapping step)

Chênh lệch giữa các hệ số điều chỉnh, thể hiện dưới dạng phần trăm, của hai nấc điều chỉnh liền kề.

[IEC 60050-421:1990, 421-05-06]

3.5.7

Dải điều chỉnh (tapping range)

Dải biến thiên của hệ số điều chỉnh, thể hiện dưới dạng phần trăm, so với giá trị '100'.

CHÚ THÍCH: Nếu dải hệ số này nằm trong phạm vi từ $100 + a$ đến $100 - b$, thì dải điều chỉnh được xem là: $+a\%$, $-b\%$ hoặc $\pm a\%$ nếu $a = b$.

[IEC 60050-421:1990, 421-05-07]

3.5.8

Tỷ số điện áp của nấc điều chỉnh (của một cặp cuộn dây) (tapping voltage ratio (of a pair of windings))

Tỷ số bằng với tỷ số điện áp danh định:

- nhân với hệ số điều chỉnh của cuộn dây có nấc điều chỉnh nếu đó là cuộn dây điện áp cao;
- chia cho hệ số điều chỉnh của cuộn dây có nấc điều chỉnh nếu đó là cuộn dây điện áp thấp.

[IEC 60050-421:1990, 421-05-08]

CHÚ THÍCH: Mặc dù theo định nghĩa, tỷ số điện áp danh định ít nhất là bằng 1, tuy vậy tỷ số điện áp nấc điều chỉnh có thể nhỏ hơn 1 đối với một vài nấc điều chỉnh nào đó khi tỷ số điện áp danh định gần bằng 1.

3.5.9

Đại lượng nấc điều chỉnh (tapping quantities)

Các đại lượng mà giá trị bằng số của chúng xác định chế độ nấc điều chỉnh của nấc điều chỉnh cụ thể (không phải là nấc điều chỉnh chính).

CHÚ THÍCH: Đại lượng nấc điều chỉnh có ở tất cả các cuộn dây trong máy biến áp, không chỉ ở cuộn dây có nấc điều chỉnh (xem 6.2 và 6.3).

Đại lượng nấc điều chỉnh là:

- điện áp nấc điều chỉnh (tương tự như điện áp danh định, 3.4.3);
- công suất nấc điều chỉnh (tương tự như công suất danh định, 3.4.6);
- dòng điện nấc điều chỉnh (tương tự như dòng điện danh định, 3.4.7).

[IEC 60050-421:1990, 421-05-10, có sửa đổi].

3.5.10

Nấc điều chỉnh có công suất toàn phần (full-power tapping)

Nấc điều chỉnh mà công suất ở nัc này bằng công suất danh định.

[IEC 60050-421:1990, 421-05-14]

3.5.11

Nấc điều chỉnh có công suất giảm thấp (reduced-power tapping)

Nấc điều chỉnh mà công suất ở nัc này nhỏ hơn công suất danh định.

[IEC 60050-421:1990, 421-05-15]

3.5.12**Bộ chuyển đổi nấc điều chỉnh dưới tải (on-load tap-changer)****OLTC**

Thiết bị dùng để thay đổi nấc điều chỉnh của cuộn dây, thích hợp cho vận hành khi máy biến áp đang mang điện hoặc đang có tải.

[IEC 60050-421:1990, 421-11-01]

3.5.13**Bộ chuyển đổi nấc điều chỉnh khi không có điện (de-energized tap-changer)****DETC**

Thiết bị dùng để thay đổi việc đấu nối nấc điều chỉnh của cuộn dây, chỉ thích hợp cho việc vận hành khi máy biến áp bị ngắt điện (cách ly khỏi hệ thống).

3.5.14**Điện áp làm việc tối đa cho phép theo nấc điều chỉnh (maximum allowable tapping service voltage)**

Điện áp tại tần số danh định của máy biến áp được thiết kế để luôn được liên tục mà không bị hỏng ở bất kỳ vị trí nấc điều chỉnh cụ thể nào tại công suất nấc điều chỉnh liên quan.

CHÚ THÍCH 1: Điện áp này được giới hạn bởi U_m .

CHÚ THÍCH 2: Điện áp này thường sẽ bị giới hạn đến 105 % điện áp nấc điều chỉnh danh định trừ khi người mua quy định điện áp cao hơn trong quy định về nấc điều chỉnh (xem 6.4) một cách rõ ràng hoặc là kết quả của quy định theo 6.4.2.

3.6 Các tổn hao và dòng điện không tải

CHÚ THÍCH: Các giá trị này liên quan đến nấc điều chỉnh chính (xem 3.5.2), trừ khi một nấc điều chỉnh khác được chỉ ra cụ thể.

3.6.1**Tổn hao không tải (no-load loss)**

Công suất tác dụng bị hấp thụ khi đặt điện áp danh định (điện áp nấc điều chỉnh) có tần số danh định lên các đầu nối của một trong các cuộn dây, trong khi các cuộn dây còn lại ở mạch.

[IEC 60050-421:1990, 421-06-01, có sửa đổi]

3.6.2**Dòng điện không tải (no-load current)**

Giá trị hiệu dụng của dòng điện chạy qua đầu nối pha của cuộn dây khi đặt điện áp danh định (điện áp nấc điều chỉnh) vào cuộn dây đó ở tần số danh định, trong khi cuộn dây hoặc các cuộn dây khác ở mạch.

CHÚ THÍCH 1: Đối với máy biến áp ba pha, giá trị này là trung bình cộng của các giá trị dòng điện trong ba pha.

CHÚ THÍCH 2: Dòng điện không tải của một cuộn dây thường được biểu diễn bằng phần trăm của dòng điện danh định của cuộn dây đó. Đối với máy biến áp nhiều cuộn dây, giá trị phần trăm này tương ứng với cuộn dây có công suất danh định cao nhất.

[IEC 60050-421:1990, 421-06-02, có sửa đổi].

3.6.3

Tồn hao có tải (load loss)

Công suất tác dụng bị hấp thụ ở tần số danh định và ở nhiệt độ chuẩn (xem 11.1), gắn liền với một cặp cuộn dây khi dòng điện danh định (dòng điện nắc điều chỉnh) đi qua các đầu nối pha của một trong các cuộn dây, còn các đầu nối của cuộn dây kia được nối tắt. Các cuộn dây còn lại, nếu có, hở mạch.

CHÚ THÍCH 1: Đối với máy biến áp hai cuộn dây, chỉ có một cách tổ hợp cuộn dây và một giá trị tồn hao khi có tải. Đối với máy biến áp nhiều cuộn dây, có nhiều giá trị tồn hao có tải tương ứng với các cách tổ hợp hai cuộn dây khác nhau (xem Điều 7 của IEC 60076-8). Giá trị kết hợp của tồn hao khi có tải đối với toàn bộ máy biến áp liên quan đến tổ hợp tải của cuộn dây xác định. Nói chung, giá trị này thường không thể xác định bằng phép đo trực tiếp khi thử nghiệm.

CHÚ THÍCH 2: Khi các cuộn dây của một cặp có công suất danh định khác nhau, cần đề cập đến tồn hao có tải ứng với dòng điện danh định trong cuộn dây có công suất danh định nhỏ hơn và công suất chuẩn.

3.6.4

Tồn hao tổng (total losses)

Tổng của tồn hao không tải và tồn hao có tải

CHÚ THÍCH: Không tính đến tổng công suất tiêu thụ của các thiết bị phụ trợ trong tồn hao tổng và được nêu riêng.

[IEC 60050-421:1990, 421-06-05, có sửa đổi]

3.7 Trở kháng ngắn mạch và sụt áp

3.7.1

Trở kháng ngắn mạch của một cặp cuộn dây (short-circuit impedance of a pair of windings)

Trở kháng nối tiếp tương đương $Z = R + jX$, tính bằng ôm, ở tần số danh định và nhiệt độ chuẩn, qua các đầu nối của một cuộn dây của một cặp, khi các đầu nối của cuộn dây kia được nối tắt và các cuộn dây khác, nếu có, hở mạch. Đối với máy biến áp ba pha, trở kháng được biểu thị là trở kháng pha (nối sao tương đương).

CHÚ THÍCH 1: Ở máy biến áp có cuộn dây có nắc điều chỉnh, trở kháng ngắn mạch liên quan đến nắc điều chỉnh cụ thể. Nếu không có quy định khác thì áp dụng nắc điều chỉnh chính.

CHÚ THÍCH 2: Đại lượng này có thể được biểu thị dưới dạng tương đối, không có thứ nguyên, như là hệ số z của trở kháng chuẩn Z_{ref} , của cùng cuộn dây trong cặp đó. Tính theo phần trăm là:

$$z = 100 \frac{Z}{Z_{ref}}$$

trong đó

$$Z_{ref} = \frac{U^2}{S_r} \quad (\text{công thức này đúng đối với cả máy biến áp ba pha và một pha})$$

U là điện áp (điện áp danh định hoặc điện áp nắc điều chỉnh) của cuộn dây có Z và Z_{ref} .

S_r là giá trị chuẩn của công suất danh định.

Giá trị tương đối này cũng bằng với tỷ số giữa điện áp đặt trong phép đo ngắn mạch tạo ra dòng điện danh định tương ứng (hoặc dòng điện nắc điều chỉnh) và điện áp danh định (hoặc điện áp nắc điều chỉnh). Điện áp đặt này

được gọi là điện áp ngắn mạch [IEC 60050-421:1990, 421-07-01] của cặp cuộn dây. Giá trị tương đối này thường được biểu diễn dưới dạng phần trăm.

[IEC 60050-421:1990, 421-07-02, có sửa đổi]

3.7.2

Sụt áp hoặc tăng áp đối với điều kiện phụ tải quy định (voltage drop or rise for a specified load condition)

Chênh lệch số học giữa điện áp không tải của cuộn dây và điện áp tạo ra trên các đầu nối của cùng cuộn dây đó tại phụ tải và hệ số công suất quy định, khi điện áp cung cấp cho cuộn dây kia hoặc một trong các cuộn dây khác bằng:

- giá trị danh định của nó nếu máy biến áp được nối vào nắc điều chỉnh chính (điện áp không tải của cuộn dây thứ nhất khi đó bằng giá trị danh định của nó);
- điện áp nắc điều chỉnh nếu máy biến áp được nối ở nắc điều chỉnh khác.

Chênh lệch này thường được biểu diễn dưới dạng phần trăm của điện áp không tải của cuộn dây thứ nhất.

CHÚ THÍCH: Đối với máy biến áp nhiều cuộn dây, sụt áp hoặc tăng áp không chỉ phụ thuộc vào tải và hệ số công suất của bản thân cuộn dây mà còn phụ thuộc vào tải và hệ số công suất của các cuộn dây khác (xem IEC 60076-8).

[IEC 60050-421:1990, 421-07-03]

3.7.3

Trở kháng thứ tự không (của cuộn dây ba pha) (zero-sequence impedance (of a three-phase winding))

Trở kháng, tính bằng ôm cho mỗi pha ở tần số danh định, giữa các đầu nối pha của cuộn dây nối sao hoặc cuộn dây nối ziczac, nối với nhau, và đầu nối trung tính của cuộn dây.

[IEC 60050-421:1990, 421-07-04, có sửa đổi]

CHÚ THÍCH 1: Trở kháng thứ tự không có thể có một số giá trị vì nó phụ thuộc vào cách nối và mang tải của các đầu nối của cuộn dây kia hoặc các cuộn dây khác được đấu nối và mang tải.

CHÚ THÍCH 2: Trở kháng thứ tự không có thể phụ thuộc vào giá trị của dòng điện và nhiệt độ, đặc biệt là ở các máy biến áp không có cuộn dây nào nối tam giác.

CHÚ THÍCH 3: Trở kháng thứ tự không cũng có thể được biểu diễn bằng giá trị tương đối giống như trở kháng ngắn mạch (thứ tự thuận) (xem 3.7.1).

3.8 Độ tăng nhiệt (temperature rise)

Chênh lệch giữa nhiệt độ của phần đang xét và nhiệt độ của môi chất làm mát bên ngoài.

[IEC 60050-421:1990, 421-08-01, có sửa đổi]

3.9 Cách điện (insulation)

Đối với các định nghĩa liên quan đến cách điện, xem TCVN 6306-3 (IEC 60076-3).

3.10 Các cách đấu nối

3.10.1

Nối sao (star-connection)

Cách đấu nối cuộn dây được bố trí sao cho từng cuộn dây pha của máy biến áp ba pha, hoặc của từng cuộn dây có cùng điện áp danh định của máy biến áp một pha được kết hợp thành tổ máy biến áp ba pha, được đấu nối vào một điểm chung (điểm trung tính) còn đầu kia nối với đầu nối pha tương ứng.

[IEC 60050-421:1990, 421-10-01, có sửa đổi]

CHÚ THÍCH: Nối sao đôi khi được gọi là nối Y.

3.10.2

Nối tam giác (delta-connection)

Cách đấu nối cuộn dây được bố trí sao cho cuộn dây pha của máy biến áp ba pha, hoặc các cuộn dây có cùng điện áp danh định của các máy biến áp một pha được kết hợp thành tổ máy biến áp ba pha, được mắc nối tiếp để tạo thành một mạch kín.

[IEC 60050-421:1990, 421-10-02, có sửa đổi]

CHÚ THÍCH: Nối tam giác đôi khi được gọi là nối D.

3.10.3

Nối tam giác hở (open-delta connection)

Cách đấu nối cuộn dây trong đó các cuộn dây pha của máy biến áp ba pha hoặc các cuộn dây có cùng điện áp danh định của các máy biến áp một pha được kết hợp thành tổ máy biến áp ba pha, được mắc nối tiếp nhưng một đỉnh của tam giác hở mạch.

[IEC 60050-421:1990, 421-10-03]

3.10.4

Nối ziczac (Z-connection)

Cách đấu nối cuộn dây gồm hai phần cuộn dây, phần thứ nhất được nối theo hình sao, phần thứ hai được nối nối tiếp giữa phần thứ nhất và đầu nối pha; hai phần được bố trí sao cho mỗi pha của phần thứ hai được quấn trên trụ khác của máy biến áp nối với phần đầu tiên.

CHÚ THÍCH: Xem Phụ lục D đối với trường hợp các phần của cuộn dây thường có cùng số vòng dây.

3.10.5

Cuộn dây hở mạch (open windings)

Các cuộn dây pha của máy biến áp ba pha không được đấu nối với nhau bên trong máy biến áp.

[IEC 60050-421:1990, 421-10-05, có sửa đổi]

3.10.6

Độ lệch pha (của cuộn dây ba pha) (phase displacement (of a three-phase winding))

Góc lệch giữa các vectơ điện áp giữa điểm trung tính (thực hoặc giả) và đầu nối tương ứng của hai cuộn dây, khi hệ thống điện áp thứ tự thuận được đặt vào đầu nối điện áp cao, theo thứ tự bằng chữ

cái nếu chúng được đánh dấu bằng chữ cái hoặc theo thứ tự số nếu chúng được đánh dấu bằng số.
Các véc-tơ pha được giả thiết là quay ngược chiều kim đồng hồ.

[IEC 60050-421:1990, 421-10-08, có sửa đổi]

CHÚ THÍCH 1: Xem Điều 7 và Phụ lục D.

CHÚ THÍCH 2: Véc-tơ pha của cuộn dây điện áp cao được lấy làm chuẩn, và độ lệch pha ứng với bất kỳ cuộn dây nào khác được biểu diễn theo quy ước bằng 'chỉ số giờ', tức là véc-tơ pha của cuộn dây chỉ máy giờ khi véc-tơ pha của cuộn dây cao áp là 12 h (số càng cao thì sự chậm pha càng lớn).

3.10.7

Ký hiệu tổ nối dây (connection symbol)

Ký hiệu quy ước chỉ ra các tổ nối dây của cuộn dây điện áp cao, cuộn dây điện áp trung gian (nếu có) và cuộn dây điện áp thấp và (các) độ lệch pha tương đối của chúng thể hiện bằng một tổ hợp các chữ cái và (các) chỉ số giờ.

[IEC 60050-421:1990, 421-10-09, có sửa đổi]

3.11 Các loại thử nghiệm

3.11.1

Thử nghiệm thường xuyên (routine test)

Thử nghiệm được thực hiện cho từng máy biến áp riêng.

3.11.2

Thử nghiệm điển hình (type test)

Thử nghiệm được thực hiện trên một máy biến áp đại diện cho các máy biến áp khác để chứng minh rằng các máy biến áp này phù hợp với yêu cầu quy định không được đề cập trong các thử nghiệm thường xuyên: một máy biến áp được xem là đại diện cho các máy biến áp khác nếu nó được chế tạo theo các bản vẽ giống nhau sử dụng cùng công nghệ và cùng vật liệu trong cùng một nhà máy.

CHÚ THÍCH 1: Sự sai lệch về thiết kế nếu thấy rõ ràng là không liên quan đến thử nghiệm điển hình cụ thể, thì không yêu cầu phải lặp lại thử nghiệm điển hình.

CHÚ THÍCH 2: Sự sai lệch về thiết kế gây ra việc sụt giảm các giá trị và ứng suất liên quan đến thử nghiệm điển hình cụ thể, không đòi hỏi phải thử nghiệm điển hình mới nếu được chấp nhận giữa người mua và nhà chế tạo.

CHÚ THÍCH 3: Đối với máy biến áp nhỏ hơn 20 MVA và $U_m \leq 72,5$ kV, sai lệch đáng kể về thiết kế có thể được chấp nhận nếu chứng minh được sự phù hợp với các yêu cầu của thử nghiệm điển hình.

3.11.3

Thử nghiệm đặc biệt (special test)

Thử nghiệm được thỏa thuận giữa nhà chế tạo và người mua, không phải là thử nghiệm điển hình hoặc thử nghiệm thường xuyên.

CHÚ THÍCH: Thử nghiệm đặc biệt có thể được tiến hành trên một máy biến áp hoặc tất cả các máy biến áp có thiết kế riêng biệt, nếu người mua quy định trong bản yêu cầu và đơn đặt hàng đối với từng thử nghiệm đặc biệt.

3.12 Dữ liệu khí tượng học liên quan đến làm mát

3.12.1

Nhiệt độ môi chất làm mát ở mọi thời điểm (temperature of cooling medium at any time)

Nhiệt độ tối đa của môi chất làm mát được đo trong nhiều năm.

3.12.2

Nhiệt độ trung bình tháng (monthly average temperature)

Trung bình cộng giữa nhiệt độ trung bình cực đại hàng ngày và nhiệt độ trung bình cực tiểu hàng ngày trong một tháng cụ thể, được theo dõi trong nhiều năm.

3.12.3

Nhiệt độ trung bình năm (yearly average temperature)

Trung bình của các nhiệt độ trung bình tháng trong một năm.

3.13 Các định nghĩa khác

3.13.1

Dòng điện tải (load current)

Giá trị hiệu dụng của dòng điện trong cuộn dây bất kỳ ở điều kiện làm việc.

3.13.2

Thành phần sóng hài tổng (total harmonic content)

Tỷ số giữa giá trị hiệu dụng của tất cả các sóng hài và giá trị hiệu dụng của (E_1, I_1) cơ bản.

$$\text{thành phần sóng hài tổng} = \frac{\sqrt{\sum_{i=2}^m E_i^2}}{E_1} \quad (\text{đối với điện áp})$$

$$\text{thành phần sóng hài tổng} = \frac{\sqrt{\sum_{i=2}^m I_i^2}}{I_1} \quad (\text{đối với dòng điện})$$

E_i thể hiện giá trị hiệu dụng của điện áp của sóng hài thứ i

I_i thể hiện giá trị hiệu dụng của dòng điện của sóng hài thứ i

3.13.3

Thành phần sóng hài bậc chẵn (even harmonic content)

Tỷ số giữa giá trị hiệu dụng của tất cả các sóng hài bậc chẵn với giá trị hiệu dụng của (E_1, I_1) cơ bản.

$$\text{thành phần sóng hài bậc chẵn} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^m E_{2i}^2}}{E_1} \quad (\text{đối với điện áp})$$

$$\text{thành phần sóng hài bậc chẵn} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^m I_{2i}^2}}{I_1} \quad (\text{đối với dòng điện})$$

- E_i thê hiện giá trị hiệu dụng của điện áp của sóng hài thứ i
 I_i thê hiện giá trị hiệu dụng của dòng điện của sóng hài thứ i

4 Điều kiện làm việc

4.1 Quy định chung

Điều kiện làm việc đưa ra trong 4.2 thê hiện phạm vi làm việc bình thường của máy biến áp được quy định trong tiêu chuẩn này. Đối với các điều kiện làm việc không bình thường cần lưu ý đặc biệt về thiết kế của máy biến áp, xem 5.5. Các điều kiện này bao gồm độ cao so với mực nước biển, nhiệt độ môi chất làm mát bên ngoài quá cao hoặc quá thấp, độ ẩm nhiệt đới, hoạt động động đất, độ nhiễm bẩn nghiêm trọng, dạng sóng điện áp hoặc dạng sóng dòng điện tải không bình thường, bức xạ mặt trời cao và tài gián đoạn. Các điều kiện này cũng đề cập đến các điều kiện vận chuyển, lưu kho và lắp đặt, ví dụ như việc hạn chế khối lượng hoặc hạn chế không gian (xem Phụ lục A).

Quy tắc bổ sung đối với các thông số đặc trưng và thử nghiệm được đưa ra trong các tiêu chuẩn dưới đây:

- độ tăng nhiệt và làm mát ở nhiệt độ môi chất làm mát bên ngoài cao hoặc ở độ cao so với mực nước biển: TCVN 6306-2 (IEC 60076-2) đối với máy biến áp ngâm trong chất lỏng và TCVN 6306-11 (IEC 60076-11) đối với máy biến áp kiểu khô;
- cách điện bên ngoài ở độ cao cao hơn nhiều so với mực nước biển: TCVN 6306-3 (IEC 60076-3) đối với máy biến áp đồ dày chất lỏng và TCVN 6306-11 (IEC 60076-11) đối với máy biến áp kiểu khô.

4.2 Điều kiện làm việc bình thường

Tiêu chuẩn này nêu các yêu cầu chi tiết đối với máy biến áp dùng trong các điều kiện sau đây:

a) Độ cao

Độ cao so với mực nước biển không quá 1 000 m

b) Nhiệt độ môi chất làm mát

Nhiệt độ không khí làm mát ở đầu vào thiết bị làm mát không vượt quá:

40 °C ở mọi thời điểm;

30 °C trung bình tháng của tháng nóng nhất;

20 °C trung bình năm;

và không thấp hơn

-25 °C trong trường hợp của máy biến áp ngoài trời;

-5 °C trong trường hợp của máy biến áp mà trong đó cả máy biến áp và bộ làm mát đều được thiết kế dùng cho hệ thống lắp đặt trong nhà.

Ở mọi thời điểm, trung bình tháng và trung bình năm được định nghĩa ở 3.12.

Người mua có thể chỉ định nhiệt độ cao hơn tối thiểu của môi chất làm mát trong trường hợp nhiệt độ tối thiểu của môi chất làm mát được nêu trên tấm thông số.

CHÚ THÍCH 1: Đoạn có nội dung phía trên nhằm mục đích cho phép sử dụng chất lỏng cách điện thay thế không đáp ứng các yêu cầu về nhiệt độ tối thiểu trong các trường hợp mà tại đó nhiệt độ tối thiểu -25 °C là không thích hợp.

Đối với máy biến áp được làm mát bằng nước, nhiệt độ của nước làm mát ở đầu vào không vượt quá

25 °C ở mọi thời điểm;

20 °C trung bình năm.

Ở mọi thời điểm và trung bình năm được định nghĩa ở 3.12.

Các giới hạn khác liên quan đến làm mát đối với:

- máy biến áp ngâm trong chất lỏng, được đề cập trong TCVN 6306-2 (IEC 60076-2);
- máy biến áp kiểu khô, được đề cập trong TCVN 6306-11 (IEC 60076-11).

CHÚ THÍCH 2: Đối với máy biến áp có cả trao đổi nhiệt không khí/nước và nước/chất lỏng, nhiệt độ môi chất làm mát có liên quan đến nhiệt độ không khí bên ngoài nhiều hơn là nhiệt độ nước trong mạch làm mát trung gian mà nhiệt độ này có thể lớn hơn giá trị thông thường.

CHÚ THÍCH 3: Nhiệt độ liên quan ở đầu vào thiết bị làm mát chứ không phải là nhiệt độ không khí bên ngoài, điều này có nghĩa rằng người sử dụng cần thận trọng nếu việc lắp đặt có thể tạo ra các điều kiện trong đó có thể xảy ra sự tuẫn hoản không khí từ đầu ra của bộ làm mát và cần được tính đến khi đánh giá nhiệt độ không khí làm mát.

c) Dạng sóng của điện áp nguồn cung cấp.

Điện áp của nguồn cung cấp có dạng sóng hình sin có thành phần sóng hài tổng không vượt quá 5 % và thành phần sóng hài bậc chẵn không vượt quá 1 %.

d) Thành phần sóng hài dòng điện tải

Thành phần sóng hài tổng của dòng điện tải không vượt quá 5 % dòng điện danh định.

CHÚ THÍCH 4: Máy biến áp trong đó thành phần hài tổng của dòng điện tải vượt quá 5 % dòng điện danh định hoặc các máy biến áp được thiết kế riêng để cấp điện cho phụ tải điện tử công suất hoặc phụ tải chỉnh lưu cần được quy định theo bộ IEC 61378.

CHÚ THÍCH 5: Máy biến áp có thể làm việc ở dòng điện danh định nhưng không bị suy giảm tuổi thọ quá mức với thành phần sóng hài dòng điện nhỏ hơn 5 %, tuy nhiên cần phải lưu ý rằng độ tăng nhiệt sẽ tăng đối với phụ tải sóng hài bất kỳ và có thể vượt quá độ tăng danh định.

e) Sự đổi xứng của điện áp nguồn ba pha

Đối với máy biến áp ba pha, bộ các điện áp nguồn cung cấp ba pha là gần đổi xứng. Gần đổi xứng có nghĩa là điện áp pha - pha cao nhất liên tục không cao hơn quá 1 % so với điện áp pha - pha thấp nhất hoặc cao hơn không quá 2 % trong thời gian ngắn (xấp xỉ 30 min) trong các điều kiện đặc biệt.

f) Môi trường lắp đặt

Môi trường có mức ô nhiễm (xem IEC 60137 và IEC/TS 60815) không đòi hỏi phải có lưu ý đặc biệt đối với cách điện bên ngoài của súy xuyên máy biến áp hoặc của chấn máy biến áp.

Môi trường mà yêu cầu khi thiết kế không phải tính đến rủi ro động đất. (Điều này được giả định là trường hợp khi mức gia tốc mặt đất thấp hơn 2 m/s^2 , tức là xấp xỉ 0,2 g). Xem IEC 60068-3-3.

Trong trường hợp máy biến áp được lắp đặt trong vỏ bọc không được cung cấp từ nhà chế tạo máy biến áp, tách rời với thiết bị làm mát, ví dụ trong vỏ cách âm, thì nhiệt độ của không khí xung quanh máy biến áp không được vượt quá 40°C ở mọi thời điểm.

Điều kiện môi trường trong các định nghĩa dưới đây áp dụng theo IEC 60721-3-4:1995:

- điều kiện khí hậu 4K2, ngoại trừ nhiệt độ môi chất làm mát bên ngoài thấp nhất là -25°C ;
- điều kiện khí hậu đặc biệt 4Z2, 4Z4, 4Z7;
- điều kiện sinh học 4B1;
- hoạt chất hóa học 4C2;
- hoạt chất cơ học 4S3;
- điều kiện về cơ 4M4;

Đối với máy biến áp được thiết kế để lắp đặt trong nhà, có thể không áp dụng một vài điều kiện trong số các điều kiện môi trường này.

5 Thông số đặc trưng và yêu cầu chung

5.1 Công suất danh định

5.1.1 Quy định chung

Công suất danh định đối với từng cuộn dây phải được quy định bởi người mua hoặc người mua phải cung cấp đủ thông tin cho nhà chế tạo để quyết định công suất danh định tại thời điểm yêu cầu.

Máy biến áp phải có công suất danh định được xác định cho từng cuộn dây, công suất này phải được ghi trên tấm thông số đặc trưng. Công suất danh định ứng với phụ tải liên tục. Đó là giá trị chuẩn để bảo đảm và cho các thử nghiệm liên quan đến tổn hao có tải và độ tăng nhiệt.

Nếu ấn định giá trị công suất biểu kiến khác nhau trong các trường hợp khác nhau, ví dụ như có các phương pháp làm mát khác nhau, thì giá trị cao nhất của các giá trị này là công suất danh định.

Máy biến áp hai cuộn dây chỉ có một giá trị công suất danh định, giống nhau ở cả hai cuộn dây.

Đối với máy biến áp nhiều cuộn dây, người mua phải chỉ ra các phối hợp công suất-phụ tải yêu cầu, công bố, công suất tác dụng và công suất phản kháng, khi cần thiết.

Khi máy biến áp có điện áp danh định đặt vào cuộn dây sơ cấp và dòng điện danh định chạy qua các đầu nối của cuộn dây thứ cấp thì máy biến áp có công suất danh định ứng với cặp cuộn dây đó.

Khi làm việc liên tục, máy biến áp phải có khả năng mang công suất danh định (đối với máy biến áp nhiều cuộn dây: (các) tổ hợp quy định của (các) công suất danh định của cuộn dây) trong các điều kiện liệt kê ở Điều 4 và không vượt quá giới hạn tăng nhiệt quy định trong TCVN 6306-2 (IEC 60076-2) đối với máy biến áp ngâm trong chất lỏng.

CHÚ THÍCH 1: Công suất danh định theo điều này được hiểu là giá trị của công suất biểu kiến đưa vào máy biến áp bao gồm cả sự tiêu thụ công suất tác dụng và công suất phản kháng của bản thân máy biến áp đó. Công suất biểu kiến mà máy biến áp cung cấp cho mạch điện nối với đầu nối của cuộn dây thứ cấp khi mang tải danh định là khác với công suất danh định. Điện áp trên các đầu nối thứ cấp là khác với điện áp danh định do cá sụt áp (hoặc tăng áp) trên máy biến áp. Mức sụt áp cho phép có xét đến hệ số công suất có tải được nêu trong quy định kỹ thuật về điện áp danh định và dải điều chỉnh (xem Điều 7 của IEC 60076-8:1997).

Trong thực tế có thể có thêm các giá trị khác.

CHÚ THÍCH 2: Đối với máy biến áp nhiều cuộn dây, một nửa tổng số học của các giá trị công suất danh định của tất cả các cuộn dây (các cuộn dây riêng rẽ, không được nối theo kiểu tự ngẫu) cho phép ước lượng sơ bộ về kích thước vật lý so với máy biến áp hai cuộn dây.

5.1.2 Giá trị ưu tiên của công suất danh định

Đối với máy biến áp có công suất đến 20 MVA, ưu tiên chọn các giá trị của công suất danh định trong dãy R10 của ISO 3:1973), Số ưu tiên – dãy số ưu tiên.

(...100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1 000, v.v...) kVA.

CHÚ THÍCH: Trong thực tế có thể có thêm các giá trị khác.

5.1.3 Công suất tối thiểu ở chế độ làm mát khác

Trong trường hợp người sử dụng có yêu cầu đặc biệt đối với công suất tối thiểu ở chế độ làm mát đặc biệt, khác với chế độ làm mát dùng cho công suất danh định thì điều này phải được nêu trong bản yêu cầu.

Khi làm việc liên tục, máy biến áp phải có khả năng mang công suất danh định (đối với máy biến áp nhiều cuộn dây: (các) tổ hợp quy định của (các) công suất danh định của cuộn dây) trong các điều kiện liệt kê ở Điều 4 và không vượt quá giới hạn tăng nhiệt quy định trong TCVN 6306-2 (IEC 60076-2) đối với máy biến áp ngâm trong chất lỏng.

CHÚ THÍCH: Ví dụ về điều này khi máy biến áp được yêu cầu làm việc ở phần trăm nhỏ nhất riêng biệt của công suất danh định không có làm mát cường bức (ONAN) trong trường hợp cho mất nguồn tự dùng.

5.1.4 Mang tải quá công suất danh định

Trong một số trường hợp, máy biến áp và các thành phần linh kiện của nó phù hợp với tiêu chuẩn này có khả năng mang tải quá công suất danh định. Phương pháp để tính tải cho phép có thể xem trong IEC 60076-7 đối với máy biến áp ngâm trong chất lỏng và IEC 60076-12 đối với máy biến áp kiểu khô.

Người mua phải quy định tất cả các yêu cầu cụ thể đối với khả năng mang tải quá công suất danh định hoạt động ở nhiệt độ môi chất làm mát cao hơn hoặc giảm giới hạn độ tăng nhiệt trong bản yêu cầu và trong hợp đồng. Tất cả các thử nghiệm bổ sung hoặc phép tính được yêu cầu để kiểm tra sự phù hợp với các yêu cầu cụ thể này cũng phải được quy định.

CHÚ THÍCH 1: Tùy chọn này được dự kiến sử dụng riêng để đưa ra cơ sở để thiết kế và bảo hành liên quan đến tải khẩn cấp tạm thời của máy biến áp điện lực.

Sử xuyên, bộ điều chỉnh theo nắc, máy biến dòng điện và thiết bị phụ trợ khác phải được lựa chọn để không làm hạn chế khả năng mang tải của máy biến áp.

CHÚ THÍCH 2: Tiêu chuẩn liên quan IEC 60137 đối với sứ xuyên và IEC 60214-1 đối với bộ chuyển đổi nắc điều chỉnh nên được tham khảo đối với khả năng mang tải của các thành phần này.

CHÚ THÍCH 3: Không áp dụng các quy định này cho các máy biến áp sử dụng với mục đích đặc biệt, những máy biến áp này không cần khả năng mang tải quá công suất danh định. Đối với các máy biến áp này, nếu có các yêu cầu về khả năng như trên thì cần có quy định riêng.

5.2 Chế độ làm mát

Người sử dụng phải chỉ ra môi chất làm mát (không khí hoặc nước).

Nếu người sử dụng có yêu cầu cụ thể đối với (các) phương pháp làm mát hoặc thiết bị làm mát thì phải nêu rõ trong bản yêu cầu.

Đối với thông tin bổ sung, xem TCVN 6306-2 (IEC 60076-2).

5.3 Ngắt tải khỏi máy biến áp nối trực tiếp vào máy phát

Máy biến áp, được thiết kế để nối trực tiếp vào máy phát có thể rơi vào tình trạng bị ngắt tải thì phải chịu được 1,4 lần điện áp danh định trong 5 s tại các đầu nối của máy biến áp mà máy phát được nối vào.

5.4 Điện áp danh định và tần số danh định

5.4.1 Điện áp danh định

Người mua phải quy định điện áp danh định hoặc đối với các ứng dụng đặc biệt, người mua phải cung cấp đủ thông tin để nhà chế tạo quyết định điện áp danh định ở thời điểm yêu cầu.

Máy biến áp phải được ấn định điện áp danh định cho từng cuộn dây, điện áp danh định phải được ghi trên tấm thông số.

5.4.2 Tần số danh định

Người mua phải quy định tần số danh định để có tần số không gây nhiễu thông thường của lưới điện.

Tần số danh định là cơ sở cho các giá trị được bảo đảm, ví dụ như tổn hao, trở kháng và độ ôn.

5.4.3 Làm việc ở điện áp cao hơn điện áp danh định và/hoặc ở tần số khác tần số danh định

Phương pháp để quy định giá trị điện áp danh định thích hợp và dải điều chỉnh thích hợp với một loạt các trường hợp phụ tải (công suất phụ tải, hệ số công suất, tương ứng với điện áp làm việc pha-pha) được quy định trong IEC 60076-8.

Trong phạm vi các giá trị quy định của U_m , đối với các cuộn dây của máy biến áp, máy biến áp phải có khả năng vận hành liên tục tại công suất danh định mà không bị hỏng trong các điều kiện 'bão hòa từ' trong trường hợp tỷ số của điện áp trên tần số (V/Hz) vượt quá tỷ số tương ứng tại điện áp danh định và tần số danh định không quá 5 %, nếu không có quy định nào khác của người mua.

Ở chế độ không tải, máy biến áp phải có khả năng vận hành liên tục tại V/Hz bằng 110 % V/Hz danh định.

Ở dòng điện K lần dòng điện danh định của máy biến áp ($0 \leq K \leq 1$), phải giới hạn bão hòa từ theo công thức sau:

$$\frac{U}{U_r} \frac{f_r}{f} \times 100 \leq 110 - 5K \quad (\%)$$

Nếu máy biến áp được cho vận hành ở V/Hz vượt quá các giá trị được nêu ở trên thì người mua phải chỉ rõ điều này trong bản yêu cầu.

5.5 Quy định về điều kiện làm việc không bình thường

Người mua phải chỉ rõ trong bản yêu cầu các điều kiện làm việc không nằm trong điều kiện làm việc bình thường. Ví dụ về các điều kiện này là:

- nhiệt độ môi chất làm mát bên ngoài nằm ngoài các giới hạn được quy định ở 4.2;
- thông gió bị hạn chế;
- độ cao so với mực nước biển vượt quá giới hạn được quy định ở 4.2;
- khói và hơi có hại;
- hơi nước;
- độ ẩm vượt quá giới hạn được quy định ở 4.2;
- nước nhỏ giọt;
- nhiễm mặn;
- bụi quá mức và bụi bão mòn;

- thành phần sóng hài cao của dòng điện tải vượt quá các yêu cầu của 4.2;
- méo dạng sóng điện áp nguồn vượt quá giới hạn của 4.2;
- quá độ do chuyển mạch tần số cao không bình thường, xem Điều 13;
- dòng điện một chiều xếp chồng;
- khả năng động đất đòi hỏi sự xem xét đặc biệt khác về thiết kế, xem 4.2;
- chấn động và rung về cơ quá mức;
- bức xạ mặt trời;
- sự gián đoạn cấp điện xảy ra quá 24 lần mỗi năm;
- ngắn mạch thường xuyên liên tục;
- V/Hz vượt quá giá trị của 5.4.3 ở trên;
- nếu máy biến áp tăng áp dùng cho máy phát được thiết kế để sử dụng ở chế độ hồi tiếp khi không được nối với máy phát không có bảo vệ trên phía điện áp thấp hơn;
- bảo vệ ăn mòn, theo loại hệ thống lắp đặt và môi trường lắp đặt (xem 4.2), người mua cần chọn cấp bảo vệ theo ISO 12944 hoặc có thỏa thuận giữa người mua và nhà chế tạo;
- điều kiện loại bỏ tải đối với máy biến áp dùng cho máy phát khắc nghiệt hơn các điều kiện được cho ở 5.3 trên.

Yêu cầu kỹ thuật của máy biến áp để vận hành trong điều kiện không bình thường như vậy phải có sự thỏa thuận giữa nhà cung cấp và người mua.

Yêu cầu bổ sung, trong giới hạn được chỉ định, đối với thông số đặc trưng và thử nghiệm của máy biến áp được thiết kế cho các điều kiện không phải điều kiện làm việc bình thường được liệt kê trong Điều 4, ví dụ như nhiệt độ cao của không khí làm mát hoặc độ cao so với mức nước biển cao hơn 1 000 m được nêu trong TCVN 6306-2 (IEC 60076-2).

5.6 Điện áp cao nhất dùng cho thiết bị U_m và mức thử nghiệm điện môi

Đối với đầu nối pha, nếu không có quy định nào khác của người mua, U_m phải được lấy là giá trị thấp nhất nhưng lớn hơn điện áp danh định của từng cuộn dây đã cho trong TCVN 6306-3 (IEC 60076-3).

Đối với các cuộn dây của máy biến áp có điện áp cao nhất dùng cho thiết bị, lớn hơn ($>$) 72,5 kV thì người mua phải chỉ rõ, trong khi vận hành, cho dù đầu nối trung tính bất kỳ dùng cho cuộn dây cần được nối đất trực tiếp hay không, nếu không, người mua phải quy định U_m dùng cho đầu nối trung tính.

Nếu không có quy định nào khác của người mua, mức thử nghiệm điện môi phải được lấy là giá trị ứng dụng thấp nhất theo U_m , đã cho trong TCVN 6306-3 (IEC 60076-3).

5.7 Thông tin bổ sung được quy định trong bản yêu cầu

5.7.1 Phân loại máy biến áp

Người sử dụng phải quy định loại máy biến áp, ví dụ như, máy biến áp có cuộn dây riêng rẽ, máy biến áp tự ngẫu hoặc máy biến áp nối tiếp.

5.7.2 Cách đấu nối cuộn dây và số pha

Người sử dụng quy định cách đấu nối cuộn dây theo yêu cầu phù hợp với ký hiệu cho trong Điều 7 để phù hợp với ứng dụng.

Nếu cuộn dây ổn định nối tam giác được yêu cầu thì người mua phải quy định cuộn dây này. Đối với máy biến áp được nối sao-sao hoặc máy biến áp tự ngẫu, nếu thiết kế có mạch từ kín cho từ thông thứ tự không và không quy định cuộn dây nối tam giác thì yêu cầu phải được thảo luận giữa nhà chế tạo và người mua (xem IEC 60076-8).

CHÚ THÍCH: Mạch từ kín dùng cho từ thông thứ tự không có trong máy biến áp dạng bọc, và trong máy biến áp dạng trục có một trục hoặc các lõi không có dây quấn.

Nếu có các yêu cầu về giới hạn cao và thấp đối với trở kháng thứ tự không thì người mua nêu rõ yêu cầu này và yêu cầu này có thể ảnh hưởng đến kết cấu của trục và yêu cầu của cuộn dây nối tam giác. Nếu các yêu cầu về thứ tự không đưa ra việc sử dụng cuộn dây nối tam giác mà không trực tiếp được quy định bởi người mua thì nhà chế tạo phải nêu rõ điều này trong hồ sơ đấu thầu.

Nếu không có quy định về cuộn dây nối tam giác thì nhà chế tạo máy biến áp không được sử dụng cuộn dây thử nghiệm nối tam giác trừ khi đã được thỏa thuận đặc biệt với người mua.

Nếu có yêu cầu đặc biệt đối với tổ máy biến áp một pha hoặc máy biến áp ba pha thì phải được quy định bởi người sử dụng; mặt khác nhà chế tạo phải nêu rõ trong hồ sơ đấu thầu về loại máy biến áp cần được cung cấp.

5.7.3 Độ ồn

Trong trường hợp người mua có yêu cầu cụ thể đối với độ ồn tối đa được bảo đảm thì yêu cầu phải được đưa ra trong bản yêu cầu và nên được biểu diễn bằng mức công suất âm thanh.

Nếu không có quy định nào khác thì độ ồn phải được lấy là độ ồn khi không tải với tất cả thiết bị làm mát cần thiết để đạt được công suất danh định khi vận hành. Nếu quy định chế độ làm mát khác (xem 5.1.3) thì độ ồn đối với từng chế độ khác nhau có thể được quy định bởi người mua và nếu được quy định thì phải được đảm bảo bởi nhà chế tạo và được đo trên thử nghiệm.

Độ ồn trong khi làm việc bị ảnh hưởng bởi dòng điện tải (xem IEC 60076-10). Nếu người mua yêu cầu thử nghiệm phép đo độ ồn của dòng điện tải hoặc sự đảm bảo của độ ồn tổng của máy biến áp, kể cả độ ồn khi mang tải, thì điều này phải được nêu trong bản yêu cầu.

Độ ồn được đo trong thử nghiệm theo IEC 60076-10 không được vượt quá độ ồn tối đa được đảm bảo. Độ ồn tối đa được đảm bảo là giới hạn không có dung sai.

5.7.4 Vận chuyển

5.7.4.1 Giới hạn vận chuyển

Nếu áp dụng các giới hạn về kích thước và khối lượng vận chuyển thì giới hạn này phải được nêu trong bản yêu cầu.

Nếu áp dụng các điều kiện đặc biệt khác trong quá trình vận chuyển thì các điều kiện này phải được nêu trong bản yêu cầu. Điều này có thể bao gồm sự hạn chế khi vận chuyển có chất lỏng cách điện hoặc các điều kiện môi trường khác có thể xảy ra trong quá trình vận chuyển hoặc các điều kiện được dự kiến trong quá trình làm việc.

5.7.4.2 Gia tốc vận chuyển

Máy biến áp phải được thiết kế và chế tạo để chịu được gia tốc không đổi tối thiểu bằng gia tốc trọng trường ở tất cả các hướng (ngoài gia tốc do trọng lực theo hướng thẳng đứng) mà không bị hỏng, được chứng minh bằng các tính toán lực tĩnh dựa trên giá trị gia tốc không đổi.

Nếu việc vận chuyển không thuộc trách nhiệm của nhà chế tạo và gia tốc vượt quá gia tốc trọng trường có khả năng xảy ra trong quá trình vận chuyển thì gia tốc và tần suất phải được xác định theo bản yêu cầu. Nếu khách hàng quy định gia tốc cao hơn thì nhà chế tạo phải chứng minh được sự phù hợp bằng cách tính toán.

Nếu máy biến áp được thiết kế để sử dụng như máy biến áp di động thì điều này phải được nêu rõ trong bản yêu cầu.

CHÚ THÍCH: Việc sử dụng bộ ghi va đập hoặc chấn động trong quá trình vận chuyển đối với máy biến áp kiểu lớn là thực tế chung.

5.8 Thành phần và vật liệu

Tất cả các thành phần và vật liệu được sử dụng trong kết cấu của máy biến áp phải phù hợp với yêu cầu của các tiêu chuẩn IEC liên quan trong trường hợp có các tiêu chuẩn này, nếu không phải được thỏa thuận hoặc quy định. Đặc biệt là sứ xuyên phải phù hợp với IEC 60137, bộ chuyển đổi nắc điều chỉnh phải phù hợp với IEC 60214-1 và chất lỏng cách điện phải phù hợp với IEC 60296 đối với dầu khoáng hoặc theo thỏa thuận đối với chất lỏng khác.

6 Yêu cầu đối với máy biến áp có cuộn dây điều chỉnh

6.1 Quy định chung – Chỉ số dài điều chỉnh

Các điều dưới đây áp dụng cho máy biến áp mà trong đó chỉ có một trong các cuộn dây có nắc điều chỉnh.

Ở máy biến áp nhiều cuộn dây, các quy định này áp dụng cho tổ hợp giữa cuộn dây có nắc điều chỉnh với một trong số các cuộn dây không có nắc điều chỉnh.

Ở máy biến áp tự ngẫu, đôi khi nấc điều chỉnh được bố trí tại trung tính nghĩa là số lượng vòng dây hiệu quả được thay đổi đồng thời ở cả hai cuộn dây. Đối với các máy biến áp như vậy, các đặc trưng về nấc điều chỉnh phải được thỏa thuận. Các yêu cầu của điều này phải được sử dụng ở mức cao nhất có thể.

Nếu không có quy định khác, nấc điều chỉnh chính được đặt ở giữa dải điều chỉnh. Các nấc điều chỉnh khác được phân biệt bằng hệ số điều chỉnh của chúng. Số lượng nấc điều chỉnh và phạm vi biến thiên của tỷ số máy biến áp có thể được biểu diễn ở dạng rút gọn bằng các sai lệch hệ số điều chỉnh tính bằng phần trăm so với giá trị 100 (xem định nghĩa các thuật ngữ, điều 3.5).

Ví dụ: Một máy biến áp có nấc điều chỉnh trên cuộn dây 160 kV với dải điều chỉnh là $\pm 15\%$, có 21 nấc điều chỉnh, đặt đối xứng nhau quanh điện áp danh định, được thiết kế như sau:

$$(160 \pm 10 \times 1,5\%) / 66 \text{ kV}$$

Nếu dải điều chỉnh phân bố không đều quanh điện áp danh định, thì có thể biểu diễn như sau:

$$(160_{-8 \times 1,5\%}^{+12 \times 1,5\%}) / 66 \text{ kV}$$

Để thể hiện đầy đủ trên tấm thông số liên quan đến các nấc điều chỉnh riêng, xem Điều 8.

Một vài nấc điều chỉnh có thể là 'nấc điều chỉnh giảm công suất' do các hạn chế về điện áp hoặc dòng điện nấc điều chỉnh. Nấc điều chỉnh biên có sự hạn chế như trên gọi là 'nấc điều chỉnh điện áp lớn nhất' và 'nấc điều chỉnh dòng điện lớn nhất' (xem Hình 1a, Hình 1b và Hình 1c).

6.2 Điện áp nấc điều chỉnh – dòng điện nấc điều chỉnh. Các cấp tiêu chuẩn của điều chỉnh điện áp nấc điều chỉnh. Nấc điều chỉnh điện áp lớn nhất

Cách ký hiệu ngắn về dải điều chỉnh và nấc điều chỉnh chỉ ra khoảng biến thiên của tỷ số máy biến áp. Nhưng các giá trị xác định của đại lượng nấc điều chỉnh không được xác định đầy đủ chỉ bằng cách ghi này. Cần có các thông tin bổ sung. Các thông tin này có thể được lấy từ bảng ghi công suất, điện áp và dòng điện nấc điều chỉnh cho mỗi nấc điều chỉnh hoặc bằng dòng chữ, chỉ ra 'cấp điều chỉnh điện áp' và giới hạn có thể của dải điều chỉnh trong đó các nấc điều chỉnh là 'nấc điều chỉnh công suất đầy đủ'.

Các cấp điều chỉnh điện áp nấc điều chỉnh được xác định như sau:

a) Điều chỉnh điện áp từ thông không đổi (CFVV).

Điện áp nấc điều chỉnh trong bất kỳ cuộn dây nào không có nấc điều chỉnh là không đổi khi chuyển đổi nấc điều chỉnh. Các điện áp nấc điều chỉnh trong cuộn dây có nấc điều chỉnh tỷ lệ thuận với hệ số điều chỉnh. Xem Hình 1a.

b) Điều chỉnh điện áp từ thông biến thiên (VFVV)

Điện áp nấc điều chỉnh trong các cuộn dây có nấc điều chỉnh là không đổi khi chuyển đổi nấc điều chỉnh. Các điện áp nấc điều chỉnh trong cuộn dây không có nấc điều chỉnh tỷ lệ nghịch với hệ số điều chỉnh. Xem Hình 1b.

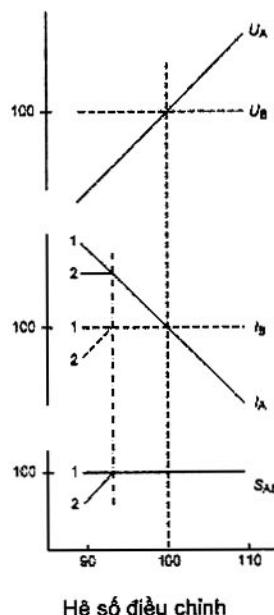
c) Điều chỉnh điện áp tổ hợp (CbVV)

Trong nhiều ứng dụng và đặc biệt đối với máy biến áp có dải điều chỉnh rộng, sự tổ hợp được quy định sử dụng cả hai nguyên tắc trên áp dụng cho các phần khác nhau của dải điều chỉnh gọi là điều chỉnh điện áp tổ hợp (CbVV). Điểm chuyển đổi gọi là 'nấc điều chỉnh điện áp lớn nhất'. Đối với hệ thống này, áp dụng các điều sau:

CFVV áp dụng cho các nấc điều chỉnh có hệ số điều chỉnh thấp hơn hệ số điều chỉnh điện áp lớn nhất.

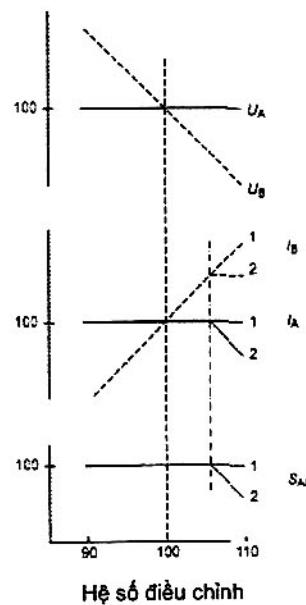
VFVV áp dụng cho các nấc điều chỉnh có hệ số điều chỉnh cao hơn hệ số điều chỉnh điện áp lớn nhất.

Xem Hình 1c.



Hình 1a – Điều chỉnh điện áp từ thông không đổi (CFVV)

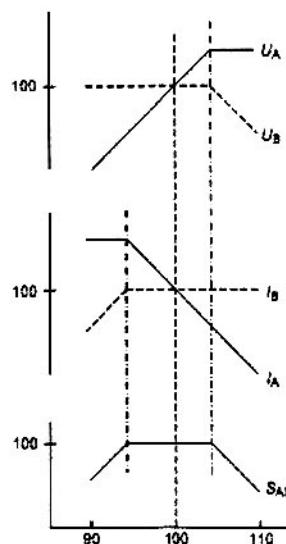
Thể hiện nấc điều chỉnh dòng điện lớn nhất tùy chọn



Hệ số điều chỉnh

Hình 1b – Điều chỉnh điện áp từ thông biến thiên (VFVV)

Thể hiện nắc điều chỉnh dòng điện lớn nhất tùy chọn



Hệ số điều chỉnh

Hình 1c – Điều chỉnh điện áp tổ hợp (CbVV)

Điểm chuyển đổi được thể hiện trong dài điều chỉnh cộng. Nó tương ứng với cả nắc điều chỉnh điện áp lớn nhất (U_A) và nắc điều chỉnh dòng điện lớn nhất (I_B không đổi và không tăng quá điểm chuyển đổi). Ngoài ra còn thể hiện cả nắc điều chỉnh dòng điện lớn nhất tùy chọn (trong dài CFVV).

CHÚ ĐÃN cho Hình 1a, Hình 1b và Hình 1c:

U_A, I_A	điện áp và dòng điện nắc điều chỉnh trong cuộn dây có nắc điều chỉnh.
U_B, I_B	điện áp và dòng điện nắc điều chỉnh trong cuộn dây không có nắc điều chỉnh.
S_{AB}	công suất nắc điều chỉnh.
Abscissa	hệ số điều chỉnh, tính theo phần trăm (chỉ số tương đương của số vòng hiệu quả trong cuộn dây có nắc điều chỉnh).
1	chỉ các nắc điều chỉnh có công suất đầy đủ trên toàn bộ dải điều chỉnh.
2	chỉ 'nắc điều chỉnh điện áp lớn nhất', 'nắc điều chỉnh dòng điện lớn nhất' và dải điều chỉnh công suất giảm.

Hình 1 – Các kiểu điều chỉnh điện áp khác nhau**6.3 Công suất nắc điều chỉnh. Các nắc điều chỉnh công suất đầy đủ – các nắc điều chỉnh công suất giảm**

Phải áp dụng yêu cầu dưới đây trừ khi điện áp và dòng điện ở mỗi nắc điều chỉnh được quy định khác.

Tất cả các nắc điều chỉnh phải là các nắc điều chỉnh công suất đầy đủ, có nghĩa là dòng điện nắc điều chỉnh danh định ở mỗi nắc điều chỉnh phải là công suất danh định được chia cho điện áp nắc điều chỉnh danh định ở từng nắc, trừ các nắc điều chỉnh có quy định dưới đây.

Ở các máy biến áp cuộn dây riêng biệt công suất đến và bằng 2 500 kVA có dải điều chỉnh không quá $\pm 5\%$, dòng điện nắc điều chỉnh danh định tại tất cả các nắc điều chỉnh giảm phải bằng dòng điện nắc điều chỉnh danh định tại nắc điều chỉnh chính. Điều này có nghĩa là nắc điều chỉnh chính là 'nắc điều chỉnh dòng điện lớn nhất'.

Ở các máy biến áp có dải điều chỉnh rộng hơn $\pm 5\%$, có thể quy định giới hạn về giá trị của điện áp và dòng điện nắc điều chỉnh nếu không thì các giá trị này có thể tăng hoặc giảm danh định một cách đáng kể. Khi các giới hạn này được quy định thì các nắc điều chỉnh liên quan sẽ là 'nắc điều chỉnh công suất giảm'. Điều khoản này quy định các cách bố trí này.

Khi hệ số điều chỉnh khác một, dòng điện nắc điều chỉnh đối với nắc điều chỉnh công suất đầy đủ có thể tăng quá dòng điện danh định ở một trong các cuộn dây. Như mô phỏng ở Hình 1a), hình này áp dụng cho nắc điều chỉnh giảm, trên cuộn dây có nắc điều chỉnh, loại CFVV, và đối với các nắc điều chỉnh tăng trên cuộn dây không có nắc điều chỉnh loại VFVV (Hình 1b)). Để hạn chế việc tăng cường tương ứng cho cuộn dây đang xét, có thể quy định nắc điều chỉnh dòng điện lớn nhất. Xuất phát từ nắc điều chỉnh này, các giá trị về dòng điện nắc điều chỉnh của cuộn dây phải giữ không đổi. Điều này có nghĩa là nắc điều chỉnh còn lại cho đến nắc điều chỉnh ngoài cùng là các nắc điều chỉnh công suất giảm (xem Hình 1a), Hình 1b) và Hình 1c)).

Nếu không có quy định nào khác thì trong loại CbVV, "nấc điều chỉnh điện áp lớn nhất", điểm chuyển đổi giữa CFVV và VFVV phải ở cùng thời điểm 'nấc điều chỉnh dòng điện lớn nhất'. Điều này có nghĩa là dòng điện của cuộn dây không có nấc điều chỉnh được giữ không thay đổi đến nấc điều chỉnh tăng cao nhất (Hình 1c).

6.4 Quy định đối với các nấc điều chỉnh trong bản yêu cầu và đơn đặt hàng

6.4.1 Quy định chung

Người mua phải chỉ định các yêu cầu đối với nấc điều chỉnh theo 6.4.2 hoặc 6.4.3.

Người mua phải chỉ định nếu như bộ chuyển đổi nấc điều chỉnh hoặc các bộ chuyển đổi nấc điều chỉnh được thiết kế để vận hành khi mang tải hoặc khi ngắt điện.

Trong trường hợp điều chỉnh điện áp từ thông biến thiên VFVV được sử dụng, thì thường chỉ có khả năng đổi với hệ số thiết kế để phù hợp với hệ số quy định ở hai vị trí trên dải điều chỉnh. Người mua phải chỉ rõ trong trường hợp hệ số thiết kế phù hợp với hệ số được quy định, ví dụ các nấc điều chỉnh biên, nấc điều chỉnh chính và nấc điều chỉnh tối đa hoặc nấc điều chỉnh phụ và nấc điều chỉnh tối thiểu. Nếu không có quy định nào khác thì hai nấc điều chỉnh biên phải là hệ số để phù hợp.

CHÚ THÍCH: Điều 6.4.2 yêu cầu người sử dụng chỉ định cuộn dây phải có nấc điều chỉnh và công suất nấc điều chỉnh cụ thể. Điều 6.4.3 chỉ ra toàn bộ các yêu cầu về điện áp và dòng điện và yêu cầu nhà chế tạo lựa chọn cuộn dây hoặc các cuộn dây phải có nấc điều chỉnh. Một yêu cầu kỹ thuật như vậy có thể dẫn đến sự đa dạng về thiết kế máy biến áp. IEC 60076-8 đưa ra chi tiết về các bố trí nấc điều chỉnh và tính điện áp rời.

6.4.2 Quy định về kết cấu

Các dữ liệu sau đây là cần thiết để xác định thiết kế của máy biến áp:

- cuộn dây phải có nấc điều chỉnh.
- số nấc và nấc điều chỉnh (hoặc dải điều chỉnh và số lượng nấc điều chỉnh). Nếu không có quy định khác thì giả thiết rằng dải điều chỉnh là đối xứng xung quanh nấc điều chỉnh chính và các nấc điều chỉnh của cuộn dây có nấc điều chỉnh là bằng nhau. Nếu vì một vài lý do mà thiết kế cuộn dây có các nấc điều chỉnh không bằng nhau, thì phải được chỉ ra trong hồ sơ mời thầu.
- cấp điện áp điều chỉnh và nếu áp dụng điều chỉnh tố hợp thì phải có điểm chuyển đổi ('nấc điều chỉnh điện áp lớn nhất', xem 6.2).
- giới hạn dòng điện lớn nhất (nấc điều chỉnh công suất giảm) có áp dụng không, và nếu có thì phải chỉ ra áp dụng cho các nấc điều chỉnh nào.

Các mục c) và d) có thể thay bằng một bảng cùng loại như sử dụng trên tấm thông số đặc trưng cho thuận tiện (xem ví dụ trong Phụ lục B).

6.4.3 Quy định về chức năng

Quy định kỹ thuật loại này nhằm cho phép người mua chỉ định các yêu cầu hoạt động và không chỉ ra cấp điều chỉnh điện áp hoặc cuộn dây phải có nấc điều chỉnh.

Quy định kỹ thuật này không áp dụng cho máy biến áp cuộn dây riêng biệt có công suất đến và bằng 2 500 kVA có dải nắc điều chỉnh không vượt quá $\pm 5\%$.

Ngoài điện áp danh định và công suất danh định được chỉ ra ở Điều 5, người mua phải đưa ra thông tin sau trong bản yêu cầu:

a) Hướng của luồng công suất (có thể là cả hai hướng)

b) Số nắc điều chỉnh và kích cỡ của nắc điều chỉnh được biểu diễn bằng phần trăm của điện áp danh định ở nắc điều chỉnh chính. Nếu dải điều chỉnh không đối xứng xung quanh nắc điều chỉnh chính thì điều này phải được chỉ ra. Nếu các nắc điều chỉnh không bằng nhau trên dải thì phải được chỉ ra.

CHÚ THÍCH 1: Điều này có thể là để cho dải điều chỉnh và số nắc là quan trọng hơn việc đạt được điện áp chính xác ở nắc điều chỉnh chính. Trong trường hợp này, dải điều chỉnh và số nắc có thể được quy định. Ví dụ: +5 % đến -10 % ở 11 bước.

c) Điện áp thay đổi đối với mục đích xác định điện áp nắc điều chỉnh danh định.

CHÚ THÍCH 2: Điện áp nắc điều chỉnh danh định là cần thiết để xác định cơ sở trở kháng đối với từng nắc điều chỉnh. Trong trường hợp chấp nhận quy định về chức năng thì có thể không sử dụng điện áp nắc điều chỉnh danh định để xác định công suất nắc điều chỉnh danh định.

d) Yêu cầu bắt kỳ đối với việc cố định tỷ lệ vòng dây giữa hai cuộn dây cụ thể trên máy biến áp có nhiều hơn hai cuộn dây.

e) Hệ số công suất tải đầy đủ tối thiểu (hệ số này ảnh hưởng đến điện áp rời của máy biến áp).

f) Nắc điều chỉnh bắt kỳ hoặc dải điều chỉnh có thể là nắc điều chỉnh công suất giảm.

Nhà chế tạo phải lựa chọn cách bố trí các cuộn dây, cuộn hay hoặc các cuộn dây có nắc điều chỉnh. Máy biến áp phải có khả năng cung cấp dòng điện danh định trên cuộn dây thứ cấp ở tất cả các vị trí nắc điều chỉnh phù hợp với các điều kiện hoạt động ở trên, mà không vượt quá yêu cầu độ tăng nhiệt được chỉ định trong TCVN 6306-2 (IEC 60076-2).

Máy biến áp phải được thiết kế để chịu được điện áp và từ thông phát sinh do các điều kiện mang tải quy định ở trên mà không bị hỏng (kể cả tắt cả các điều kiện quá tải quy định). Tính toán cho thấy rằng điều kiện này thỏa mãn phải được cung cấp cho người mua theo yêu cầu.

Ví dụ được đưa ra trong Phụ lục B (ví dụ 4).

Ngoài ra, bên sử dụng có thể đưa ra một loạt các trường hợp về phụ tải với các giá trị công suất tác dụng và công suất phản kháng (chỉ rõ hướng của dòng công suất), và điện áp có tải tương ứng. Các trường hợp này nên chỉ ra giá trị cao nhất của tỷ số điện áp ở công suất đầy đủ và giảm (xem 'phương pháp sáu thông số' của IEC 60076-8). Dựa trên các thông tin đó nhà chế tạo sẽ chọn cuộn dây có nắc điều chỉnh và quy định các đại lượng danh định và đại lượng điều chỉnh trong đề nghị gọi thầu. Phải đạt được thỏa thuận giữa nhà chế tạo và người mua về thiết kế của các đại lượng nắc điều chỉnh.

6.5 Quy định về trở kháng ngắn mạch

Đối với máy biến áp không có nắc điều chỉnh điện áp lớn hơn $\pm 5\%$ so với nắc điều chỉnh chính, trở kháng ngắn mạch của cặp cuộn dây chỉ được quy định tại nắc điều chỉnh chính, dưới dạng ôm cho mỗi pha hoặc dưới dạng tỷ lệ phần trăm z được qui về công suất danh định và điện áp danh định của máy biến áp (xem 3.7.1). Ngoài ra, trở kháng có thể được quy định theo một trong các phương pháp dưới đây.

Đối với máy biến áp có cuộn dây có nắc điều chỉnh điện áp vượt quá $\pm 5\%$ so với nắc điều chỉnh chính, giá trị trở kháng được biểu diễn là Z hoặc z phải được quy định đối với điều chỉnh chính và (các) điều chỉnh biên vượt quá 5 %. Trên các máy biến áp này, các giá trị của trở kháng cũng được đo trong quá trình trở kháng ngắn mạch và thử nghiệm tổn hao có tải (xem 11.4) và phải tuân thủ đúng sai cho trong Điều 10. Nếu trở kháng được tính bằng tỷ lệ phần trăm z thì nó phải được qui về điện áp nắc điều chỉnh danh định (tại nắc điều chỉnh đó) và công suất danh định của máy biến áp (tại nắc điều chỉnh chính).

CHÚ THÍCH 1: Cách chọn giá trị trở kháng của người sử dụng có thể dẫn đến các đòi hỏi mâu thuẫn nhau: giới hạn sụt áp mâu thuẫn giới hạn quá dòng điện trong các điều kiện sự cố hệ thống. Tối ưu kinh tế của thiết kế về mặt xét đến tổn hao dẫn đến một dãy giá trị trở kháng nhất định. Khi vận hành song song với máy biến áp đã có đòi hỏi phải có sự phù hợp trở kháng (xem Điều 6 của IEC 60076-8:1997).

CHÚ THÍCH 2: Nếu bắn yêu cầu không chỉ có quy định về trở kháng tại nắc điều chỉnh chính mà còn quy định cho cả sự biến thiên của nó suốt dài điều chỉnh thì điều này có nghĩa là có hạn chế khá quan trọng trong thiết kế (bố trí các cuộn dây có liên quan với nhau và kết cấu hình học của chúng). Yêu cầu kỹ thuật và thiết kế máy biến áp cũng cần tính đến các thay đổi lớn về trở kháng giữa các nắc điều chỉnh có thể làm giảm hoặc làm tăng quá mức ảnh hưởng của nắc điều chỉnh.

Trở kháng lớn nhất và nhỏ nhất khác dưới dạng z hoặc Z có thể quy định cho mỗi nắc điều chỉnh nằm trên toàn bộ dài điều chỉnh. Điều này có thể được thực hiện nhờ đồ thị hoặc bảng (Xem Phụ lục C) Các giới hạn biên phải ít nhất là đủ xa để cho phép dung sai hai phía của Điều 10 được áp dụng cho giá trị trung gian giữa chúng. Các giá trị đo được không được nằm ngoài giới hạn biên là các giới hạn không có sai số.

CHÚ THÍCH 3: Trở kháng lớn nhất và nhỏ nhất quy định cho phép dung sai trở kháng tối thiểu phải bằng với dung sai được cho ở Điều 10 nhưng trong trường hợp cần thiết có thể sử dụng dung sai chặt chẽ hơn theo thỏa thuận của nhà chế tạo và người mua.

CHÚ THÍCH 4: Dựa vào trở kháng trên điện áp nắc điều chỉnh danh định và công suất danh định của máy biến áp tại nắc điều chỉnh chính, nghĩa là mỗi liên hệ giữa ôm cho mỗi pha Z và tỷ lệ phần trăm của trở kháng z phải khác nhau đối với từng nắc điều chỉnh và cũng phụ thuộc vào cuộn dây có điều chỉnh điện áp quy định. Do đó cần lưu ý để đảm bảo rằng trở kháng quy định là chính xác. Điều này đặc biệt quan trọng đối với máy biến áp được quy định có công suất nắc điều chỉnh khác với công suất danh định tại nắc điều chỉnh chính.

6.6 Tốn hao có tải và độ tăng nhiệt

- a) Nếu dài điều chỉnh nằm trong phạm vi $\pm 5\%$ và công suất danh định không quá 2 500 kVA thì đảm bảo tốn hao có tải và độ tăng nhiệt chỉ liên quan đến nấc điều chỉnh chính, và thử nghiệm độ tăng nhiệt thực hiện trên nấc điều chỉnh đó.
- b) Nếu dài điều chỉnh quá $\pm 5\%$ hoặc công suất danh định trên 2 500 kVA, thì tốn hao được bảo đảm phải được chỉ ra trên vị trí nấc điều chỉnh chính, nếu không có quy định nào khác của người mua ở thời điểm yêu cầu. Nếu có yêu cầu như vậy thì ngoài nấc điều chỉnh chính phải chỉ ra đối với nấc điều chỉnh nào mà nhà chế tạo phải bảo đảm các tốn hao có tải. Các tốn hao có tải này ứng với các giá trị dòng điện nấc điều chỉnh liên quan. Giới hạn độ tăng nhiệt có hiệu lực cho tất cả các nấc điều chỉnh, tại công suất, điện áp, dòng điện nấc điều chỉnh thích hợp.

Thử nghiệm điển hình độ tăng nhiệt, nếu không có quy định nào khác, chỉ phải thực hiện trên một nấc điều chỉnh. Nếu không có thỏa thuận nào khác thì nấc điều chỉnh phải là 'nấc điều chỉnh dòng điện lớn nhất' (thường đó là nấc điều chỉnh có tốn hao tải cao nhất). Tổng tốn hao lớn nhất trên bất kì nấc điều chỉnh nào là công suất thử nghiệm để xác định độ tăng nhiệt của chất lỏng trong thử nghiệm độ tăng nhiệt, và dòng điện nấc điều chỉnh đối với nấc điều chỉnh đã chọn là dòng điện chuẩn để xác định độ tăng nhiệt của cuộn dây tăng cao hơn độ tăng nhiệt chất lỏng. Để biết các thông tin về các thử nghiệm và qui tắc liên quan đến độ tăng nhiệt của máy biến áp kiểu ngâm trong chất lỏng, xem TCVN 6306-2 (IEC 60076-2).

Về nguyên tắc, thử nghiệm điển hình về độ tăng nhiệt phải chứng tỏ rằng thiết bị làm mát là đủ để tản nhiệt dotổn hao tổng lớn nhất trên nấc điều chỉnh bất kì, và độ tăng nhiệt cao hơn nhiệt độ môi chất làm mát bên ngoài của cuộn dây bất kì, ở bất kỳ nấc điều chỉnh nào không vượt quá giá trị lớn nhất quy định.

CHÚ THÍCH 1: Đối với máy biến áp tự ngẫu, dòng điện lớn nhất ở cuộn dây nối tiếp và cuộn dây nối chung thường ở hai vị trí nấc điều chỉnh khác nhau. Do đó vị trí nấc điều chỉnh trung gian có thể được chọn đối với thử nghiệm để cho phép đáp ứng các yêu cầu của TCVN 6306-2 (IEC 60076-2) trên cả hai cuộn dây trong thử nghiệm tương tự.

CHÚ THÍCH 2: Đối với một số bố trí nấc điều chỉnh, cuộn dây nấc điều chỉnh không mang dòng điện ở vị trí nấc điều chỉnh dòng điện lớn nhất. Do đó, nếu độ tăng nhiệt của cuộn dây nấc điều chỉnh cần được xác định, có thể lựa chọn nấc điều chỉnh khác hoặc có thể thỏa thuận thử nghiệm thêm.

7 Ký hiệu đầu nối và độ lệch pha

7.1 Ký hiệu đầu nối và độ lệch pha đối với máy biến áp ba pha và máy biến áp một pha được nối trong tổ máy ba pha

7.1.1 Ký hiệu đầu nối

Kiểu nối sao, tam giác hoặc ziczac của bộ các cuộn dây pha của máy biến áp ba pha hoặc các cuộn dây có cùng điện áp của các máy biến áp một pha kết hợp thành tổ máy biến áp ba pha, được chỉ ra

bằng các chữ in hoa Y, D hoặc Z đối với cuộn dây điện áp cao (HV) và chữ nhỏ y, d hoặc z đối với cuộn dây điện áp trung gian hoặc cuộn dây điện áp thấp (LV).

Nếu điểm trung tính của cuộn dây nối sao hoặc nối ziczac được đưa ra ngoài phải đánh dấu là YN (yn) hoặc ZN (zn) tương ứng. Điều này cũng áp dụng cho máy biến áp mà trong đó đầu nối trung tính dùng cho từng cuộn dây pha được đưa ra riêng rẽ nhưng được nối cùng nhau để tạo điểm trung tính trong khi làm việc.

Đối với cặp cuộn dây nối tự ngẫu, ký hiệu của cuộn dây điện áp thấp được thay bằng chữ 'a'.

Cuộn dây hở trong máy biến áp ba pha (không được nối chung với nhau trong máy biến áp nhưng các đầu ra của mỗi cuộn dây pha được đưa ra các cực, ví dụ các cuộn dây pha nối tiếp và máy biến áp lệch pha) được đánh dấu là III (HV), hoặc iii (cuộn dây điện áp trung gian hoặc cuộn dây điện áp thấp).

Các ký hiệu bằng chữ dùng cho các cuộn dây khác nhau của máy biến áp được ghi lại theo thứ tự giảm dần của điện áp danh định không phụ thuộc vào luồng công suất được thiết kế. Chữ tương ứng với kiểu đấu nối của cuộn dây đối với cuộn dây điện áp thấp và điện áp trung gian bất kỳ được ghi ngay sau góc lệch pha 'chỉ số giờ' (xem định nghĩa 3.10.6).

Các ví dụ về tổ nối dây thông dụng cùng với sơ đồ đấu nối được chỉ ra ở Phụ lục D.

7.1.2 Ký hiệu độ lệch pha theo chỉ số giờ

Áp dụng ký hiệu quy ước sau.

Sơ đồ đấu nối thể hiện cuộn dây điện áp cao ở trên, và cuộn dây điện áp thấp ở dưới. (Hướng của điện áp cảm ứng được đặt trên phần cao hơn của cuộn dây như được chỉ ra trên Hình 2.)

Sơ đồ vectơ cuộn dây điện áp cao hướng theo pha I chỉ 12 h. Vectơ của pha I của cuộn dây điện áp thấp hướng theo quan hệ điện áp cảm ứng sinh ra từ cách đấu nối trên. Ký hiệu chỉ số giờ là giờ trên điểm điện áp thấp.

Chiều quay của sơ đồ vectơ ngược chiều kim đồng hồ, theo thứ tự I-II-III.

CHÚ THÍCH: Cách đánh số này là tùy chọn. Ghi nhãn các đầu nối trên máy biến áp theo thói quen của từng nước. Có thể xem hướng dẫn ở IEC/TR 60616.

Cuộn dây hở mạch không có ký hiệu chỉ số giờ do mối quan hệ pha của các cuộn dây này với các cuộn dây khác phụ thuộc vào đấu nối bên ngoài.

7.1.3 Cuộn dây không được thiết kế để mang tải

Khi có cuộn dây ổn định hoặc cuộn dây thử nghiệm (cuộn dây nối tam giác hoặc nối sao không có cực đưa ra cho phụ tải ba pha bên ngoài) được chỉ ra bằng ký hiệu '+d' hoặc '+y' cùng với cách đấu nối cuộn dây ngay sau ký hiệu của cuộn dây có thể mang tải, như ví dụ dưới đây:

Ký hiệu: YNa0+d. hoặc YNa0+y.

7.1.4 Cuộn dây có thê đấu nối lại

Nếu máy biến áp được quy định cách đấu nối thay đổi được thì điện áp ghép nối thay thế và cách đấu nối phải được ghi trong ngoặc đơn ngay sau cách đấu nối đã cho như được chỉ ra theo ví dụ dưới đây:

Nếu cuộn dây điện áp cao có thê là 220 kV hoặc 110 kV (điện áp kép) nhưng yêu cầu đấu nối sao cho cả hai điện áp này và máy biến áp được cho ở cấu hình 220 kV và cuộn dây điện áp thấp 10,5 kV được nối tam giác:

Ký hiệu: $\text{YNd}11 \quad 220 (110) / 10,5 \text{ kV}$

Nếu cuộn dây điện áp thấp có thê là 11 kV ở đấu nối sao và 6,35 kV ở đấu nối tam giác và máy biến áp có cấu hình nối sao ở 11 kV và cuộn dây điện cao được nối sao 110 kV:

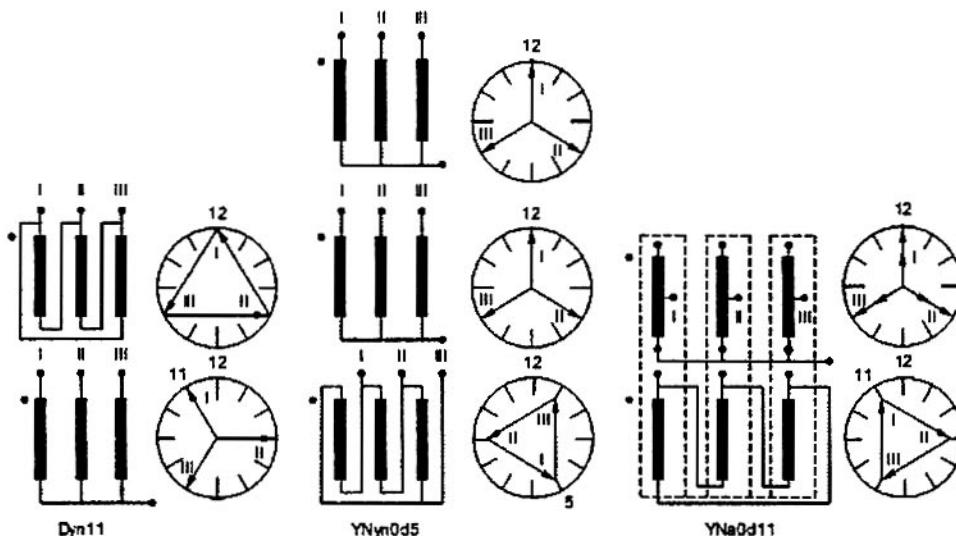
Ký hiệu: $\text{YNy}0 (\text{d}11) \quad 110 / 11 (6,35) \text{ kV}$

Nếu nhóm vectơ điện áp thấp LV có thê cấu hình lại mà không thay đổi điện áp danh định (11 kV ở ví dụ này) và máy biến áp được cho ở d11 và cuộn dây điện áp cao 110 kV được nối sao:

Ký hiệu: $\text{YNd}11 (\text{d}1) \quad 110 / 11 \text{ kV}$

7.1.5 Ví dụ

Ví dụ được thể hiện ở dưới và các biểu diễn hình học được thể hiện trên Hình 2 và Hình 3.



Hình 2 – Minh họa ký hiệu “chì số giờ”

- Máy biến áp có cuộn dây điện áp cao danh định 20 kV, nối tam giác. Cuộn dây điện áp thấp danh định 400 V nối sao có trung tính đưa ra ngoài. Cuộn dây điện áp thấp (LV) chập sau cuộn dây điện áp cao (HV) 330° .

Ký hiệu: Dyn11 20 000 / 400 V

- Máy biến áp ba cuộn dây có điện áp danh định của cuộn dây điện áp cao là 123 kV nối sao có trung tính đưa ra ngoài. Cuộn dây điện áp trung gian 36 kV nối sao có trung tính đưa ra ngoài, cùng pha với cuộn dây cao áp nhưng không nối tự ngẫu và cuộn dây thứ ba 7,2 kV nối tam giác, chặng sau 150°.

Ký hiệu: YNyn0d5 123 / 36 / 7,2 kV

- Một nhóm ba máy biến áp tự ngẫu một pha được thiết kế để cuộn dây điện áp cao 400 kV và cuộn dây điện áp trung gian 130 kV cùng cuộn dây thứ ba 22 kV. Các cuộn dây nối tự ngẫu được nối sao, trong khi đó cuộn dây thứ ba được nối tam giác. Cuộn dây nối tam giác chặng sau cuộn dây điện áp cao 330°.

Ký hiệu: YNa0d11 $\frac{400}{\sqrt{3}} / \frac{130}{\sqrt{3}} / 22$ kV

Nếu cuộn dây nối tam giác ba đầu nối pha không được đưa ra ngoài mà chỉ được dùng như cuộn dây ổn định thì ký hiệu phải chỉ ra điều này bằng dấu cộng. Không có ký hiệu lệch pha áp dụng cho cuộn dây ổn định.

Ký hiệu: YNa0+d $\frac{400}{\sqrt{3}} / \frac{130}{\sqrt{3}} / 22$ kV

Ký hiệu này cũng giống như máy biến áp tự ngẫu ba pha mà bên trong có cùng cách đấu nối, ngoại trừ ký hiệu điện áp. Xem ví dụ dưới đây.

- Máy biến áp tự ngẫu ba pha được thiết kế có cuộn dây điện áp cao 400 kV và cuộn dây điện áp trung gian 130 kV cùng cuộn dây thứ ba 22 kV. Các cuộn dây nối tự ngẫu được nối sao còn cuộn dây thứ ba được nối tam giác. Cuộn dây nối tam giác chặng hơn cuộn dây điện áp cao 330°.

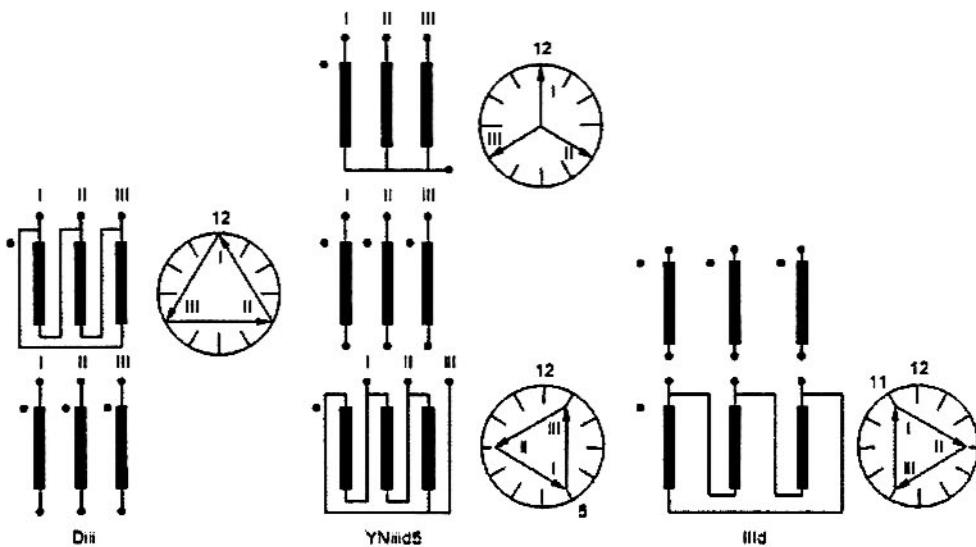
Ký hiệu: YNa0d11 400 / 130 / 22 kV

- Nếu cuộn dây nối tam giác ba đầu nối pha không được đưa ra ngoài mà chỉ được dùng như cuộn dây ổn định thì ký hiệu phải chỉ ra điều này bằng dấu cộng. Không có ký hiệu lệch pha áp dụng cho cuộn dây ổn định.

Ký hiệu: YNa0+d 400 / 130 / 22 kV

- Máy biến áp tăng áp dùng cho máy phát ba pha được thiết kế dùng cho mạng 20 kV và phía máy phát 8,4 kV. Cuộn dây nối đến máy phát được nối tam giác, còn cuộn dây phía lưới điện được nối sao. Cuộn dây nối tam giác chặng hơn cuộn dây điện áp cao 330°.

Ký hiệu: YNd11 20 / 8,4 kV



Hình 3 – Minh họa về ký hiệu ‘chỉ số giờ’ đối với máy biến áp có cuộn dây hở mạch

- Máy biến áp ba pha được thiết kế cho cuộn dây điện áp cao 20 kV nối tam giác và có cuộn dây hở mạch 10 kV.

Ký hiệu: Diii 20 / 10 kV

- Máy biến áp ba pha ba cuộn dây được thiết kế để cuộn dây điện áp cao 220 kV được nối sao có cuộn dây hở mạch 40 kV và cuộn dây thứ ba 10 kV được nối tam giác.

Ký hiệu YNiiid5 220 / 40 / 10 kV

- Máy biến áp nối tiếp ba pha được thiết kế cho mạng 400 kV và có cuộn dây kích thích 40 kV được nối tam giác.

Ký hiệu: IIId 400 / 40 kV

7.2 Ký hiệu về đấu nối và độ lệch pha đối với máy biến áp một pha không nằm trong tổ máy ba pha

7.2.1 Ký hiệu đấu nối

Cách đấu nối bộ các cuộn dây pha của máy biến áp một pha được chỉ thị bằng chữ cái in hoa I đối với cuộn dây điện áp cao (HV) và chữ nhỏ i đối với cuộn dây điện áp trung gian và điện áp thấp (LV).

Các ký hiệu bằng chữ dùng cho các cuộn dây khác nhau của máy biến áp được ghi lại theo thứ tự giảm dần của điện áp danh định, không phụ thuộc vào luồng công suất được thiết kế. Chữ tương ứng với kiểu đấu nối của cuộn dây điện áp trung gian và điện áp thấp bất kỳ được ghi ngay sau góc lệch pha ‘chỉ số giờ’ (xem định nghĩa 3.10.6).

Đối với cặp cuộn dây nối tự ngẫu, ký hiệu của cuộn dây điện áp thấp được thay bằng chữ cái a.

7.2.2 Ký hiệu độ lệch pha theo chỉ số giờ

Chỉ số giờ của máy biến áp một pha được xác định như đối với máy biến áp ba pha nhưng nếu cả hai cuộn dây ở cùng pha thì chỉ 0 h hoặc 6 h nếu hai cuộn dây ngược pha nhau.

7.2.3 Cuộn dây không được thiết kế để mang tải

Khi có cuộn dây thử nghiệm hoặc cuộn dây bỗng sung, không có cực đưa ra cho phụ tải bên ngoài, được chỉ ra bằng ký hiệu '+i' ngay sau ký hiệu của cuộn dây có thể mang tải, như ví dụ dưới đây:

Ký hiệu: li0+i

7.2.4 Cuộn dây có thể đấu nối lại

Nếu máy biến áp được quy định cách đấu nối có thể thay đổi được thì điện áp ghép nối thay thế và cách đấu nối phải được ghi trong ngoặc đơn ngay sau cách đấu nối được cho như được chỉ ra theo ví dụ dưới đây:

- Nếu cuộn dây điện áp cao có thể có điện áp 220 kV hoặc 110 kV (điện áp kép) nhưng có cùng cách đấu nối được quy định đối với cả hai điện áp

Ký hiệu: li0 220 (110) / 27,5 kV

- Nếu cuộn dây điện áp thấp có thể là 11 kV khi cả hai cuộn dây ở cùng pha và 5,5 kV khi hai cuộn dây ngược pha và máy biến áp được cho cấu hình cùng pha ở 11 kV và cuộn dây điện áp cao là 110 kV:

Ký hiệu: li0 (i6) 110 / 11 (5,5) kV

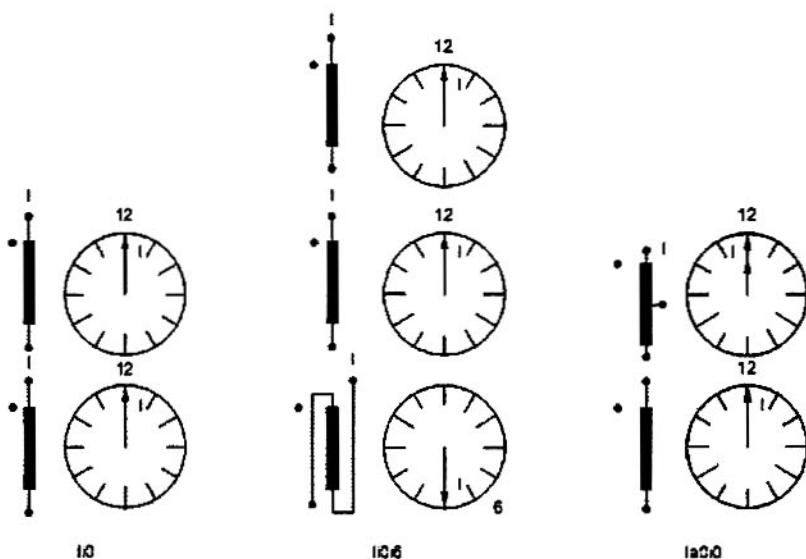
- Nếu nhóm vectơ điện áp thấp có thể cấu hình lại mà không thay đổi điện áp danh định (11 kV ở ví dụ này) và máy biến áp được cho ở i0 và cuộn dây điện áp cao 110 kV:

Ký hiệu: li0 (i6) 110 / 11 kV

Ví dụ

Ví dụ được biểu diễn dưới đây và một vài biểu đồ của chúng được thể hiện trên Hình 4.

Áp dụng các quy ước tương tự như trong Hình 2.

**Hình 4 – Minh họa về ký hiệu ‘chỉ số giờ’**

- Máy biến áp có cuộn dây điện áp cao danh định 20 kV, cuộn dây điện áp thấp có điện áp danh định 400 V, cuộn dây điện áp thấp có cùng pha với cuộn dây điện áp cao.

Ký hiệu: $i0$ $20\ 000 / 400\ V$

- Máy biến áp ba cuộn dây: có cuộn dây điện áp cao (HV) 123 kV, cuộn dây điện áp trung gian 36 kV, cùng pha với cuộn dây điện áp cao nhưng không được nối tự ngẫu và cuộn dây thứ ba 7,2 kV, chặng sau 180° .

Ký hiệu: $i0i6$ $123 / 36 / 7,2\ kV$

- Máy biến áp tự ngẫu một pha được thiết kế cho cuộn dây điện áp cao 400 kV và cuộn dây điện áp trung gian 130 kV cùng cuộn dây thứ ba 22 kV ở cùng pha

Ký hiệu: $ia0i0$ $400 / 130 / 22\ kV$

- Nếu cuộn dây thứ ba không được thiết kế để mang tải thì ký hiệu phải chỉ ra điều này bằng dấu cộng. Không có ký hiệu lệch pha áp dụng cho cuộn dây thứ ba.

Ký hiệu: $i0+i$ $400 / 130 / 22\ kV$

8 Tấm thông số

8.1 Quy định chung

Máy biến áp phải có tấm thông số đặc trưng làm bằng vật liệu chịu được thời tiết, gắn vào vị trí dễ thấy, chỉ ra các hạng mục phù hợp dưới đây. Các điều ghi trên tấm này phải không tẩy xóa được.

8.2 Thông tin cần cho mọi trường hợp

- a) Loại máy biến áp (ví dụ máy biến áp, máy biến áp tự ngẫu, máy biến áp nối tiếp, v.v...).
- b) Số hiệu tiêu chuẩn.
- c) Tên nhà chế tạo, quốc gia và thành phố mà máy biến áp được lắp ráp.
- d) Số seri của nhà chế tạo.
- e) Năm sản xuất.
- f) Số pha.
- g) Công suất danh định (tính bằng kVA hoặc MVA). (Đối với máy biến áp nhiều cuộn dây, phải nêu công suất danh định của mỗi cuộn dây. Tổ hợp phụ tải phải được chỉ ra trừ khi công suất danh định của một trong các cuộn dây là tổng công suất danh định của các cuộn dây khác).
- h) Tần số danh định (tính bằng Hz).
- i) Điện áp danh định (tính bằng V hoặc kV) và dải điều chỉnh.
- j) Dòng điện danh định (tính bằng A hoặc kA).
- k) Ký hiệu đầu nối độ lệch pha
- l) Trở kháng ngắn mạch, giá trị đo được tính bằng phần trăm. Đối với máy biến áp nhiều cuộn dây, phải nêu một số trở kháng cho tổ hợp khác nhau của hai cuộn dây với giá trị công suất chuẩn tương ứng. Đối với máy biến áp có cuộn dây có nấc điều chỉnh, xem thêm 6.5 và điểm b) của 8.3.
- m) Kiểu làm mát. (Nếu máy biến áp được quy định một số phương pháp làm mát, thì giá trị công suất tương ứng có thể biểu thị bằng phần trăm của công suất danh định, ví dụ ONAN/ONAF 70/100 %.)
- n) Khối lượng tổng.
- o) Khối lượng và loại chất lỏng cách điện tham khảo theo tiêu chuẩn liên quan.
- p) Công suất hoặc dòng điện ngắn mạch lớn nhất của hệ thống được sử dụng để xác định khả năng chịu đựng của máy biến áp nếu có giới hạn.

Nếu máy biến áp có từ hai bộ thông số đặc trưng trở lên, thì tùy thuộc vào các cách đấu nối khác nhau của cuộn dây cho phép cụ thể trong thiết kế, các thông số bổ sung phải được nêu trong tóm tắt thông số đặc trưng, hoặc các tóm tắt thông số đặc trưng riêng phải phù hợp cho mỗi trường hợp.

8.3 Thông tin bổ sung cần được nêu ra nếu áp dụng được

Thông tin được liệt kê dưới đây phải có trên tóm tắt thông số khi thông tin này áp dụng được cho máy biến áp đặc biệt.

- a) Đối với máy biến áp có một hoặc nhiều cuộn dây có 'điện áp cao nhất dùng cho thiết bị' U_m bằng hoặc lớn hơn 3,6 kV:

- cách ký hiệu ngắn của mức cách điện (điện áp chịu thử) như mô tả trong TCVN 6306-3 (IEC 60076-3).

b) Ánh định nắc điều chỉnh

- Đối với máy biến áp có điện áp danh định cao nhất nhỏ hơn hoặc bằng 72,5 kV và có công suất danh định nhỏ hơn hoặc bằng 20 MVA (ba pha) hoặc 6,7 MVA (một pha) có dải điều chỉnh không quá $\pm 5\%$, điện áp nắc điều chỉnh trên cuộn dây điều chỉnh đối với tất cả các nắc điều chỉnh.

c) Ánh định nắc điều chỉnh

- bằng công bố điện áp nắc điều chỉnh và điện áp nắc điều chỉnh làm việc lớn nhất cho phép, dòng điện nắc điều chỉnh, công suất nắc điều chỉnh và cách đấu nối bên trong đối với tất cả các nắc điều chỉnh
- bảng thể hiện giá trị trở kháng ngắn mạch đối với nắc điều chỉnh chính và ít nhất là các nắc điều chỉnh biên tinh bằng % theo công suất chuẩn.

d) Độ tăng nhiệt lớn nhất bảo đảm của điểm cao nhất của chất lỏng và cuộn dây (nếu không phải giá trị bình thường). Khi máy biến áp được thiết kế để lắp đặt ở độ cao so với mực nước biển là lớn thì độ cao so với mực nước biển, thông số công suất và độ tăng nhiệt ở độ cao so với mực nước biển này phải được chỉ ra trên tấm thông số cùng với một trong các thông tin dưới đây:

- Nếu máy biến áp được thiết kế để lắp đặt ở độ cao so với mực nước biển là lớn, độ tăng nhiệt (giảm bớt) đối với công suất danh định ở điều kiện nhiệt độ môi chất làm mát bên ngoài bình thường.
- Nếu máy biến áp được thiết kế cho điều kiện nhiệt độ môi chất làm mát bên ngoài bình thường, công suất danh định đối với độ tăng nhiệt được bảo đảm trong điều kiện nhiệt độ môi chất làm mát bên ngoài bình thường

e) Sơ đồ đấu nối (trong các trường hợp mà ký hiệu đấu nối không đưa ra đầy đủ thông tin cho cách đấu nối bên trong). Nếu cách đấu nối có thể thay đổi được bên trong máy biến áp, điều này phải được chỉ ra trong cùng tấm thông số, tấm thông số đặc trưng riêng hoặc với tấm thông số đặc trưng kép hoặc hai mặt. Phải chỉ ra cách đấu nối phù hợp khi giao nhận. Trong trường hợp điện trở hoặc cầu chì không tuyến tính được sử dụng bên trong máy biến áp thì vị trí và cách đấu nối thiết bị này phải được thể hiện trên sơ đồ đấu nối cùng ký hiệu các đầu nối. Các chỉ thị về máy biến dòng lắp trong phải được biểu diễn trên sơ đồ.

f) Khối lượng vận chuyển (nếu có sai lệch so với tổng khối lượng).

g) Khối lượng ruột máy (đối với các máy biến áp có tổng khối lượng lớn hơn 5 tấn).

h) Khả năng chịu độ chân không của thùng máy và của bình chứa dầu, bộ chuyển đổi nắc điều chỉnh và thiết bị làm mát.

- h) Đối với máy biến áp có nhiều cuộn dây, bất kì hạn chế nào đối với sự kết hợp công suất – tải.
- i) Đối với máy biến áp được trang bị bộ chỉ thị nhiệt độ cuộn dây (WTI), giá trị đặt cho từng WTI. Thông thường nó là chỉ thị độ lệch giữa nhiệt độ điểm nóng của cuộn dây ở công suất danh định và nhiệt độ cao nhất của chất lỏng tinh được từ kết quả thử nghiệm độ tăng nhiệt. Nếu quy định nhiều hơn một phương pháp làm mát thì có thể yêu cầu các chế độ đặt khác nhau cho từng phương pháp làm mát.
- j) Đối với tất cả các máy biến dòng được lắp đặt bên trong máy biến áp, vị trí, (các) tỷ số, cấp chính xác và công suất danh định (thông số VA) của máy biến dòng.
- k) Nhiệt độ tối thiểu của môi chất làm mát nếu nó không phải -5 °C đối với máy biến áp dùng trong nhà hoặc cũng không phải -25 °C đối với máy biến áp dùng ngoài trời.

Ngoài tầm thông số đặc trưng chính với các thông tin nêu trên, máy biến áp còn mang các tầm có đặc trưng và nhận dạng của các thiết bị phụ trợ theo các tiêu chuẩn cho các thiết bị này (sứ xuyên, bộ chuyển đổi theo nấc, máy biến dòng điện, thiết bị làm mát đặc biệt).

9 Yêu cầu về an toàn, môi trường và các yêu cầu khác

9.1 Yêu cầu về an toàn và môi trường

9.1.1 Rò rỉ chất lỏng

Nhà chế tạo máy biến áp phải xem xét việc ngăn chặn hiệu quả các chất lỏng của máy biến áp và đưa ra biện pháp hiệu quả để ngăn rò rỉ. Việc xem xét phải đưa ra được các hạng mục hoạt động dài hạn ví dụ như:

- thiết kế mối nối;
- vật liệu làm miếng đệm;
- hàn;
- ngăn ngừa ăn mòn.

Máy biến áp phải được thiết kế để không có rò rỉ và mọi rò rỉ được phát hiện tại chỗ ngay tại thời gian đầu quá trình đưa vào hoạt động phải được sửa chữa bởi nhà cung cấp có trách nhiệm.

9.1.2 Xem xét về an toàn

Nhà chế tạo phải xem xét sự an toàn của người vận hành và nhân viên bảo trì theo thiết kế máy biến áp cụ thể là các vấn đề sau:

- khả năng tiếp cận các bộ phận có nhiệt độ cao;
- khả năng tiếp cận bộ phận mang điện;
- khả năng tiếp cận bộ phận chuyển động;

- quy định về nâng hạ và vận chuyển;
- tiếp cận để bảo trì trong trường hợp yêu cầu bảo trì;
- làm việc ở độ cao.

Trong trường hợp quá trình lắp đặt có thể ảnh hưởng đến một trong các vấn đề nêu trên, phải cung cấp kết cấu lắp đặt phù hợp với máy biến áp.

CHÚ THÍCH: Tham khảo bộ ISO 14122, An toàn máy – Phương tiện cố định để tiếp cận máy, trong trường hợp thang, bàn thao tác và phương tiện tiếp cận tương tự được cung cấp cùng với máy biến áp.

9.2 Kích thước của đầu nối trung tính

Dây trung tính và đầu nối của máy biến áp được thiết kế để mang tải giữa dây pha và dây trung tính (ví dụ, máy biến áp phân phối) phải có kích thước phù hợp với dòng điện tải và dòng điện chạm đất (xem IEC 60076-8).

Dây trung tính và đầu nối trung tính của máy biến áp nếu không được thiết kế để mang tải thì giữa dây pha và trung tính phải được thiết kế để chịu được dòng điện chạm đất như thể máy biến áp được nối đất trực tiếp.

9.3 Hệ thống chứa chất lỏng

Đối với các máy biến áp ngâm trong chất lỏng, loại hệ thống chứa chất lỏng phải được quy định trong bản yêu cầu và đơn đặt hàng. Nếu không được qui định thì nhà chế tạo phải chỉ định hệ thống chứa chất lỏng trong hồ sơ thầu. Hệ thống chứa chất lỏng được chia thành các loại sau:

- Hệ thống thông hơi tự do hoặc hệ thống bảo toàn trong trường hợp có sự lưu thông tự do giữa không khí môi trường và không khí trên bề mặt lớp chất lỏng ở trong thùng máy hoặc trong bình dầu phụ riêng biệt (hệ thống bảo toàn). Bộ hút ẩm thường được lắp ở chỗ nối đến không khí bên ngoài.
- Hệ thống chứa chất lỏng kiểu màng chắn hoặc kiểu túi mềm khi có giãn nở về thể tích của không khí ở áp suất khí quyển bên trên lớp chất lỏng nhưng ngăn chặn tiếp xúc trực tiếp với chất lỏng bằng màng chắn dẻo hoặc bằng túi mềm. Bộ hút ẩm được lắp ở chỗ nối đến không khí bên ngoài.
- Hệ thống khí trơ có áp suất, trong đó thể tích giãn nở ở trên lớp chất lỏng chứa đầy khí trơ khô có áp suất dư yếu và được nối liền với một nguồn áp suất không chế được hoặc nối liền với một túi mềm đàn hồi.
- Hệ thống vỏ máy kín có một đệm khí, trong đó thể tích khí trên bề mặt lớp chất lỏng trong vỏ cứng hấp thụ sự giãn nở do thay đổi áp suất.
- Hệ thống kín đầy dầu, trong đó dầu giãn nở được chuyển động nhờ sự đàn hồi của vỏ máy thường xuyên kín, thông thường có hình lượn sóng hoặc của bộ tản nhiệt.

Kích cỡ của hệ thống bảo toàn hoặc giãn nở phải đủ để hấp thu sự thay đổi về thể tích chất lỏng từ nhiệt độ môi trường lạnh nhất khi máy biến áp bị ngắt điện đến nhiệt độ chất lỏng trung bình cao nhất

khi máy biến áp mang tải đến mức cao nhất được quy định theo hướng dẫn mang tải trong IEC 60076-7 đối với dầu khoáng hoặc như được quy định đối với chất lỏng làm mát khác.

CHÚ THÍCH: Cho phép có thay đổi về hệ số giãn nở nhiệt có thể xảy ra đối với các chất lỏng khác có cùng kiểu hệ thống chứa.

9.4 Dòng điện một chiều trong mạch điện trung tính

Máy biến áp có dây trung tính được nối đất có thể bị ảnh hưởng do dòng điện một chiều chạy qua dây trung tính. Ví dụ, dòng điện một chiều có thể được sinh ra từ:

- hệ thống kéo một chiều;
- hệ thống bảo vệ catôt;
- hệ thống chỉnh lưu;
- dòng điện cảm ứng địa từ (GIC).

Trong trường hợp máy biến áp phải chịu dòng điện một chiều ở dây trung tính thì độ dịch chuyển từ hóa một chiều của mạch từ sẽ được tạo ra. Dòng điện từ hóa trở nên không đối xứng một cách rõ ràng và có thành phần sóng hài cao. Kết quả có thể có là:

- tăng độ ồn;
- ròle hoạt động sai lệch và cơ cấu nhả bị lỗi;
- quá nhiệt do từ thông phụ;
- gia tăng đáng kể về dòng điện từ hóa;
- tăng tổn hao không tải.

Hiện tượng phụ thuộc vào khả năng của dòng điện một chiều để từ hóa lỗi và phụ thuộc vào thiết kế lỗi. Các ảnh hưởng của kết quả trên là chức năng của cường độ và khoảng thời gian của dòng điện một chiều, loại lỗi và các đặc tính chung thiết kế máy biến áp.

Nếu máy biến áp có thể chịu dòng điện một chiều thì mức của dòng điện này phải được nêu trong bản yêu cầu của người mua cùng với các giới hạn quy định về hậu quả của các mức dòng điện này. Xem thêm 4.11 trong IEC 60076-8;1997.

9.5 Ghi nhận về trọng lực trung tâm

Trọng lực trung tâm của máy biến áp trong cấu hình vận chuyển phải được ghi nhận cố định trên tối thiểu hai cạnh liền kề của máy biến áp đối với máy biến áp có khối lượng vận chuyển vượt quá 5 tấn.

10 Dung sai

Đặc biệt với các máy biến áp có nhiều cuộn dây và công suất lớn, điện áp danh định tương đối thấp, không phải lúc nào cũng có thể đảm bảo độ chính xác cao của tỷ số vòng dây tương ứng với tỷ

số điện áp danh định quy định. Cũng có thể có các đại lượng khác không thể khảo sát chính xác tại thời điểm đấu thầu hoặc khi chế tạo và đo không được đảm bảo.

Vì vậy cần phải có dung sai để bảo đảm cho các giá trị quy định và giá trị thiết kế.

Máy biến áp được xem là phù hợp với tiêu chuẩn này khi các đại lượng có quy định dung sai không nằm ngoài các dung sai được cho trong Bảng 1. Khi dung sai về một phía nào đó không có thì không hạn chế giá trị về phía đó.

Điều này chỉ dùng cho mục đích chấp nhận hoặc loại bỏ và không nhằm thay thế sự bảo đảm được quy định của người mua đối với mục đích đánh giá kinh tế (ví dụ như hình phạt về tổn hao). Điều này không được ưu tiên trên các giới hạn bất kỳ nào được quy định trong bản yêu cầu.

Bảng 1 – Dung sai

Hạng mục	Dung sai
1. a) Tổng tổn hao Xem CHÚ THÍCH 1	+10 % của tổng tổn hao
b) Tổn hao thành phần do được Xem CHÚ THÍCH 1	+15 % của mỗi tổn hao thành phần với điều kiện là dung sai đối với tổng hao không bị vượt quá.
2. Tỷ số điện áp đo được không tải tại nấc điều chỉnh chính đối với cặp cuộn dây đầu tiên đã quy định hoặc nấc điều chỉnh biến, nếu được quy định Tỷ số điện áp đo được trên các nấc điều chỉnh khác, của cùng cặp cuộn dây đó Tỷ số điện áp đo được của các cặp cuộn dây khác	Giá trị nhỏ hơn của các giá trị dưới đây: a) $\pm 0,5\%$ của tỷ số công bố b) $\pm 1/10$ của trở kháng phần trăm thực trên nấc điều chỉnh chính $\pm 0,5\%$ giá trị thiết kế của tỷ lệ vòng dây $\pm 0,5\%$ giá trị thiết kế của tỷ lệ vòng dây
3. Trở kháng ngắn mạch cho: – máy biến áp có hai cuộn dây riêng biệt nhau, hoặc – mỗi cặp cuộn dây quy định đầu tiên riêng biệt ở máy biến áp nhiều cuộn dây a) nấc điều chỉnh chính b) nấc điều chỉnh khác của cặp cuộn dây	Khi giá trị trở kháng $\geq 10\%$ $\pm 7,5\%$ của giá trị công bố Khi giá trị trở kháng $< 10\%$ $\pm 10\%$ của giá trị công bố Khi giá trị trở kháng $\geq 10\%$ $\pm 10\%$ của giá trị công bố Khi giá trị trở kháng $< 10\%$ $\pm 15\%$ của giá trị công bố
4. Trở kháng ngắn mạch đo được cho: – cặp cuộn dây tự đầu nối, hoặc – một cặp cuộn dây quy định thứ hai tách biệt nhau của một máy biến áp nhiều cuộn dây. a) nấc điều chỉnh chính b) nấc điều chỉnh khác của cặp cuộn dây đó – các cặp cuộn dây khác	 $\pm 10\%$ của giá trị công bố $\pm 15\%$ của giá trị công bố đối với nấc điều chỉnh đó Theo thỏa thuận nhưng $\geq 15\%$
5. Dòng điện không tải đo được	+30 % của giá trị công bố
CHÚ THÍCH 1: Dung sai về tổn hao của máy biến áp nhiều cuộn dây áp dụng cho từng cặp cuộn dây trừ khi trong giấy bảo hành chỉ ra rằng chúng được áp dụng cho điều kiện phụ tải cho trước.	
CHÚ THÍCH 2: Với một số máy biến áp tự ngẫu và máy biến áp nối tiếp, trở kháng nhỏ cần cân đối cho một dung sai rộng hơn. Các máy biến áp có dài điều chỉnh lớn, đặc biệt là đối với máy biến áp mà dài điều chỉnh không đổi xứng, cũng có thể đối hỏi sự cân nhắc đặc biệt. Mặc khác, ví dụ, khi máy biến áp được tổ hợp từ các đơn vị có sẵn từ trước, có thể phải chứng minh để xác định và đi đến thỏa thuận về dung sai trở kháng hẹp hơn. Các vấn đề của dung sai đặc biệt cần được chỉ ra trong bản yêu cầu, và dung sai đã xem xét lại phải được thỏa thuận giữa nhà chế tạo và người mua.	

11 Thủ nghiệm

11.1 Yêu cầu chung đối với thử nghiệm thường xuyên, thử nghiệm điển hình và thử nghiệm đặc biệt

11.1.1 Quy định chung

Các máy biến áp phải chịu thử nghiệm như quy định dưới đây.

Các thử nghiệm phải được thực hiện ở nhiệt độ môi chất làm mát bên ngoài trong phạm vi từ 10 °C đến 40 °C. Xem TCVN 6306-2 (IEC 60076-2) về thử nghiệm độ tăng nhiệt.

Các thử nghiệm phải được thực hiện tại xưởng của nhà chế tạo, nếu không có thỏa thuận khác giữa nhà chế tạo và người mua.

Tất cả các linh kiện và phụ kiện bên ngoài mà có thể gây ảnh hưởng đến tính năng của máy biến áp trong thử nghiệm phải được lắp đúng vị trí.

Nếu máy biến áp không thể được lắp đặt trong điều kiện làm việc dự kiến của nó để thử nghiệm (ví dụ nếu máy biến áp được lắp cùng tháp thử nghiệm và sứ xuyên thử nghiệm hoặc bố trí thiết bị làm mát không thể lắp vào đúng vị trí làm việc, trong quá trình thử nghiệm liên quan tại nhà máy), phải có thỏa thuận giữa nhà chế tạo và người mua trước khi bắt đầu thử nghiệm. Nếu có bất kỳ giới hạn nào được biết đến trong giai đoạn đấu thầu thì nhà chế tạo phải làm rõ các giới hạn này.

Nếu máy biến áp được thiết kế để giao hàng cùng với sứ xuyên chất lỏng/SF₆, theo thỏa thuận giữa nhà chế tạo và người mua, thử nghiệm có thể được thực hiện với sứ xuyên chất lỏng/không khí tương đương thay thế miễn là đầu ngâm chất lỏng của sứ xuyên thử nghiệm giống với sứ xuyên làm việc và sứ xuyên thử nghiệm tối thiểu được thử nghiệm đến mức tương tự như máy biến áp.

Cuộn dây có nắc điều chỉnh phải được nối ở nắc điều chỉnh chính của chúng, trừ khi thử nghiệm liên quan yêu cầu khác hoặc nếu không có thỏa thuận khác giữa nhà chế tạo và người mua.

Cơ sở thử nghiệm đối với tất cả các đặc tính ngoại trừ đặc tính cách điện là điều kiện danh định, trừ khi quy định thử nghiệm chỉ ra khác.

Toàn bộ hệ thống đo dùng cho thử nghiệm phải được công nhận, có độ chính xác rõ ràng và phải được hiệu chuẩn định kỳ theo qui tắc của TCVN ISO 9001.

Các yêu cầu đặc trưng về độ chính xác và kiểm định hệ thống đo được quy định trong bộ IEC 60060 và IEC 60076-8.

Khi có yêu cầu các kết quả thử nghiệm phải hiệu chỉnh về nhiệt độ chuẩn thì nhiệt độ chuẩn là:

- a) đối với máy biến áp kiểu khô: nhiệt độ chuẩn phải theo các yêu cầu chung cho thử nghiệm trong TCVN 6306-11 (IEC 60076-11).
- b) đối với máy biến áp ngâm trong chất lỏng có độ tăng nhiệt trung bình danh định của cuộn dây nhỏ hơn hoặc bằng 65 °C đối với OF hoặc ON hoặc 70 °C đối với OD;

- 1) nhiệt độ chuẩn là 75 °C;
- 2) theo yêu cầu của khách hàng, nhiệt độ chuẩn là độ tăng nhiệt trung bình danh định của cuộn dây + 20 °C, hoặc độ tăng nhiệt trung bình danh định của cuộn dây + nhiệt độ trung bình môi chất làm mát bên ngoài hàng năm, chọn nhiệt độ nào cao hơn;
- c) Đối với máy biến áp ngâm trong chất lỏng có độ tăng nhiệt trung bình danh định khác của cuộn dây, nhiệt độ chuẩn bằng với độ tăng nhiệt trung bình danh định của cuộn dây + 20 °C, hoặc độ tăng nhiệt trung bình danh định của cuộn dây + nhiệt độ trung bình môi chất làm mát bên ngoài hàng năm, chọn nhiệt độ nào cao hơn.

Nếu người mua muốn so sánh giữa các tổn hao của máy biến áp trong nhiệt độ loại b với máy biến áp theo nhiệt độ loại a) và c) (có hệ thống lắp đặt khác và có độ tăng nhiệt trung bình của cuộn dây khác nhau) thì so sánh này là cần thiết cho nhiệt độ chuẩn để xác định theo mục b) 2 ở trên. Nếu người mua muốn làm một so sánh như vậy thì phải nêu rõ trong bản yêu cầu về đấu thầu.

CHÚ THÍCH 1: Đối với các thiết kế hiện nay, sự chuyển đổi giữa các tổn hao ở nhiệt độ chuẩn khác được thực hiện bằng phép tính. Chuyển đổi này không được thiết kế cho bất kỳ thử nghiệm điển hình nào, kể cả thử nghiệm độ tăng nhiệt, cũng cần được lặp lại riêng rẽ như kết quả của việc thay đổi nhiệt độ chuẩn.

CHÚ THÍCH 2: Đối với nhiệt độ môi chất làm mát trung bình bên ngoài hàng năm, có sự chênh lệch đáng kể hơn 20 °C, tổn hao thực tế xảy ra trong khi làm việc có thể khác so với các tổn hao có được tại nhiệt độ chuẩn. Các tổn hao thực tế xảy ra trong khi làm việc sẽ phụ thuộc cả vào tải và nhiệt độ.

Máy biến áp ngâm trong chất lỏng phải được thử nghiệm với cùng loại và cùng đặc tính kỹ thuật của chất lỏng mà sẽ sử dụng cho máy biến áp trong quá trình làm việc.

CHÚ THÍCH 3: Dự kiến rằng máy biến áp được thử nghiệm với chất lỏng sao cho kết quả thử nghiệm thể hiện đầy đủ tính năng của máy biến áp trong quá trình làm việc.

Tất cả các phép đo và thử nghiệm đòi hỏi nguồn tần số công suất phải được thực hiện với tần số nguồn nằm trong khoảng 1 % tần số danh định của máy biến áp. Dạng sóng của điện áp nguồn phải sao cho thành phần sóng hài tổng không vượt quá 5 %. Nếu không đáp ứng điều kiện này thì ảnh hưởng của dạng sóng lénham số đo được phải được đánh giá bởi nhà chế tạo và sự chấp thuận của người mua. Phép đo tổn hao không cần điều chỉnh xuống để xét đến các sóng hài trong điện áp nguồn trừ khi được cho phép trong 11.5. Trong trường hợp sử dụng nguồn ba pha, điện áp nguồn phải đối xứng. Điện áp lớn nhất qua từng cuộn dây pha trong thử nghiệm không được sai lệch quá 3 % so với điện áp nhỏ nhất.

Nhà chế tạo phải nêu rõ việc không thể thực hiện các thử nghiệm hoặc phép đo ở tần số danh định của nhà chế tạo ở giai đoạn đấu thầu và các hệ số chuyển đổi thích hợp đã thỏa thuận.

Danh sách các thử nghiệm dưới đây không nằm trong bất kỳ đơn đặt hàng cụ thể nào. Nếu người mua đòi hỏi các thử nghiệm phải được thực hiện theo đơn hàng cụ thể thì điều này phải bao gồm trong bản yêu cầu.

11.1.2 Thử nghiệm thường xuyên

11.1.2.1 Thử nghiệm thường xuyên đối với tất cả các máy biến áp

- a) Đo điện trở cuộn dây (11.2).
- b) Đo tỷ số điện áp và kiểm tra độ lệch pha (11.3).
- c) Đo trở kháng ngắn mạch và tổn hao có tải (11.4).
- d) Đo tổn hao không tải và dòng điện không tải (11.5).
- e) Các thử nghiệm thường xuyên của điện môi (TCVN 6306-3 (IEC 60076-3)).
- f) Các thử nghiệm trên bộ chuyển đổi theo nấc điều chỉnh khi có tải, nếu thích hợp(11.7).
- g) Thử nghiệm rò rỉ khi chịu áp suất đối với máy biến áp ngâm trong chất lỏng (thử nghiệm độ kín) (11.8).
- h) Thử nghiệm độ kín và thử nghiệm áp suất đối với thùng máy dùng cho máy biến áp chứa khí (tham khảo theo IEC 60076-15).
- i) Kiểm tra tỷ số và cực tính của máy biến dòng lắp sẵn.
- j) Kiểm tra hệ thống cách điện lõi và khung đối với máy biến áp ngâm trong chất lỏng có cách điện lõi hoặc cách điện khung (11.12).

11.1.2.2 Thử nghiệm thường xuyên đối với máy biến áp có $U_m > 72,5 \text{ kV}$

- a) Xác định điện dung của cuộn dây với đất và giữa các cuộn dây.
- b) Đo điện trở cách điện một chiều d.c giữa từng cuộn dây với đất và giữa các cuộn dây.
- c) Đo hệ số tiêu tán ($\tan \delta$) của điện dung hệ thống cách điện.
- d) Đo khí hòa tan trong chất lỏng điện môi từ mỗi ngăn chứa dầu riêng biệt ngoại trừ ngăn chứa cơ cấu đóng cắt phân nhánh.
- e) Đo tổn hao không tải và dòng điện không tải ở 90 % và 110 % điện áp danh định (11.5).

11.1.3 Thử nghiệm diễn hình

- a) Thử nghiệm độ tăng nhiệt (TCVN 6306-2 (IEC 60076-2)).
- b) Thử nghiệm diễn hình của điện môi (TCVN 6306-3 (IEC 60076-3)).
- c) Xác định độ ồn (IEC 60076-10) đối với từng phương pháp làm mát mà trong đó quy định độ ồn đảm bảo.
- d) Đo công suất lấy từ quạt và động cơ bơm chất lỏng.
- e) Đo tổn hao không tải và dòng điện không tải ở 90 % và 110 % điện áp danh định.

11.1.4 Thử nghiệm đặc biệt

- a) Thử nghiệm đặc biệt của điện môi (TCVN 6306-3 (IEC 60076-3)).
- b) Xác định nhiệt độ điểm nóng nhất của cuộn dây
- c) Xác định điện dung cuộn dây với đất và giữa các cuộn dây.
- d) Đo hệ số tiêu tán ($\tan \delta$) của điện dung hệ thống cách điện.
- e) Xác định đặc tính truyền điện áp quá độ (Phụ lục B của TCVN 6306-3:2006 (IEC 60076-3:2000))
- f) Đo (các) trở kháng thử tự không của máy biến áp ba pha (11.6).
- g) Thử nghiệm khả năng chịu ngắn mạch (TCVN 6306-5 (IEC 60076-5)).
- h) Đo điện trở cách điện một chiều d.c của từng cuộn dây với đất và giữa các cuộn dây.
- i) Thử nghiệm độ lệch chân không trên máy biến áp ngâm trong chất lỏng (11.9).
- j) Thử nghiệm độ lệch áp suất trên máy biến áp ngâm trong chất lỏng (11.10).
- k) Thử nghiệm độ kín chân không tại chỗ trên máy biến áp ngâm trong chất lỏng (11.11).
- l) Đo đáp tuyến tần số (phân tích đáp tuyến tần số hoặc FRA). Quy trình thử nghiệm phải được thỏa thuận giữa nhà chế tạo và người mua.
- m) Kiểm tra lớp phủ bên ngoài (ISO 2178 và ISO 2409 hoặc như đã quy định).
- n) Đo khí hòa tan trong chất lỏng điện môi.
- o) Thử nghiệm cơ hoặc đánh giá thùng máy thích hợp để vận chuyển (theo quy định của khách hàng).
- p) Xác định trọng lượng với máy biến áp được bố trí để vận chuyển. Đối với máy biến áp có công suất lên đến 1,6 MVA thì xác định trọng lượng bằng phép đo. Đối với máy biến áp lớn hơn thì xác định bằng phép đo hoặc tính toán theo thỏa thuận giữa nhà chế tạo và người mua.

Các thử nghiệm khác cho máy biến áp có thể được nêu trong tài liệu cụ thể đối với máy biến áp chuyên dụng như loại khô, tự bảo vệ và các nhóm khác.

Nếu phương pháp thử nghiệm không được nêu trong tiêu chuẩn này, hoặc nếu các thử nghiệm khác các thử nghiệm được liệt kê ở trên được quy định trong hợp đồng thì các phương pháp thử nghiệm này phải theo thỏa thuận.

11.2 Đo điện trở cuộn dây

11.2.1 Quy định chung

Điện trở của mỗi cuộn dây, các đầu nối giữa chúng phải được đo và nhiệt độ của các cuộn dây phải được ghi lại. Phải dùng dòng điện một chiều cho phép đo này.

Trong tất cả các phép đo điện trở, cần chú ý để giảm các ảnh hưởng của tự cảm đến mức tối thiểu.

11.2.2 Máy biến áp kiểu khô

Trước khi đo, nhiệt độ môi chất làm mát bên ngoài không thay đổi quá 3°C trong ít nhất 3 h và tất cả các nhiệt độ của cuộn dây máy biến áp được đo bằng cảm biến nhiệt độ lắp trong, không được chênh lệch so với nhiệt độ môi chất làm mát bên ngoài quá 2°C .

Điện trở và nhiệt độ của cuộn dây phải được đo cùng một lúc. Nhiệt độ cuộn dây phải được đo bằng cảm biến đặt tại vị trí tiêu biểu, tốt nhất là đặt trong nhóm các cuộn dây, ví dụ như trong một khe giữa cuộn dây điện áp cao và cuộn dây điện áp thấp.

11.2.3 Máy biến áp kiểu ngâm trong chất lỏng

Sau khi máy biến áp không mang điện được ngâm trong chất lỏng 3 h, phải xác định nhiệt độ chất lỏng trung bình và nhiệt độ của cuộn dây phải được xem là bằng nhiệt độ chất lỏng trung bình. Nhiệt độ chất lỏng trung bình được lấy bằng trung bình của nhiệt độ điểm trên cùng và điểm dưới cùng của chất lỏng.

Trong khi đo điện trở ngoại để xác định độ tăng nhiệt, phải thực hiện các nỗ lực đặc biệt để xác định chính xác nhiệt độ trung bình của cuộn dây. Vì vậy, chênh lệch nhiệt độ giữa điểm trên cùng và điểm dưới cùng của chất lỏng không được vượt quá 5°C . Để đạt được kết quả này nhanh hơn, có thể dùng bơm để cho chất lỏng tuần hoàn.

11.3 Đo tỷ số điện áp và kiểm tra độ lệch pha

Tỷ số điện áp phải được đo trên mỗi nấc điều chỉnh. Phải kiểm tra cực tính của các máy biến áp một pha và ký hiệu đầu nối của máy biến áp ba pha. Nếu sử dụng phép đo điện áp thì điện áp của cả hai cuộn dây phải được đo đồng thời.

11.4 Đo trở kháng ngắn mạch và tổn hao có tải

Trở kháng ngắn mạch và tổn hao có tải của cặp cuộn dây phải được đo tại tần số danh định với điện áp đặt vào các đầu nối của một cuộn dây, với các đầu nối của cuộn dây còn lại nối tắt, và hở mạch với các cuộn dây khác, nếu có. (Để chọn nấc điều chỉnh cho thử nghiệm, xem 6.5 và 6.6). Dòng điện cung cấp phải bằng dòng điện danh định liên quan (dòng điện nấc điều chỉnh) nhưng không được nhỏ hơn 50 %. Phép đo cần được thực hiện nhanh chóng để độ tăng nhiệt đó không gây ra các sai số đáng kể. Chênh lệch nhiệt độ giữa điểm cao nhất và điểm thấp nhất của chất lỏng phải đủ nhỏ để cho phép xác định chính xác nhiệt độ trung bình. Chênh lệch nhiệt độ giữa điểm cao nhất và thấp nhất của chất lỏng không được vượt quá 5°C . Để đạt được kết quả này nhanh hơn, có thể dùng bơm để cho chất lỏng tuần hoàn.

Giá trị đo của tổn hao có tải phải nhân với bình phương của tỷ số dòng điện danh định (dòng điện nấc điều chỉnh) và dòng điện thử nghiệm. Giá trị đạt được cần phải được qui về nhiệt độ chuẩn (11.1). Tổn hao I^2R (R là điện trở đo bằng dòng điện một chiều) được lấy khi thay đổi trực tiếp nhiệt độ và tất cả các tổn hao khác thay đổi ngược với nhiệt độ cuộn dây. Cách đo điện trở cuộn dây phải được thực hiện theo 11.2. Quy trình hiệu chỉnh nhiệt độ được nêu trong phụ lục E.

Trở kháng ngắn mạch được thể hiện bằng điện kháng và điện trở xoay chiều nối tiếp nhau. Trở kháng này được qui về nhiệt độ chuẩn với giả thiết rằng điện kháng là hằng số và điện trở xoay chiều sinh ra từ tổn hao có tải thay đổi như trình bày ở trên.

Ở máy biến áp có cuộn dây có nấc điều chỉnh với dải điều chỉnh vượt quá $\pm 5\%$, trở kháng ngắn mạch phải được đo trên nấc điều chỉnh chính và hai nấc điều chỉnh biên.

Đối với máy biến áp có nấc điều chỉnh vượt quá điều chỉnh điện áp 5% so với nấc điều chỉnh chính, giá trị trở kháng phải được đo ở nấc điều chỉnh chính và ở (các) nấc điều chỉnh biên lớn hơn 5% . Phép đo tại các vị trí nấc điều chỉnh khác có thể được quy định trong bản yêu cầu.

Nếu dải điều chỉnh không đối xứng, nếu người mua yêu cầu thì cũng phải thực hiện phép đo trên nấc điều chỉnh giữa.

Ở máy biến áp có ba cuộn dây, cách đo được thực hiện trên ba tổ hợp của từng hai cuộn dây khác nhau. Kết quả được tính lại cho trở kháng và tổn hao của mỗi cuộn dây riêng (xem IEC 60076-8). Tổn hao tổng của các trường hợp mang tải quy định gồm tất cả các cuộn dây này được xác định một cách tương ứng.

CHÚ THÍCH 1: Đối với các máy biến áp có hai cuộn dây thứ cấp có cùng công suất danh định và điện áp danh định và trở kháng bằng với cuộn sơ cấp (đôi khi gọi là 'máy biến áp có cuộn dây thứ cấp kép'), có thể thỏa thuận để khảo sát trường hợp phụ tải đối xứng theo một thử nghiệm thêm bằng cách nối tắt đồng thời hai cuộn dây thứ cấp.

CHÚ THÍCH 2: Cách đo tổn hao có tải trên máy biến áp lớn đòi hỏi phải thận trọng và với thiết bị đo tốt vì máy biến áp lớn có hệ số công suất thấp và dòng điện thử nghiệm thường lớn. Nên tối thiểu hóa các lỗi và tổn hao mạch điện bên ngoài. Việc hiệu chỉnh đối với các sai số máy biến áp đo lường và đối với điện trở của các mạch nối thử nghiệm phải được áp dụng trừ khi chúng thực sự không đáng kể (xem IEC 60076-8).

11.5 Đo tổn hao và dòng điện không tải

Tổn hao không tải và dòng điện không tải phải được đo trên một trong các cuộn dây ở tần số danh định và ở điện áp tương ứng với điện áp danh định nếu thử nghiệm được thực hiện ở nấc điều chỉnh chính, hoặc tương ứng với điện áp nấc điều chỉnh nếu thử nghiệm được thực hiện trên nấc điều chỉnh khác. Cuộn dây còn lại phải hở mạch và bất kỳ cuộn dây nào nối tam giác hở thì phải đấu nối theo tam giác kín. Trong trường hợp điều này đã được nêu trong 11.1.2 và 11.1.3, phép đo cũng phải được thực hiện ở 90% và 110% điện áp danh định (hoặc điện áp nấc điều chỉnh thích hợp).

Máy biến áp phải ở xấp xỉ nhiệt độ môi trường nhà máy chế tạo.

Đối với máy biến áp ba pha, việc chọn cuộn dây và cách đấu nối với nguồn công suất thử nghiệm phải được thực hiện để cung cấp điện áp hình sin và đối xứng đến mức có thể qua ba dây quấn.

Điện áp thử nghiệm phải được điều chỉnh theo một vônmét đo giá trị trung bình của điện áp nhưng phải được khắc độ để đọc được giá trị hiệu dụng của điện áp có dạng sóng hình sin có cùng giá trị trung bình. Giá trị đọc được từ vônmét này là U' .

Đồng thời, vômét đo giá trị hiệu dụng của điện áp phải được nối song song với vômét đo giá trị trung bình và điện áp U mà vômét này chỉ phải được ghi lại.

Khi thử nghiệm máy biến áp ba pha, phải đo điện áp giữa các đầu nối pha, nếu cuộn dây nối tam giác được đóng điện và giữa đầu nối pha và đầu nối trung tính nếu cuộn dây nối YN hoặc ZN được đóng điện.

Điện áp pha-pha có thể được lấy từ phép đo pha-dất, nhưng điện áp pha-trung tính không được lấy từ phép đo pha-pha.

Dạng sóng điện áp thử nghiệm là thỏa mãn nếu giá trị đọc U' và U là bằng nhau với dung sai trong phạm vi 3 %. Nếu chênh lệch giữa các giá trị đọc từ vômét lớn hơn 3 % thì tính hợp lí của thử nghiệm cần được thỏa thuận. Chênh lệch lớn hơn có thể được chấp nhận ở điện áp cao hơn điện áp danh định trừ khi phép đo này được bảo đảm.

CHÚ THÍCH 1: Nhận thấy rằng các máy biến áp một pha công suất lớn thường đòi hỏi điều kiện mang tải nặng nề nhất đối với độ chính xác của nguồn điện áp thử nghiệm.

Tổn hao không tải đo được là P_m , và tổn hao không tải hiệu chỉnh được lấy bằng:

$$P_o = P_m (1+d)$$

$$d = \frac{U' - U}{U} \quad (\text{thường là âm})$$

Giá trị hiệu dụng của dòng điện không tải được đo đồng thời với tổn hao. Đối với máy biến áp ba pha, phải lấy giá trị đọc trung bình của ba pha.

Tổn hao không tải không cần hiệu chỉnh theo ảnh hưởng bất kỳ của nhiệt độ.

CHÚ THÍCH 2: Khi chọn địa điểm thử nghiệm không tải theo quy trình thử nghiệm hoàn chỉnh, nên chú ý là các phép đo tổn hao không tải tiến hành trước các thử nghiệm xung và/hoặc phép đo điện trở, nói chung có tính điển hình của mức tổn hao trung bình khi máy vận hành trong thời gian dài, giả định rằng lỗi không bị từ hóa trước. Nghĩa là, nếu thực hiện thử nghiệm không tải sau phép đo điện trở và/hoặc thử nghiệm xung sét, cần phải khử trừ lỗi của máy biến áp bằng cách kích thích quá mức trước khi thực hiện thử nghiệm không tải.

11.6 Đo (các) trở kháng thử tự không trên máy biến áp ba pha

Trở kháng thử tự không được đo tại tần số danh định giữa các đầu nối pha của cuộn dây nối sao hoặc nối ziczac nối với nhau, và đầu nối trung tính của nó. Trở kháng này được tính bằng ôm cho mỗi pha

và được tính bằng $\frac{3U}{I}$, trong đó U là điện áp thử nghiệm và I là dòng điện thử nghiệm.

Phải nêu dòng điện thử nghiệm mỗi pha là $\frac{I}{3}$ trong báo cáo thử nghiệm.

Phải đảm bảo rằng dòng điện trong dây trung tính tương ứng với khả năng mang dòng của dây trung tính đó.

Trong trường hợp máy biến áp có cuộn dây phụ nối tam giác, giá trị của dòng điện thử nghiệm phải sao cho dòng điện trong cuộn dây nối tam giác đó không được quá lớn, có tính đến thời gian duy trì dòng điện.

Nếu không có cuộn dây cân bằng các ampe vòng trong hệ thống thứ tự không, ví dụ trong máy biến áp nối sao-sao không có cuộn dây nối tam giác, điện áp đặt vào không được vượt quá điện áp pha-trung tính khi hoạt động bình thường. Dòng điện trên dây trung tính và thời gian duy trì phải được giới hạn để tránh quá nhiệt độ của phần cấu tạo bằng kim loại.

Trong trường hợp máy biến áp có nhiều hơn một cuộn dây nối sao có đầu nối trung tính, trở kháng thứ tự không phụ thuộc vào cách đấu nối (xem 3.7.3) và các thử nghiệm được thực hiện phải có thỏa thuận giữa nhà chế tạo và người mua.

Đối với máy biến áp tự ngẫu và máy biến áp YY, cần thực hiện một vài phối hợp thử nghiệm:

- HV với hở mạch LV;
- HV với ngắn mạch LV
- LV với hở mạch HV;
- LV với ngắn mạch HV.

Đối với máy biến áp YD, trở kháng thứ tự không chỉ được đo từ phía Y.

Máy biến áp tự ngẫu có đầu nối trung tính dùng để nối đất cố định phải được xem như là các máy biến áp bình thường có hai cuộn dây nối sao. Vì vậy, cuộn dây nối tiếp và cuộn dây chung cùng tạo thành một mạch đo và riêng cuộn dây chung tạo thành một mạch đo khác. Các phép đo được thực hiện với dòng điện không vượt quá hiệu các dòng điện danh định giữa phía điện áp thấp và phía điện áp cao.

CHÚ THÍCH 1: Trong điều kiện không có cuộn dây cân bằng các ampe vòng, quan hệ giữa điện áp và dòng điện thường không tuyến tính. Trong trường hợp này, một số phép đo có giá trị dòng điện khác nhau có thể cho các thông tin hữu dụng.

CHÚ THÍCH 2: Trở kháng thứ tự không phụ thuộc vào sự bố trí vật lý của các cuộn dây và các mạch từ, do đó các phép đo tiến hành trên các cuộn dây khác nhau có thể không phù hợp với nhau. Cụ thể là, đối với máy biến áp có cuộn dây nối zic zác, trở kháng thứ tự không được đo giữa các đầu nối pha được nối với nhau và dây trung tính có thể dẫn đến một giá trị khác so với trở kháng thu được khi điện áp đối xứng ba pha được đặt vào và một đầu nối pha được nối với dây trung tính.

CHÚ THÍCH 3: Thử nghiệm trở kháng thứ tự không bổ sung có thể được yêu cầu đối với máy biến áp có cuộn dây nối tam giác với hai đầu nối của góc delta được đưa ra ngoài sao cho hai đầu này có thể hở mạch hoặc nối với nhau.

CHÚ THÍCH 4: Hướng dẫn thêm được nêu trong IEC 60076-8.

11.7 Thử nghiệm trên các bộ chuyển đổi nắc điều chỉnh có tải – Thử nghiệm vận hành

Khi bộ chuyển đổi nắc điều chỉnh đã được lắp hoàn chỉnh vào máy biến áp, thử tự thao tác sau đây phải được tiến hành không có sự cố:

- với máy biến áp không mang điện, có tám chu trình làm việc hoàn chỉnh (một chu trình làm việc đi từ một đầu của dải điều chỉnh đến đầu kia của dải điều chỉnh và quay ngược trở lại.)
- với máy biến áp không mang điện, và với điện áp phụ giảm bằng 85 % điện áp danh định của máy biến áp đó, có một chu trình làm việc hoàn chỉnh.
- với máy biến áp đã đóng điện ở điện áp và tần số danh định trong trạng thái không tải, có một chu trình làm việc hoàn chỉnh.
- với một cuộn dây nối tắt, dòng điện trong cuộn dây có nắc điều chỉnh càng gần dòng điện danh định càng tốt, 10 thao tác chuyển đổi nắc điều chỉnh qua khoảng cách của hai nắc về mỗi phía, kể từ vị trí mà ở đó bộ lựa chọn chuyển đổi thô hoặc bộ lựa chọn chuyển đổi đổi chiều hoạt động hoặc bắt đầu từ nắc điều chỉnh giữa (bộ chuyển đổi nắc điều chỉnh phải trải qua vị trí chuyển đổi 20 lần).

11.8 Thử nghiệm rò rỉ khi chịu áp suất đối với máy biến áp ngâm trong chất lỏng (thử nghiệm độ kín)

Nhà chế tạo máy biến áp phải thực hiện thử nghiệm theo thỏa thuận để chứng minh thùng chứa của máy biến áp không bị rò rỉ trong quá trình làm việc. Nếu không có thỏa thuận thì áp dụng và duy trì áp suất tối thiểu là 30 kPa qua áp suất chất lỏng bình thường trong 24 h đối với máy biến áp có công suất lớn hơn 20 MVA hoặc 72,5 kV, và trong 8 h đối với máy biến áp có thông số đặc trưng và điện áp thấp hơn. Thông thường, thử nghiệm này được áp dụng bằng cách sử dụng cột chất lỏng hoặc áp suất khí trong bình chứa phụ. Sau đó, toàn bộ máy biến áp phải được kiểm tra bằng mắt xem có rò rỉ. Đối với thùng chứa được thiết kế đặc biệt để linh hoạt cho việc giãn nở chất lỏng (lực lượng sóng), thử nghiệm rò rỉ và tuổi thọ cần được thỏa thuận.

11.9 Thử nghiệm xác định biến dạng do chân không đối với máy biến áp ngâm trong chất lỏng

Thử nghiệm này có thể áp dụng được cho các máy biến áp được thiết kế để tạo dày chân không trong thùng chứa của chính máy biến áp đặt tại chỗ.

Nói chung, các biến áp này được vận chuyển khi không có chất lỏng.

Trong trường hợp được quy định, biến dạng của thùng chứa khi chân không được đưa vào và biến dạng vĩnh viễn khi chân không được lấy ra, phải được đo.

Tiến hành thử nghiệm trên máy biến áp khi nó hoàn thiện trong tất cả các khía cạnh liên quan và trên tất cả các ngăn chứa đòi hỏi phải hút chân không tại chỗ.

Trước khi hút chân không, điểm đo tham chiếu thích hợp được gắn cứng vào kết cấu phòng thử nghiệm hoặc sàn, không thuộc máy biến biến áp, phải được thiết lập càng gần điểm mà tại đó có khả năng có biến dạng chân không lớn nhất có thể trên thùng chứa. Khoảng cách từ điểm tham chiếu đến vách thùng chứa theo hướng pháp tuyến với vách thùng chứa, phải được đo và ghi lại.

Sau khi hút chân không đến mức quy định đối với hoạt động tại chỗ, đo lại khoảng cách từ điểm chuẩn đến vách thùng chứa theo hướng pháp tuyến với vách. Biến dạng chân không là chênh lệch giữa phép đo này và phép đo đầu tiên.

Sau đó chân không được rút ra và thực hiện phép đo thứ ba về khoảng cách từ điểm tham chiếu đến vách thùng chứa theo hướng pháp tuyến đến vách thùng chứa. Biến dạng vĩnh viễn là chênh lệch giữa phép đo này và phép đo đầu tiên.

Phương pháp đo tương đương khác có thể được sử dụng và phép đo bổ sung ở phía đối diện máy biến áp có thể được quy định để bù đắp đối với sự dịch chuyển của thùng chứa trong quá trình thử nghiệm.

Thông thường biến dạng mong muốn do chân không và biến dạng cố định phải được tính và công bố bởi nhà chế tạo trước khi thử nghiệm. Phải sử dụng các giá trị đặc trưng như sau:

- a) máy biến áp dài trung bình nằm giữa 20 MVA và 100 MVA;
 - biến dạng cố định sau khi loại bỏ chân không: 1 mm;
- b) máy biến áp công suất lớn (có các vách thùng chứa phẳng), trên 100 MVA;
 - biến dạng cố định sau khi loại bỏ chân không: 5 mm.

Nếu giá trị mong muốn bị vượt quá thì lặp lại thử nghiệm để xem nếu kích thước thùng chứa đã được ổn định. Nếu không, phải có các hành động khắc phục, ví dụ như làm tăng độ cứng cho thùng chứa.

11.10 Thử nghiệm biến dạng áp suất đối với máy biến áp ngâm trong chất lỏng

Trong trường hợp được quy định, phải đo biến dạng của thùng chứa khi đặt áp suất và biến dạng cố định của thùng chứa khi áp suất được thoát ra. Không áp dụng thử nghiệm này đối với thùng chứa được thiết kế đặc biệt cần linh hoạt cho việc giãn nở chất lỏng (lượn sóng).

Tiến hành thử nghiệm trên máy biến áp khi nó hoàn thiện trong tất cả các khía cạnh liên quan và được đỗ đầy chất lỏng. Tiến hành thử nghiệm trên tất cả các ngăn chứa riêng rẽ có chứa chất lỏng.

Nếu không có quy định nào khác, áp suất thử nghiệm trong ngăn chứa phải bằng 35 kPa hơn áp suất làm việc bình thường. Nếu máy biến áp được trang bị cơ cấu xả áp, áp suất được đặt vào khi tiến hành thử nghiệm này vượt quá áp suất quy định để vận hành cơ cấu xả áp ít nhất là 10 kPa. Do đó cơ cấu xả áp cần được làm mất hiệu lực trong quá trình thử nghiệm.

CHÚ THÍCH: Quá áp suất quy định có thể dễ dàng đặt vào bằng cách điều chỉnh chiều cao của cột chất lỏng (ví dụ như bằng cách nâng bình dầu phụ được gắn vào xi phông).

Trước khi áp suất được đưa vào, khi thùng chứa ở mức chất lỏng làm việc bình thường của nó, điểm đo chuẩn phù hợp, được gắn cứng vào kết cấu phòng thử nghiệm hoặc trên sàn, riêng rẽ với máy biến áp, phải được thiết lập càng gần với điểm trên thùng chứa càng tốt mà tại đó biến dạng lớn nhất do áp suất có thể xảy ra, tính đến cả biến dạng mong muốn. Đo và ghi khoảng cách từ điểm chuẩn đến vách thùng nằm theo hướng gần như pháp tuyến với vách thùng chứa.

Sau khi đặt áp suất bỗng sung, khoảng cách từ điểm chuẩn đến vách thùng chứa theo hướng pháp tuyến với phía vách thùng chứa phải được đo lần nữa. Biến dạng do áp suất là chênh lệch giữa phép đo này với phép đo đầu tiên.

Có thể sử dụng phương pháp đo tương đương khác và phép đo bỗng sung ở phía ngược lại của máy biến áp có thể được yêu cầu để bù dịch chuyển thùng chứa trong quá trình thử nghiệm.

Sau đó áp suất phải được giảm về mức thiết lập ban đầu và tiến hành phép đo thứ ba về khoảng cách từ điểm chuẩn đến vách thùng theo hướng xấp xỉ pháp tuyến với vách thùng chứa. Biến dạng vĩnh viễn là chênh lệch giữa phép đo này và phép đo đầu tiên.

Thông thường, biến dạng mong muốn do áp suất và biến dạng vĩnh viễn phải được tính toán và công bố bởi nhà chế tạo trước khi thử nghiệm. Ngoài ra phải sử dụng các giá trị tiêu biểu dưới đây:

- a) máy biến áp có dải công suất trung bình nằm trong khoảng từ 20 MVA đến 100 MVA;
 - biến dạng vĩnh viễn sau khi quá áp suất : 1 mm;
- b) Máy biến áp công suất lớn (có vách thùng chứa phẳng), lớn hơn 100 MVA:
 - biến dạng vĩnh viễn sau khi quá áp suất: 5 mm.

Nếu giá trị mong muốn bị vượt quá thì lặp lại thử nghiệm để xem nếu kích thước thùng chứa đã được ổn định. Nếu không, phải có các hành động khắc phục, ví dụ như làm tăng độ cứng cho thùng chứa.

11.11 Thử nghiệm kín chân không tại chỗ đối với máy biến áp ngâm trong chất lỏng

Thử nghiệm này áp dụng cho máy biến áp có thiết kế để hút chân không thùng chứa của chính máy biến áp tại chỗ và vận chuyển không có chất lỏng. Sau khi lắp đặt vào chỗ làm việc nhưng trước khi đổ chất lỏng, khả năng của máy biến áp giữ được chân không hoặc các hoạt động tại chỗ khác nhằm giữ chân không mà không để lọt không khí phải được chứng minh như sau:

Chân không phải được tạo ra đến mức cao nhất được yêu cầu theo hoạt động tại chỗ trong thời gian là 2 h hoặc cho tới khi thu được mức chân không ổn định. Sau đó dừng bơm chân không và máy biến áp được hàn kín.

Chân không bên trong máy biến áp phải được kiểm soát bằng cách sử dụng đồng hồ chân không thích hợp cho tới khi có được tốc độ thay đổi chân không ổn định. Việc tăng áp suất phải nhỏ hơn 0,2 kPa mỗi giờ, được đo trong thời gian tối thiểu là 30 min.

11.12 Kiểm tra cách điện lõi và cách điện khung

Phải thực hiện thử nghiệm trên tất cả các máy biến áp ngâm trong chất lỏng có lắp cách điện lõi riêng và khung riêng và/hoặc khung và thùng chứa.

Đối với máy biến áp trong đó lõi và các mối nối đất trên khung không tiếp cận được khi máy biến áp được đổ đầy chất lỏng, cách điện phải được thử nghiệm ở điện áp 500 V một chiều trong 1 min mà không bị đánh thủng trước khi bộ phận tác động được lắp trong thùng chứa.

Đối với máy biến áp trong đó có khả năng tiếp cận lõi và mối nối đất trên khung khi máy biến áp được đổ chất lỏng, cách điện phải được thử nghiệm ở điện áp 2 500 V một chiều trong 1 min mà không bị đánh thủng sau khi máy biến áp được đổ chất lỏng.

12 Tương thích điện từ (EMC)

Máy biến áp điện lực phải được xem là các linh kiện thụ động đối với phát xạ và miễn nhiễm nhiễu điện từ.

CHÚ THÍCH 1: Một số thiết bị phụ có thể dễ bị ảnh hưởng bởi nhiễu điện từ.

CHÚ THÍCH 2: Các linh kiện thụ động không có khả năng gây ra các nhiễu điện từ và tính năng của chúng không thể bị ảnh hưởng bởi các nhiễu này.

13 Quá độ chuyển mạch tần số cao

Chuyển mạch của máy biến áp có hệ số công suất mang tải nhẹ và/hoặc công suất thấp (tải có tính cảm) với máy ngắt chân không và SF₆ có thể làm máy biến áp có khả năng bị quá độ điện áp có hại với tần số lên đến dài MHZ và điện áp vượt quá khả năng chịu xung của máy biến áp. Biện pháp giảm thiểu, không phải là bộ phận của máy biến áp, phải bao gồm các phương tiện làm tăng độ suy giảm thông qua mạch nhụt điện trở - tụ điện, điện trở lắp trước nằm trong cơ cấu chuyển mạch hoặc chuyển mạch mang tải. Nếu người mua quy định, nhà chế tạo phải cung cấp chi tiết các tần số cộng hưởng tự nhiên và/hoặc các tham số ở chế độ tần số cao của máy biến áp

CHÚ THÍCH: Có thể xem thêm thông tin trong Bản hướng dẫn IEE C57.142 mô tả sự xuất hiện và cách làm giảm quá độ do tần số xảy ra do máy biến áp, cơ cấu đóng cắt và sự tương tác hệ thống.

Phụ lục A

(tham khảo)

Thông tin cần thiết trong bản yêu cầu và đơn đặt hàng**A.1 Các thông số đặc trưng và các dữ liệu chung****A.1.1 Thông tin thông thường**

Các thông tin dưới đây phải được đưa ra trong mọi trường hợp:

- Các quy định kỹ thuật cụ thể mà máy biến áp phải tuân thủ.
- Loại máy biến áp, ví dụ như máy biến áp có cuộn dây riêng biệt, máy biến áp tự ngẫu hoặc máy biến áp nối tiếp.
- Máy biến áp một pha hay ba pha.
- Số pha của lưới điện.
- Tần số.
- Máy biến áp kiểu khô hay máy biến áp kiểu ngâm trong chất lỏng. Nếu là loại ngâm trong chất lỏng thì phải chỉ rõ đó là dầu khoáng, chất lỏng tự nhiên cách điện hoặc là chất lỏng tổng hợp cách điện. Nếu là loại khô thì phải ghi cấp bảo vệ (xem TCVN 4255 (IEC 60529)).
- Loại trong nhà hay ngoài trời.
- Phương pháp làm mát.
- Công suất danh định của mỗi cuộn dây và đối với dải điều chỉnh quá $\pm 5\%$, cần nêu nắc điều chỉnh dòng điện lớn nhất quy định, nếu có.

Nếu máy biến áp được quy định có nhiều phương pháp làm mát khác, các giá trị công suất thấp hơn tương ứng phải được quy định cùng với công suất danh định (tương ứng với phương pháp làm mát hiệu quả nhất).

- Điện áp danh định đối với mỗi cuộn dây.
- Đối với máy biến áp có nắc điều chỉnh (xem 6.4):
 - bộ chuyển đổi nắc điều chỉnh là loại 'không tải' hay có tải;
 - các yêu cầu về ấn định tỷ số vòng dây giữa hai cuộn dây cụ thể trên máy biến áp có nhiều hơn hai cuộn dây;
 - nắc điều chỉnh bất kỳ hoặc dải điều chỉnh có thể làm giảm công suất nắc điều chỉnh;
 - số nắc điều chỉnh, kích cỡ nắc điều chỉnh hoặc kích cỡ dải điều chỉnh;

và:

- cuộn dây có nắc điều chỉnh;
- nếu dài điều chỉnh quá $\pm 5\%$, cần nêu loại điều chỉnh điện áp, và vị trí nắc điều chỉnh dòng điện lớn nhất, nếu có;
hoặc:
 - hướng của luồng công suất (có thể là cả hai hướng);
 - điện áp nào phải thay đổi đối với mục đích xác định điện áp nắc điều chỉnh danh định;
 - hệ số công suất đầy tải nhỏ nhất.

- I) Điện áp cao nhất đối với thiết bị (U_m) cho từng cuộn dây có đầu nối pha và đầu nối trung tính (về cách điện, xem TCVN 6306-3 (IEC 60076-3)).
- m) Phương pháp nối đất hệ thống (đối với từng cuộn dây).
- n) Mức cách điện và mức thử nghiệm điện môi (xem TCVN 6306-3 (IEC 60076-3)), đối với từng cuộn dây có đầu nối pha và đầu nối trung tính.
- o) Các yêu cầu về ký hiệu đầu nối và đầu nối trung tính cho từng cuộn dây.
- p) Đặc điểm riêng về lắp đặt, lắp ráp, vận chuyển và nâng hạ. Các hạn chế về kích thước và khối lượng.
- q) Chi tiết về điện áp nguồn cung cấp phụ trợ tự dùng (cho quạt và máy bơm, bộ chuyển đổi nắc điều chỉnh, báo động, v.v...).
- r) Các bố trí cần thiết và sự chỉ thị đặt ở phía để dễ dàng đọc được đồng hồ, tấm thông số đặc trưng, bộ chỉ thị mức dầu, v.v...
- s) Loại hệ thống chứa dầu.
- t) Đối với máy biến áp nhiều cuộn dây, cần nêu các tổ hợp công suất-phụ tải, công bố, khi cần thì chỉ rõ các công suất tác dụng và công suất phản kháng riêng rẽ, đặc biệt với trường hợp máy biến áp tự ngẫu nhiều cuộn dây.
- u) Thông tin về độ tăng nhiệt lớn nhất được bảo đảm.
- v) Điều kiện làm việc không bình thường (xem Điều 4 và 5.5).
- w) Chi tiết về loại và bố trí đầu nối, ví dụ sứ xuyên không khí hoặc hộp cáp hoặc thanh cái cách điện bằng khí.
- x) Mỗi nối lõi và khung có nên được đưa ra để nối đất bên ngoài.

A.1.2 Các thông tin đặc biệt

Các thông tin bổ sung sau đây phải được đưa ra nếu người mua yêu cầu hạng mục đặc biệt:

- a) Nếu yêu cầu thử nghiệm điện áp xung sét, chỉ ra thử nghiệm có bao gồm thử nghiệm sóng cắt không (xem TCVN 6306-3 (IEC 60076-3)).
- b) Có yêu cầu có cuộn dây ổn định hay không và nếu có phải nêu phương pháp nối đất.
- c) Trở kháng ngắn mạch, hoặc dây trở kháng (xem Phụ lục C). Đối với máy biến áp có nhiều cuộn dây, phải nêu tất cả các trở kháng quy định đối với các cặp cuộn dây cụ thể (cùng với các thông số đặc trưng chuẩn liên quan nếu như các giá trị cho bằng phần trăm).
- d) Dung sai về tỷ số điện áp và trở kháng ngắn mạch được lấy theo thỏa thuận trong Bảng 1, hoặc lệch với các giá trị đã cho trong bảng đó.
- e) Nếu máy biến áp cho phép đổi nối cuộn dây thì phải chỉ ra cách đổi nối và việc đấu nối nào được yêu cầu khi xuất xưởng.
- f) Các đặc tính ngắn mạch của lõi điện (biểu thị bằng công suất hoặc dòng điện ngắn mạch hoặc các dữ liệu về trở kháng của hệ thống) và các giới hạn có thể ảnh hưởng đến thiết kế của máy biến áp (xem TCVN 6306-5 (IEC 60076-5)).
- g) Chi tiết về các yêu cầu độ ồn, độ đảm bảo và các phép đo đặc biệt (IEC 60076-10).
- h) Độ chịu chấn không của thùng máy biến áp, bình dầu phụ, và các thiết bị làm mát nếu yêu cầu một giá trị xác định.
- i) Các thử nghiệm đặc biệt chưa đề cập đến ở trên mà được yêu cầu bởi người mua.
- j) Thông tin về việc đánh giá tổn hao hoặc tổn hao lớn nhất.
- k) Các giới hạn về kích thước vật lý, ví dụ đối với việc lắp đặt trên nền cát sỏi hoặc trong tòa nhà. Các giới hạn đặc biệt về không gian lắp đặt có thể ảnh hưởng đến các khoảng cách cách điện và vị trí các đầu nối của máy biến áp.
- l) Giới hạn về kích thước và khối lượng vận chuyển. Giá trị chịu được gia tốc nhỏ nhất nếu giá trị này cao hơn giá trị được quy định trong 5.7.4.2.
- m) Các điều kiện vận chuyển và lưu kho không được đề cập trong các điều kiện bình thường được mô tả trong 5.7.4 và 4.2.
- n) Tất cả các yêu cầu hoặc giới hạn bảo trì đặc biệt.
- o) Có yêu cầu buồng thử ngắn điện đối với các mối nối cáp trực tiếp hay không.
- p) Có yêu cầu các phương tiện để giám sát tình trạng hay không (xem Phụ lục F)
- q) Việc xem xét tất cả các vấn đề môi trường đặc biệt đối với tác động của máy biến áp lên môi trường phải được tính đến trong thiết kế máy biến áp, xem Phụ lục G.
- r) Tất cả các vấn đề về sức khỏe và an toàn đặc biệt, phải được tính đến trong thiết kế của máy biến áp liên quan đến chế tạo, lắp đặt, vận hành, bảo trì và xử lý, xem Phụ lục G.
- s) Các điều kiện làm việc có điện không bình thường như:

- 1) Máy biến áp được nối trực tiếp với máy phát điện hoặc qua một thiết bị đóng cắt và có chịu điều kiện cắt tải hoặc điều kiện cắt tải đặc biệt hay không.
- 2) Dạng sóng của dòng điện phụ tải có biến dạng mạnh hay không. Dự kiến có một phụ tải ba pha không đối xứng hay không. Trong cả hai trường hợp cần nêu chi tiết.
- 3) Máy biến áp nối trực tiếp hoặc qua một đoạn dây ngắn của đường dây trên không vào thiết bị đóng cắt có cách điện bằng khí (GIS).
- 4) Các máy biến áp phải chịu quá dòng thường xuyên hay không, ví dụ các máy biến áp lò hoặc máy biến áp dùng cho thiết bị kéo.
- 5) Chi tiết về các quá tải thường xuyên theo chu kỳ đã dự kiến, ngoài các quá tải đã được đề cập ở 5.1.4 (để cho phép xây dựng các thông số đặc trưng của các phụ kiện của máy biến áp).
- 6) Điện áp xoay chiều không cân bằng hoặc sự sai lệch của điện áp hệ thống điện xoay chiều khôi dảng sóng về cơ bản là hình sin.
- 7) Phụ tải làm cho dòng điện sóng hài không bình thường ví dụ như có thể gây ra trong trường hợp dòng điện tải đáng kể được điều khiển bởi thiết bị bán dẫn hoặc thiết bị tương tự. Dòng điện sóng hài này có thể gây hao quá mức và đốt nóng không bình thường.
- 8) Các điều kiện mang tải quy định (công suất ra kVA, hệ số công suất phụ tải của cuộn dây và điện áp cuộn dây) được kết hợp với máy biến áp nhiều cuộn dây và máy biến áp tự ngắn.
- 9) Kích thích quá 110 % điện áp danh định hoặc 110 % V/Hz danh định.
- 10) Ngắn mạch có kế hoạch như một phần hoạt động thường xuyên hoặc hoạt động được bảo vệ bằng role.
- 11) Các điều kiện ứng dụng ngắn mạch không thường xuyên khác với các điều kiện trong TCVN 6306-5 (IEC 60076-5).
- 12) Các điều kiện điện áp không bình thường bao gồm quá điện áp quá độ, cộng hưởng, quá điện áp thao tác, v.v... có thể yêu cầu sự xem xét đặc biệt trong thiết kế cách điện.
- 13) Từ trường mạnh khác thường. Cần lưu ý rằng nhiều mặt trời-từ có thể gây ra dòng tele trong dây nối đất của máy biến áp.
- 14) Máy biến áp lớn có lắp thanh dẫn dòng điện lớn. Cần lưu ý rằng dòng điện lớn trong các thanh cái trong các ống dẫn cách ly, tạo ra từ trường mạnh có thể gây ra dòng điện lưu thông không theo dự kiến trong thùng máy, vỏ máy biến áp và trong ống dẫn thanh cái. Tốn hao do các dòng điện không dự kiến này có thể gây ra nhiệt quá mức khi các biện pháp hiệu chỉnh không có trong thiết kế.
- 15) Hoạt động song song. Lưu ý rằng khi hoạt động song song là bình thường thì người sử dụng nên thông báo cho nhà chế tạo biết khi làm việc song song với máy biến áp khác đã được lên kế hoạch và nhận biết máy biến áp có liên quan.

- 16) Sự gián đoạn cấp điện xảy ra quá 24 lần mỗi năm.
- 17) Thường xuyên ngắn mạch.
- i) Điều kiện môi trường vật lý khác thường
- 1) Độ cao trên mực nước biển, nếu như quá 1 000 m (3 300 ft).
 - 2) điều kiện nhiệt độ môi chất làm mát bên ngoài đặc biệt, nằm ngoài dải bình thường (xem 4.2 b)), hoặc giới hạn về tuần hoàn không khí làm mát.
 - 3) Hoạt động động đất tại nơi lắp đặt cần xem xét cụ thể.
 - 4) Khói có hại do hơi nước, bụi quá mức hoặc bụi ăn mòn, hỗn hợp khí nổ hoặc khí đốt, hơi nước, nhiễm mặn, độ ẩm quá mức hoặc nước nhỏ giọt, v.v...
 - 5) Rung, nghiêng hoặc chấn động không bình thường.

A.2 Vận hành song song

Nếu yêu cầu vận hành song song với các máy biến áp đã có từ trước thì phải chỉ rõ và phải cho các thông tin sau đây về máy biến áp đã có:

- a) Công suất danh định.
- b) Tỷ số điện áp danh định.
- c) Tỷ số điện áp tương ứng với nấc điều chỉnh không phải là nấc điều chỉnh chính.
- d) Tồn hao có tài ở dòng điện danh định trên nấc điều chỉnh chính được qui về nhiệt độ chuẩn tương ứng, xem 11.1.
- e) Trở kháng ngắn mạch trên nấc điều chỉnh chính và trên nấc điều chỉnh biên, nếu điện áp trên dải điều chỉnh biên sai lệch quá 5 % so với nấc điều chỉnh chính. Trở kháng trên các nấc điều chỉnh khác nếu có.
- f) Sơ đồ đấu nối, hoặc ký hiệu đấu nối hoặc cả hai.

CHÚ THÍCH: Ở các máy biến áp nhiều cuộn dây, thường đòi hỏi các thông tin phụ khác.

Phụ lục B
(tham khảo)

Các ví dụ về quy định kỹ thuật đối với các máy biến áp có nắc điều chỉnh

B.1 Ví dụ 1 – Điều chỉnh điện áp từ thông không đổi (CFVV)

Máy biến áp ba pha có các thông số đặc trưng 66 kV/20 kV ba pha 40 MVA và dải điều chỉnh là $\pm 10\%$ trên cuộn dây 66 kV với 11 vị trí điều chỉnh. Viết tắt là: $(66 \pm 5 \times 2\%) / 20$ kV.

loại điều chỉnh điện áp:	CFVV
công suất danh định:	40 MVA
điện áp danh định:	66 kV/20 kV
cuộn dây có nắc điều chỉnh:	66 kV (dải điều chỉnh $\pm 10\%$)
số vị trí điều chỉnh:	11

Nếu máy biến áp phải có nắc điều chỉnh công suất giảm, ví dụ, từ nắc điều chỉnh – 6 %, thêm:

nắc điều chỉnh dòng điện tối đa:	nắc – 6 %
----------------------------------	-----------

Dòng điện nắc điều chỉnh của cuộn dây điện áp cao (HV) khi đó bị giới hạn ở mức 372 A từ nắc điều chỉnh – 6 % đến nắc điều chỉnh biên –10 %, ở đó công suất nắc điều chỉnh giảm xuống còn 38,3 MVA.

B.2 Ví dụ 2 – Điều chỉnh điện áp từ thông thay đổi

Máy biến áp ba pha có các thông số đặc trưng 66 kV/6 kV, 20 MVA và dải điều chỉnh là +15 %, -5 % trên cuộn dây điện áp cao nhưng có điện áp nắc điều chỉnh không đổi đối với cuộn dây điện áp cao và điện áp nắc điều chỉnh thay đổi đối với cuộn dây điện áp thấp, từ:

$$\frac{6}{0,95} = 6,32 \text{ kV} \text{ đến } \frac{6}{1,15} = 5,22 \text{ kV}$$

loại điều chỉnh điện áp:	VFVV
công suất danh định:	20 MVA
điện áp danh định:	66 kV/ 6 kV
cuộn dây có nắc điều chỉnh:	66 kV (dải điều chỉnh +15 %, -5 %)
số vị trí điều chỉnh:	13
điện áp nắc điều chỉnh của cuộn dây 6 kV:	6,32 kV, 6 kV, 5,22 kV

Nếu máy biến áp phải có nắc điều chỉnh công suất giảm, cần thêm, ví dụ:

nắc điều chỉnh dòng điện tối đa:	nắc + 5 %
----------------------------------	-----------

'Đòng điện nắc điều chỉnh' của cuộn dây không có nắc điều chỉnh (LV) khi đó bị giới hạn ở mức 2 020 A từ nắc điều chỉnh + 5 % đến nắc điều chỉnh biên +15 %, ở đó công suất nắc điều chỉnh giảm xuống còn 18,3 MVA.

B.3 Ví dụ 3 – Điều chỉnh điện áp tổ hợp

Máy biến áp ba pha có thông số đặc trưng 160 kV/20 kV, 40 MVA và dải điều chỉnh $\pm 15\%$ trên cuộn dây 160 kV. Điểm chuyển đổi (nắc điều chỉnh có điện áp tối đa), là nắc + 6 %, và cũng có nắc điều chỉnh dòng điện tối đa trong vùng CFVV là - 9 %:

cuộn dây có nắc điều chỉnh: 160 kV, dải điều chỉnh $\pm 10 \times 1,5\%$.

Bảng B.1 - Ví dụ về điều chỉnh điện áp tổ hợp

Nắc điều chỉnh	Tỷ số điện áp	Điện áp nắc điều chỉnh		Đòng điện nắc điều chỉnh		Công suất nắc điều chỉnh S,MVA
		U_{HV} kV	U_{LV} kV	I_{HV} A	I_{LV} A	
1 (+15 %)	9,20	169,6	18,43	125,6	1 155	36,86
7 (+ 6 %)	8,48	169,6	20	136,2	1 155	40
11 (0 %)	8	160	20	144,4	1 155	40
17 (- 9 %)	7,28	145,6	20	158,7	1 155	40
21 (- 15 %)	6,80	136	20	158,7	1 080	37,4

CHÚ THÍCH 1: Để hoàn chỉnh các dữ liệu đối với các nắc điều chỉnh trung gian, bảng trên đây có thể được sử dụng trên các tám thông số đặc trưng.

CHÚ THÍCH 2: So sánh quy định này với quy định của CFVV là:

$$(160 \pm 15\%) / 20 \text{ kV} = 40 \text{ MVA}$$

Điều khác nhau là điện áp nắc điều chỉnh HV, theo ví dụ này, không quá "điện áp cao nhất của lưới" của lưới cao áp (HV) là 170 kV (giá trị tiêu chuẩn hóa của IEC). Đại lượng "điện áp cao nhất dùng cho thiết bị" được đặc trưng bởi cách điện của cuộn dây, cũng là 170 kV (xem TCVN 6306-3 (IEC 60076-3)).

B.4 Ví dụ 4 – Quy định kỹ thuật chức năng của nắc điều chỉnh

Nguyên tắc của quy định kỹ thuật chức năng của máy biến áp có cuộn dây theo 6.4.3 là nhằm cung cấp một khuôn khổ cho các quy định kỹ thuật của các yêu cầu hoạt động khi theo thiết kế chi tiết của cuộn dây và các bộ trí nắc điều chỉnh của nhà chế tạo.

Ba yêu cầu cụ thể phải được chỉ định một cách thỏa đáng là:

- điện áp làm việc;
- khả năng mang dòng điện tải;
- trở kháng.

Nếu không có quy định nào khác, điện áp làm việc lớn nhất cần được lấy trên nấc điều chỉnh bất kỳ và đồng thời là giới hạn trên của điện áp trên tất cả các cuộn dây, ví dụ, máy biến áp giảm áp có nấc điều chỉnh LV +15 % và điện áp làm việc lớn nhất được quy định là +10 % điện áp danh định thì không được sử dụng ở không tải trên nấc điều chỉnh đó ở điện áp HV vượt quá -5 % điện áp danh định, nhưng khi có tải, thì có thể sử dụng nấc điều chỉnh ở điện áp HV cao hơn để bù đắp cho sụt áp trong máy biến áp. Thời gian làm việc ngắn ở điện áp LV cao hơn có thể được yêu cầu trong tình trạng loại bỏ tải.

Dòng điện trên phía tải được cho bằng công suất danh định chia cho điện áp danh định (ở nấc điều chỉnh chính). Máy biến áp được quy định theo 6.4.3 phải có khả năng cung cấp dòng điện tải này ở tất cả các vị trí nấc điều chỉnh. Ngoài ra, khả năng mang dòng điện tải có thể được quy định cho mỗi nấc điều chỉnh.

Cần lưu ý đặc biệt để đưa ra các quy định kỹ thuật về trở kháng theo phần trăm và cơ sở về điện áp và công suất phải rõ ràng hoặc theo quy ước về trở kháng đối với nấc điều chỉnh đặc biệt được dựa trên công suất danh định ở nấc điều chỉnh chính và điện áp của nấc điều chỉnh đặc biệt đó. Chỉ với lý do này, điều chỉnh điện áp phải được đưa ra trên HV hoặc LV.

Ví dụ dưới đây là quy định kỹ thuật như vậy và máy biến áp liên quan.

B.4.1 Ví dụ 4.1 – Máy biến áp được quy định có điều chỉnh điện áp HV

Máy biến áp phù hợp để làm việc giảm áp

công suất danh định Sr:	70 MVA ở nấc điều chỉnh chính
điện áp danh định:	220 kV / 90 kV
điện áp làm việc tối đa:	+10 %
số lượng nấc điều chỉnh:	26
kích cỡ nấc điều chỉnh:	1 %
điều chỉnh điện áp phía HV:	+10 % – 15 %
trở kháng:	10 % trên tất cả các nấc điều chỉnh trên cơ sở 70 MVA
hệ số công suất mang tải đầy đủ tối thiểu	0,8

Bảng B.2 – Ví dụ về quy định kỹ thuật chức năng với điều chỉnh điện áp HV

Nấc điều chỉnh	Tỷ số điện áp không tải	Điện áp nấc điều chỉnh danh định		Điện áp liên tục tối đa (mang tải)		Dòng điện nấc điều chỉnh danh định		Công suất nấc điều chỉnh	Trở kháng ngắn mạch	Dòng điện ngắn mạch xuất hiện trên LV tại 220 kV	
		U _{HV} kV	U _{LV} kV	HV kV	LV kV	I _{HV} A	I _{LV} A				
1 (+10 %)	2,69	242	90	242	99	167	449	70	10	84	4,08
7 (+5 %)	2,57	231	90	242	99	175	449	70	10	76	4,28
11 (0 %)	2,44	220	90	242	99	184	449	70	10	69	4,49
17 (-5 %)	2,32	209	90	242	99	193	449	70	10	62	4,73
21 (-10 %)	2,20	198	90	242	99	204	449	70	10	56	4,99
27 (-15 %)	2,08	187	90	242	99	216	449	70	10	50	5,28

*Qui về 70 MVA.

CHÚ THÍCH 1: Dòng điện ngắn mạch xuất hiện ở đầu nối LV với điện áp 220 kV đặt vào đầu nối HV được tính như dưới đây, giả định rằng không có trở kháng hệ thống lưới.

$$I_{SC} = \frac{220}{U_{HV}} \times I_{LV} \times \frac{100}{z} \times \frac{S_r}{S_{nấc điều chỉnh}}$$

CHÚ THÍCH 2: Trở kháng z trong ví dụ là hằng số cùng vị trí nấc điều chỉnh cho đơn giản. Điều này không nhất thiết phải là tình huống thực tế.

CHÚ THÍCH 3: Trở kháng của máy biến áp tính bằng ôm trên mỗi pha được tính như sau:

$$Z_{HV} = \frac{z}{100} \times \frac{U_{HV}^2}{S_r}$$

B.4.2 Ví dụ 4.2 – Máy biến áp được quy định có điều chỉnh điện áp LV

Máy biến áp phù hợp để làm việc giảm áp

công suất danh định: 70 MVA ở nấc điều chỉnh chính

điện áp danh định: 220 kV / 90 kV

điện áp làm việc tối đa: +10 %

số lượng nấc điều chỉnh: 26

kích cỡ nấc điều chỉnh: 1 %

điều chỉnh điện áp phía LV: +10 % – 15 %

trở kháng: 10 % trên tất cả các nấc điều chỉnh trên cơ sở 70 MVA

hệ số công suất mang tải đầy đủ tối thiểu 0,8

CHÚ THÍCH: Các quy định kỹ thuật là tương tự như ví dụ 4.1 ngoại trừ sự thay đổi từ điều chỉnh điện áp HV sang điều chỉnh điện áp LV. Ngoài ra trên nắc điều chỉnh chính, khi được so sánh với máy biến áp trong ví dụ 1, máy biến áp này phải có trở kháng thuần trộk khác và do đó có thể có dòng điện ngắn mạch khác ở LV ngay cả khi điện áp HV và vị trí nắc điều chỉnh đều giống nhau.

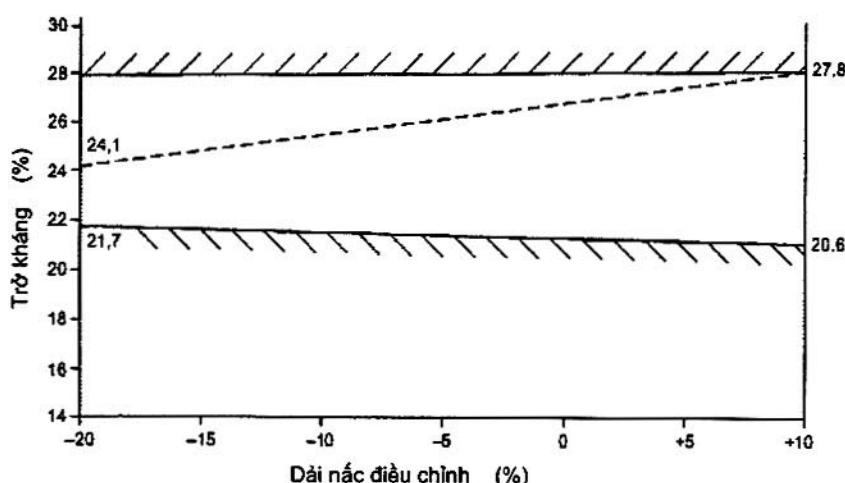
Bảng B.3 – Ví dụ về quy định kỹ thuật chức năng của điều chỉnh điện áp LV

Nắc điều chỉnh	Tỷ số điện áp không tải	Điện áp nắc điều chỉnh danh định		Điện áp liên tục tối đa (mang tải)		Dòng điện nắc điều chỉnh danh định		Công suất nắc điều chỉnh	Trở kháng ngắn mạch		Dòng điện ngắn mạch xuất hiện trên LV tại 220 kV
		U _{HV} kV	U _{LV} kV	HV kV	LV kV	I _{HV} A	I _{LV} A		S _{nắc điều chỉnh} MVA	Z %	
1 (+10 %)	2,72	220	81	242	99	165	449	63	10	69	4,99
7 (+5 %)	2,57	220	85,5	242	99	175	449	66,5	10	69	4,73
11 (0 %)	2,44	220	90	242	99	184	449	70	10	69	4,49
17 (-5 %)	2,33	220	94,5	242	99	193	449	73,5	10	69	4,29
21 (-10 %)	2,22	220	99	242	99	202	449	77	10	69	4,08
27 (-15 %)	2,13	220	103,5	242	99	211	449	80,5	10	69	3,90

^a Qui về 70 MVA.

Phụ lục C
(tham khảo)

Quy định kỹ thuật của trở kháng ngắn mạch bằng các đường giới hạn



Giới hạn trên là giá trị không đổi của trở kháng ngắn mạch tính bằng phần trăm, được xác định bằng sự áp cho phép tại phụ tải quy định và hệ số công suất quy định.

Giới hạn dưới được xác định bằng quá dòng cho phép ở phía thứ cấp trong quá trình sự cố.

Đường chấm chấm là ví dụ về đường cong trở kháng ngắn mạch của máy biến áp thỏa mãn quy định này.

Hình C.1 – Ví dụ về quy định kỹ thuật của trở kháng ngắn mạch bằng các đường giới hạn

Phụ lục D

(tham khảo)

Ví dụ về các tổ nối dây máy biến áp ba pha

Các tổ nối dây thông dụng được biểu diễn trên Hình D.1 dưới đây.

0			
1			
5			
6			
11			

Các quy ước về bản vẽ cũng giống như ở Hình 2 (Điều 7) của nội dung tiêu chuẩn.

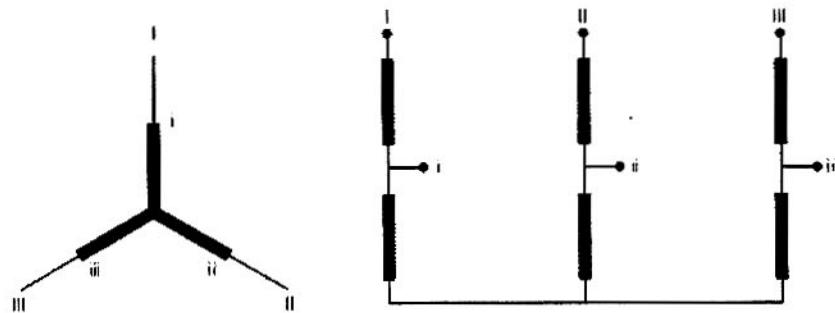
Hình D.1 – Các tổ nối dây thông dụng

Các tổ nối dây bổ sung được biểu diễn trên Hình D.2 dưới đây.

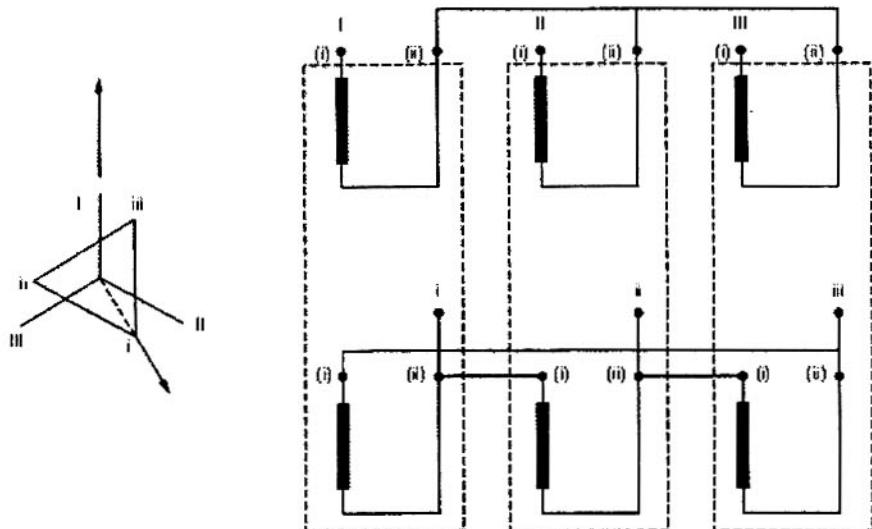
2		 Dd2  Dz2  Dd4  Dz4  Dz7  Dz8  Dz10	    
4		 Dd2  Dz2  Dd4  Dz4  Dz7  Dz8  Dz10	    
7		 Dd2  Dz2  Dd4  Dz4  Dz7  Dz8  Dz10	    
8		 Dd2  Dz2  Dd4  Dz4  Dz7  Dz8  Dz10	    
10		 Dd2  Dz2  Dd4  Dz4  Dz7  Dz8  Dz10	    

Các quy ước về bản vẽ cũng giống như ở Hình 2 (Điều 6) của nội dung tiêu chuẩn.

Hình D.2 – Các tổ nối dây bổ sung



Hình D.3 – Các tổ nối dây của máy biến áp ba pha tự ngẫu bằng ký hiệu tổ nối dây
(máy biến áp tự ngẫu Ya0)



Hình D.4 – Ví dụ về ba máy biến áp một pha đấu nối để tạo thành tổ máy ba pha
(ký hiệu tổ nối dây Yd5)

Phụ lục E

(quy định)

Hiệu chỉnh tốn hao có tải theo nhiệt độ**Danh sách các ký hiệu**

Chỉ số 1	đề cập đến phép đo "điện trở cuộn dây ở trạng thái nguội" (11.2).
Chỉ số 2	thể hiện các điều kiện trong phép đo tốn hao mang tải (11.4).
r	thể hiện các điều kiện ở 'nhiệt độ chuẩn' (11.1).
R	điện trở.
θ	nhiệt độ cuộn dây tính bằng °C.
P	tốn hao mang tải.
I	dòng điện phụ tải quy định để xác định tốn hao (dòng điện danh định, dòng điện nắc điều chỉnh, các giá trị quy định ứng với các trường hợp tải cụ thể).
P _a	"tốn hao phụ".

Việc đo điện trở cuộn dây được thực hiện ở nhiệt độ θ₁. Giá trị đo được là R₁.

Tốn hao mang tải được đo với cuộn dây ở nhiệt độ trung bình θ₂. Tốn hao đo được ứng với dòng điện I là P₂. Tốn hao này là kết hợp của 'tốn hao điện trở': I²R và 'tốn hao phụ': P_{a2}

$$R_2 = R_1 \frac{235 + \theta_2}{235 + \theta_1} \text{ (đồng)} \quad R_2 = R_1 \frac{225 + \theta_2}{225 + \theta_1} \text{ (nhôm)}$$

$$P_{a2} = P_2 - \sum I^2 R^2$$

$\sum I^2 R^2$ là tổng của tốn hao điện trở một chiều ở tất cả các cuộn dây.

Tại nhiệt độ chuẩn θ_r, điện trở cuộn dây là R_r, tốn hao phụ là P_{ar}, toàn bộ tốn hao có tải là P_r.

$$R_r = R_1 \frac{235 + \theta_r}{235 + \theta_1} \text{ (đồng)} \quad R_r = R_1 \frac{225 + \theta_r}{225 + \theta_1} \text{ (nhôm)}$$

$$P_{ar} = P_{a2} \frac{235 + \theta_2}{235 + \theta_r} \quad P_{ar} = P_{a2} \frac{225 + \theta_2}{225 + \theta_r}$$

Đối với các máy biến áp kiểu ngâm trong chất lỏng có nhiệt độ chuẩn là 75 °C, các công thức trở thành như sau:

$$R_r = R_1 \frac{310}{235 + \theta_1} \text{ (đồng)} \quad R_r = R_1 \frac{300}{225 + \theta_1} \text{ (nhôm)}$$

$$P_{ar} = P_{a2} \frac{235 + \theta_2}{310} \quad P_{ar} = P_{a2} \frac{225 + \theta_2}{300}$$

Cuối cùng: P_r = $\sum I^2 R_r + P_{ar}$

Phụ lục F

(tham khảo)

**Các phương tiện để lắp đặt hệ thống giám sát tình trạng trong tương lai
cho máy biến áp**

Trong trường hợp được yêu cầu cung cấp các phương tiện cần thiết để lắp đặt hệ thống giám sát tình trạng tương lai cho máy biến áp, các cảm biến và phương tiện sau đây cần được xem xét. Các cảm biến và phương tiện thực tế được cung cấp phải được thỏa thuận giữa nhà chế tạo và người mua và phụ thuộc vào kích cỡ và mức độ rủi ro của máy biến áp.

Hướng dẫn thêm có trong sách thông tin CIGRE 343.

Bảng F.1 – Phương tiện giám sát tình trạng

Tham số giám sát	Sự chuẩn bị được đề xuất để giám sát
Nhiệt độ điểm trên cùng của dầu	Cảm biến
Nhiệt độ điểm dưới cùng của dầu	Cảm biến
Thành phần khí đốt trong dầu (một đầu ra)	Phương tiện để lắp cảm biến
Độ ẩm trong dầu	Phương tiện để lắp cảm biến
Mức dầu theo chuông báo động của thùng dầu phụ	Công tắc báo động
Mức dầu theo chỉ thị của thùng dầu phụ	Cảm biến
Bộ giám sát nhiều loại khí đốt	Phương tiện để lắp cảm biến
Bộ cảm biến phóng điện cục bộ	Phương tiện để lắp cảm biến
Dòng điện trung tính một chiều	Phương tiện để lắp cảm biến
Mạch điện từ	Đầu nối đất được đưa ra
Nhiệt độ môi chất làm mát	Cảm biến
Hoạt động của bộ làm mát	Cảm biến lưu lượng hoặc công tắc phụ trợ
Nhiệt độ dầu ở đầu vào bộ làm mát	Cảm biến
Nhiệt độ dầu ở đầu ra bộ làm mát	Cảm biến
Điện áp ở nắc điều chỉnh sứ xuyên	Phương tiện để lắp bộ chuyển đổi
Dòng điện tải	Ct bổ sung
Áp suất dầu sứ xuyên	Phương tiện để lắp cảm biến
Vị trí nắc điều chỉnh	Cảm biến
Mức tiêu thụ công suất tác dụng của truyền động động cơ	Phương tiện để lắp bộ chuyển đổi
Nhiệt độ dầu ngăn chứa cơ cấu chuyển mạch phân chia	Phương tiện để lắp cảm biến
Nhiệt độ dầu ngăn chứa bộ chọn	Phương tiện để lắp cảm biến
Nhiệt độ thùng chính gắn bộ chuyển đổi nắc điều chỉnh	Phương tiện để lắp cảm biến
Chỉ thị mức dầu phân chia	Phương tiện để lắp cảm biến
Báo động mức dầu phân chia	Công tắc báo động
Tình trạng dầu phân chia	Phương tiện để lắp cảm biến
Giám sát chuyển mạch phân chia	Công tắc phụ trợ trong bộ phân chia
Nhiệt độ điểm nóng của cuộn dây	Cảm biến

Phụ lục G
(tham khảo)

Xem xét về môi trường và an toàn

Ảnh hưởng của máy biến áp đến môi trường cần được xem xét bởi cả nhà chế tạo và người sử dụng qua tuổi thọ của tổ máy từ thiết kế đến sử dụng. Việc xem xét này cần tính đến các yếu tố dưới đây và các nỗ lực được thực hiện để giảm thiểu toàn bộ ảnh hưởng của sản xuất, sử dụng và loại bỏ.

- 1) Các nguyên vật liệu cho các máy biến áp phải được đánh giá theo các tiêu chí sau đây :
 - a) mức tiêu thụ năng lượng trong quá trình khai thác, tinh chế và sản xuất;
 - b) sản phẩm loại bỏ và mức ô nhiễm trong quá trình khai thác, tinh chế và sản xuất;
 - c) ảnh hưởng độc hại hoặc các ảnh hưởng sức khỏe khác của vật liệu hoặc quy trình đối với công nhân trong quá trình khai thác, tinh chế và sản xuất;
 - d) ảnh hưởng của vật liệu đến môi trường.
- 2) Quy định kỹ thuật và thiết kế của máy biến áp cần xét đến:
 - a) an toàn con người khi chế tạo, lắp đặt, vận hành, bảo trì và loại bỏ;
 - b) tiêu thụ năng lượng trong suốt tuổi thọ của máy biến áp;
 - c) việc sử dụng nguyên vật liệu có thể được xác nhận trên máy biến áp;
 - d) loại bỏ hoặc giảm thiểu việc sử dụng các vật liệu nguy hiểm hoặc gây tổn hại cho môi trường;
 - e) chính sách ngăn ngừa các vật liệu nguy hiểm hoặc vật liệu gây tổn hại cho môi trường;
 - f) việc xử lý máy biến áp, loại bỏ hoặc giảm thiểu việc sử dụng các vật liệu hoặc hỗn hợp các vật liệu có thể khó hoặc không thể tái sử dụng hoặc tái chế.
- 3) Đối với giai đoạn sản xuất, khách hàng nên xem xét quy định kỹ thuật và nhà chế tạo cần xem xét trong quá trình chế tạo máy biến áp:
 - a) cách sử dụng hệ thống quản lý môi trường (ISO 14001);
 - b) sử dụng hiệu quả năng lượng và nguồn năng lượng;
 - c) loại bỏ hoặc giảm thiểu bức xạ và rác thải có hại cho môi trường;
 - d) sử dụng lại hoặc tái chế rác thải bất kỳ nào;
 - e) sức khỏe và an toàn của lực lượng lao động.
- 4) Các xem xét khác
 - a) sử dụng năng lượng và tác động môi trường của việc vận chuyển tại chỗ
 - b) Xử lý hoặc tái sử dụng vật liệu bao gói;

- c) Ánh hưởng đến sức khỏe và môi trường của các chất bất kỳ nào có thể sinh ra do điều kiện sự cố tiềm năng;
- d) Tiềm năng đối với việc để thoát các vật liệu có hại cho môi trường trong quá trình hoạt động bất thường hoặc lỗi.

Chu kỳ tuổi thọ của máy biến áp có thể được xem xét về vật liệu và đầu ra năng lượng và đầu ra loại bỏ.

Thư mục tài liệu tham khảo

- [1] IEC 60050-421:1990, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 421: Power transformers and reactors* (*Từ vựng kỹ thuật điện quốc tế - Chương 421: Máy biến áp và cuộn kháng*)
- [2] IEC 60060 (tất cả các phần), *High-voltage test techniques* (*Kỹ thuật thử nghiệm điện áp cao*)
- [3] IEC 60068-3-3, *Environmental testing – Part 3: Guidance – Seismic test methods for equipment* (*Thử nghiệm môi trường – Phần 3: Hướng dẫn – Phương pháp thử nghiệm động đất đối với thiết bị*)
- [4] IEC 60076-4, *Power transformers – Part 4: Guide to lightning impulse and switching impulse testing – Power transformers and reactors* (*Máy biến áp điện lực – Phần 4: Hướng dẫn để thử nghiệm xung chớp và xung đóng cắt – Máy biến áp điện lực và cuộn kháng*)
- [5] IEC 60076-6, *Power transformers – Part 6: Reactors* (*Máy biến áp điện lực – Phần 6: Cuộn kháng*)
- [6] IEC 60076-7, *Power transformers – Part 7: Loading guide for oil-immersed power transformers* (*Máy biến áp điện lực – Phần 7: Dẫn hướng mang tải đối với máy biến áp ngâm trong dầu*)
- [7] IEC 60076-8:1997, *Power transformers – Part 8: Application guide* (*Máy biến áp điện lực – Phần 8: Hướng dẫn áp dụng*)
- [8] IEC 60076-10-1, *Power transformers – Determination of sound levels – Application guide* (*Máy biến áp điện lực – Xác định độ ồn – Hướng dẫn áp dụng*)
- [9] IEC 60076-12, *Power transformers – Loading guide for dry-type transformers* (*Máy biến áp điện lực – Hướng dẫn mang tải đối với máy biến áp kiểu khô*)
- [10] IEC 60076-13, *Power transformers – Self-protected liquid-filled transformers* (*Máy biến áp điện lực – Máy biến áp đồ đầy chất lỏng tự bảo vệ*)
- [11] IEC 60076-14, *Power transformers – Design and application of liquid-immersed power transformers using high-temperature insulation materials* (*Máy biến áp điện lực – Thiết kế và áp dụng máy biến áp điện lực ngâm trong chất lỏng sử dụng vật liệu cách điện ở nhiệt độ cao*)
- [12] IEC 60076-15, *Power transformers – Gas-filled-type power transformers* (*Máy biến áp điện lực – máy biến áp điện lực loại đồ đầy khí*)
- [13] IEC 60076-16, *Power transformers – Part 16 : Transformers for wind turbines application* (*Máy biến áp điện lực – Phần 16: Máy biến áp dụng cho ứng dụng tua bin gió*)
- [14] IEC 60270, *High voltage test techniques – Partial discharge measurements* (*Kỹ thuật thử nghiệm điện áp cao – Phép đo phóng điện cục bộ*)
- [15] IEC 60310, *Railway applications – Traction transformers and inductors on board rolling stock* (*Ứng dụng đường sắt – Máy biến áp của phương tiện kéo và cuộn cảm lắp trên đầu kéo*)

TCVN 6306-1:2015

- [16] IEC 60529:1989, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)* (Cấp bảo vệ bằng vỏ ngoài (mã IP))
- [17] IEC/TR 60616:1978, *Terminal and tapping markings for power transformers* (Ghi nhãn đầu nối và nắc điều chỉnh đối với máy biến áp điện lực)
- [18] IEC/TS 60815 (tất cả các phần), *Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions* (Lựa chọn và kích thước của cách điện điện áp cao được thiết kế để sử dụng trong môi trường ô nhiễm)
- [19] IEC 61378 (tất cả các phần), *Convertor transformers* (Máy biến áp biến đổi)
- [20] IEC 61378-1, *Convertor transformers – Part 1: Transformers for industrial applications* (Máy biến áp biến đổi – Phần 1: Máy biến áp dùng cho ứng dụng công nghiệp)
- [21] IEC 61378-2, *Convertor transformers – Part 2: Transformers for HVDC applications* (Máy biến áp biến đổi – Phần 2: Máy biến áp dùng cho ứng dụng HVDC)
- [22] IEC 62032, *Guide for the application, specification, and testing of phase-shifting transformers* (Hướng dẫn ứng dụng, quy định kỹ thuật và thử nghiệm máy biến áp chuyển pha)
- [23] IEC 62262, *Degrees of protection provided by enclosures for electrical equipment against external mechanical impact (IK code)* (Cấp bảo vệ vỏ ngoài đối với thiết bị điện ngăn ngừa tác động cơ bên ngoài (mã IK))
- [24] ISO 3:1973, *Preferred numbers – Series of preferred numbers* (Số tham chiếu – Dãy số ưu tiên)
- [25] ISO 2178:1982, *Non-magnetic coatings on magnetic substrates – Measurement of coating thickness – Magnetic method* (Lớp mạ không từ trên vật từ tính – Phép đo chiều dày lớp mạ - Phương pháp từ)
- [26] ISO 2409:2007, *Paints and varnishes – Cross-cut test* (Sơn và véc ni – Thủ nghiệm cắt chữ thập)
- [27] ISO 12944 (tất cả các phần), *Paints and varnishes – Corrosion protection of steel structures by protective paint systems* (Sơn và véc ni – Bảo vệ chống ăn mòn của kết cấu thép bằng hệ thống sơn bảo vệ)
- [28] ISO 14001, *Environmental management systems – Specification with guidance for use* (Hệ thống quản lý môi trường – Quy định kỹ thuật về hướng dẫn sử dụng)
- [29] ISO 14122 (tất cả các phần), *Safety of machinery – Permanent means of access to machinery* (An toàn máy – Phương tiện cố định tiếp cận đến máy)
- [30] ANSI/IEEE C57.12.00, *General requirements for liquid-immersed distribution, power and regulating transformers* (Yêu cầu chung đối với máy biến áp điều chỉnh, máy biến áp công suất và máy biến áp phân phối ngâm trong chất lỏng)

[31] ANSI/IEEE C57.12.90, *IEEE standard test code for liquid-immersed distribution, power and regulating transformers* (mã thử nghiệm tiêu chuẩn IEEE đối với máy biến áp phân phối, điện lực và điều chỉnh ngâm trong chất lỏng)

[32] IEEE C57.142, *Guide to describe the occurrence and mitigation of switching transients induced by transformer, switching device, and system interaction* (Hướng dẫn để mô tả sự xuất hiện và giảm thiểu quá độ chuyển mạch gây ra bởi máy biến áp, cơ cấu chuyển mạch và tương tác hệ thống)

[33] CIGRE Brochure 156, *Guide for customers specifications for transformers 100 MVA and 123 kV and above* (Hướng dẫn khách hàng các quy định kỹ thuật đối với máy biến áp 100 MVA và 123 kV và cao hơn)

[34] CIGRE Brochure 204, *Guide for transformer design review* (Hướng dẫn về việc xem xét thiết kế máy biến áp)

[35] CIGRE Brochure 343, *Recommendations for Condition Monitoring and Condition Assessment Facilities for Transformers* (Khuyên cáo về các phương tiện giám sát điều kiện và đánh giá điều kiện đối với máy biến áp)
