

BÀI 01

TÍNH-TOÁN DÂY QUẤN

BIẾN-ÁP 1 PHA

1.1. YÊU CẦU THỰC HIỆN :

- ❖ Sinh viên dựa trên kích thước lõi thép đang có sẵn và sơ đồ nguyên lý của biến áp một pha yêu cầu thực hiện; tính toán số liệu dây quấn biến áp.
- ❖ Số liệu tính toán dây quấn phải đầy đủ các thông số sau: Số vòng dây quấn (phía sơ cấp và thứ cấp); đường kính dây quấn (dây trần) và đường kính dây tính đến lớp men (email) cách điện bọc xung quanh . Khối lượng dây quấn.
- ❖ Kiểm tra điều kiện lắp dây; và ước tính số vòng một lớp và số lớp trước khi thi công.

1.2.MỤC ĐÍCH : Bài thực tập 1 giúp sinh viên nắm vững các vấn đề sau:

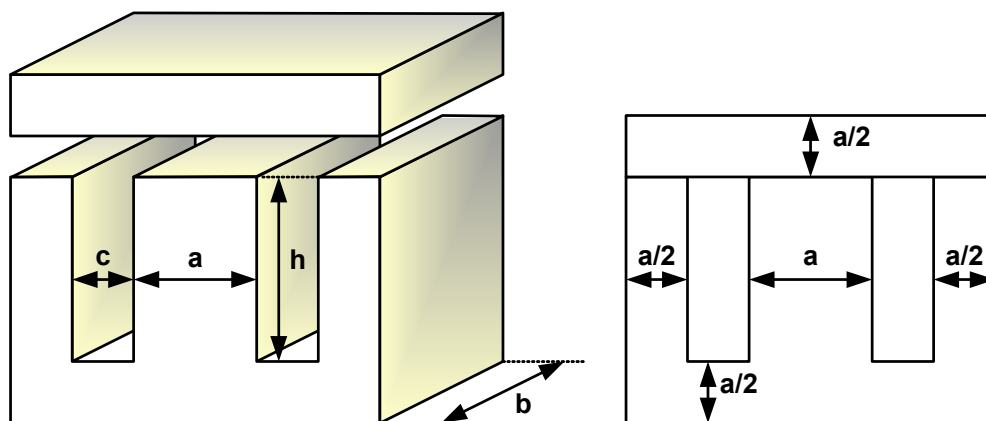
- ❖ Áp dụng phương pháp tính toán dây quấn biến áp theo lý thuyết vào một lõi thép biến áp cho trước.
- ❖ Giúp sinh viên hiểu rõ ý nghĩa của các thông số tính toán nêu trong lý thuyết như : hệ số lấp đầy, số vòng một lớp và số lớp. . .
- ❖ Dựa vào thông số tính toán theo lý thuyết cho dây quấn, chúng ta thực hiện việc bố trí các đầu ra dây biến áp đúng tiêu chuẩn nhưng tạo được nét mỹ thuật cho bộ dây biến áp.

1.3.NỘI DUNG THỰC TẬP :

Quá trình thực tập tiến hành theo các bước như sau:

BƯỚC 1 : Đo các kích thước tiêu chuẩn của lá thép E,I .

Khi sử dụng lõi thép E, I; sinh viên cần đo các kích thước sau (xem hình 1.1) nếu sử dụng lá thép E, I đúng tiêu chuẩn.



HÌNH 1.1: Các kích thước cơ bản của lõi thép dạng E,I .

Ký hiệu và tên gọi các kích thước cơ bản của lõi thép:

- ✚ a : Bề rộng trụ giữa của lõi thép.
- ✚ b : Bề dày của lõi thép biến áp.
- ✚ c: bề rộng của sổ lõi thép .
- ✚ h: bề cao của sổ lõi thép.

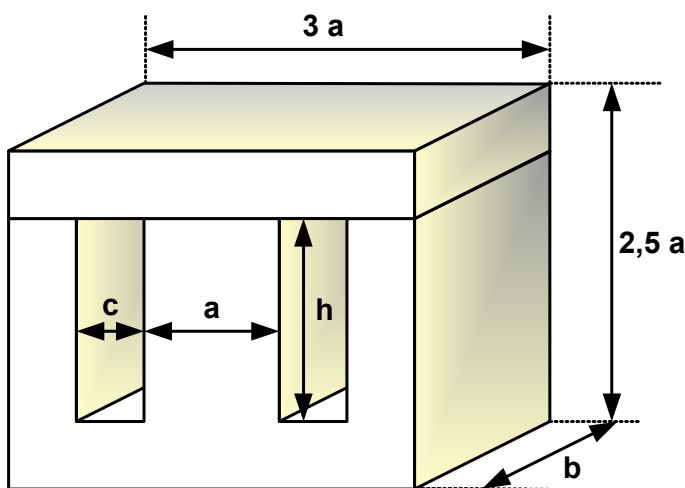
Các kích thước này khi đo tính theo đơn vị (mm) hay (cm).

CHÚ Ý:

- Các kích thước a , c và h được đo trực tiếp trên một lá thép E , I.
- Dụng cụ đo là thước kẹp (sai số 1/50 mm).
- Riêng **kích thước b được xác định gián tiếp** bằng cách đo xác định bề dày của mỗi lá thép E, I ; sau đó đếm tổng số lá thép E và tổng số lá thép I. Từ đó tính ra bề dày lõi thép biến áp bằng cách áp dụng quan hệ sau:

$$b = (\text{Bề dày 1 lá thép}) \times (\text{Tổng số lá thép}) \tag{1.1}$$

- Với lá thép kỹ thuật điện tiêu chuẩn thuộc dạng tôle cán nóng hay cán lạnh vận hành tại tần số $f = 50\text{Hz}$, bề dày tiêu chuẩn của lá thép thường thuộc một trong hai cỡ sau : 0,5 mm ; hay 0,35 mm.
- Kích thước tổng quát của toàn bộ lá thép sau khi ghép sát được xác định theo hình 1.2. Chúng ta có thể tính khối lượng lõi thép biến áp (dạng tiêu chuẩn) theo quan hệ (1.2).



Gọi W_{Fer} là khối lượng của lõi thép biến áp, với giá trị khối lượng riêng của lõi thép là $7,8 \text{ kg/dm}^3$; khi biết được các kích thước cơ bản a, và b chúng ta có quan hệ sau:

$$W_{\text{fer}} = 46,8 . a^2 . b \tag{1.2}$$

Trong đó, đơn vị đo được xác định như sau:
 $(W_{\text{fer}}) = (\text{Kg}) ; (a) = (b) = (\text{dm})$

HÌNH 1.2: Các kích thước ngoài của lõi thép

✚ Sau khi xác định các kích thước lõi thép, chúng ta tính tiết diện trụ giữa của lõi thép chữ E . Đây chính là tiết diện cho từ thông chính móc vòng xuyên qua các bộ dây quấn.

Gọi A_t : tiết diện trụ giữa lõi thép, ta có:

$$A_t = a . b \tag{1.3}$$

Trong đó; đơn vị đo : $(A_t) = (\text{cm}^2) ; (a) = (b) = (\text{cm})$.

BƯỚC 2 : Xác định giá trị n_v (số vòng dây quấn tạo ra 1 volt sức điện động cảm ứng) .

Trong bước này chúng ta thực hiện hai thao tác:

- ✚ Chọn mật độ từ thông (hay từ cảm) B dùng tính toán cho lõi thép.
- ✚ Áp dụng công thức tính sức điện động tạo ra trong dây quấn biến áp để tính số vòng tạo ra 1 V sức điện động cảm ứng (xem quan hệ 1.4)

$$n_v = \frac{45}{B \cdot A_t} \quad (1.4)$$

Trong đó, đơn vị đo được xác định như sau:

$$(n_v) = (\text{vòng/volt}) ; (B) = (T) ; (A_t) = (\text{cm}^2)$$

CHÚ Ý:

➤ Với lá thép kỹ thuật điện có bề dày tiêu chuẩn 0,5mm đến 0,35 mm; lá thép thuộc dạng tôle cán nóng và hàm lượng Silic từ 2% đến 4%; chúng ta chọn giá trị **mật độ từ thông $B = 1T$ đến $B = 1,2T$** (hàm lượng Silic thấp, từ cảm B chọn thấp). Lá thép kỹ thuật điện thuộc dạng **dẫn từ đẳng hướng**.

➤ Với lá thép kỹ thuật điện có bề dày tiêu chuẩn 0,5mm đến 0,35 mm; lá thép thuộc dạng tôle lạnh và hàm lượng Silic khoảng 4%; giá trị mật độ từ thông nằm trong phạm vi **$B = 1,4T$ đến $B = 1,6T$** . Đây là dạng lá thép **dẫn từ định hướng**. Với dạng lá thép này mạch từ được cấu tạo theo hình dạng đặc biệt : hình xuyên . . và không thuộc dạng E, I.

BƯỚC 3 : Xác định sơ đồ nguyên lý của máy biến áp ; tính toán số vòng dây quấn .

Theo lý thuyết **số vòng dây quấn của các cuộn dây máy biến áp** được **xác định theo sức điện động cảm ứng trong các bộ dây sơ và thứ cấp** (xem lại Lý thuyết Máy biến áp); Trong khi đó theo sơ đồ nguyên lý máy biến áp cần thực hiện, chúng ta **chỉ có được các thông số điện áp định mức của các bộ dây**.

Gọi U_1 ; U_2 lần lượt là các điện áp của dây quấn sơ và thứ cấp biến áp, chúng ta có thể tính toán số vòng dây quấn biến áp theo quan hệ (1.5) và (1.6) khi thực hiện thi công.

$$N_1 = n_v \cdot U_1 \quad (1.5)$$

$$N_2 = (1,05 \div 1,1) \cdot n_v \cdot U_2 \quad (1.6)$$

Trong đó:

- ✚ N_1 , N_2 lần lượt là số vòng dây quấn sơ cấp, và thứ cấp của biến áp
- ✚ Trong quan hệ (1.6) **khoảng giá trị (1,05 ÷ 1,1) được xem là tỉ số chênh lệch giữa sức điện động tại dây quấn thứ cấp so với điện áp định mức** tại thứ cấp lúc đầy tải.

CHÚ Ý: Trong các bài toán tính chính xác tỉ số chênh lệch này được xác định theo các bảng số thống kê chọn trước. Tỉ số này phụ thuộc vào cấp công suất của biến áp.

BƯỚC 4 : Chọn mật độ dòng điện, ước lượng hiệu suất, chọn giá trị hệ số lấp đầy tính toán đường kính dây quấn sơ và thứ cấp.

Trong bước 4, chúng ta tiến hành tuần tự các công đoạn tính toán sau:

✚ Chọn mật độ dòng điện J qua dây quấn máy biến áp. Giá trị **mật độ dòng điện** theo lý thuyết thiết kế **phụ thuộc vào các thông số sau** : **Cấp cách điện chịu nhiệt của vật liệu dùng thi công bộ dây biến áp, chế độ làm việc máy biến áp liên tục, ngắn hạn lặp lại hay ngắn hạn không lặp lại. . . ; kiểu thông gió giải nhiệt cho dây quấn biến áp ..**

Muốn chọn giá trị mật độ dòng chính xác, chúng ta cần tham khảo các bảng số tiêu chuẩn.

Trong bài thực tập này, chúng ta chọn mật độ dòng cho dây quấn máy biến áp trong phạm vi : **$J = 4 \text{ A/mm}^2$ đến 5 A/mm^2 .**

✚ Tính toán diện tích của cửa sổ lõi thép; gọi A_{cs} là diện tích cửa sổ; chúng ta có quan hệ sau:

$$A_{cs} = c.h \tag{1.7}$$

Trong đó:

$$(A_{cs}) = (\text{mm}^2); (a) = (b) = (\text{mm})$$

✓ Với lá thép tiêu chuẩn, chúng ta có quan hệ giữa các kích thước cơ bản a, b với kích thước cửa sổ lõi thép như sau:

$$c = \frac{a}{2}; h = \frac{3.a}{2} \tag{1.8}$$

Như vậy, chúng ta có thể xác định diện tích cửa sổ lõi thép theo quan hệ khác như sau :

$$A_{cs} = \frac{3a^2}{4} = 0,75.a^2 \tag{1.9}$$

✚ Gọi K_{ld} là hệ số lấp đầy của cửa sổ lõi thép; K_{ld} được định nghĩa như sau:

$$K_{ld} = \frac{\text{Tổng tiết diện dây quấn sơ và thứ cấp}}{\text{Tiết diện cửa sổ lõi thép}} \tag{1.10}$$

Giá trị này theo thi công được xác định trong phạm vi sau : **$K_{ld} = 0,36 \div 0,46$**

✚ Gọi η là hiệu suất của máy biến áp; theo lý thuyết máy biến áp, với máy biến áp là dạng một pha, chúng ta định nghĩa hiệu suất theo quan hệ sau:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{\text{Công suất tác dụng tiêu thụ trên tải}}{\text{Công suất tác dụng cung cấp vào sơ cấp}} = \frac{U_2.I_2.\cos\varphi_2}{U_1.I_1.\cos\varphi_1} \tag{1.11}$$

Trong các trường hợp tải có tính cảm, đồng thời nếu xem như tổn hao thép rất bé, điện kháng tản từ của biến áp không cao; lúc đó giá trị hệ số công suất tải và hệ số công suất phía sơ cấp có thể xem như gần bằng nhau.

Trong trường hợp này, một cách gần đúng chúng ta có thể viết như sau:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{U_2 \cdot I_2 \cdot \cos \varphi_2}{U_1 \cdot I_1 \cdot \cos \varphi_1} \cong \frac{U_2 \cdot I_2}{U_1 \cdot I_1} = \frac{S_2}{S_1} \quad (1.12)$$

Trong đó:

S_1 và S_2 : lần lượt là công suất biểu kiến cung cấp vào phía sơ cấp và thứ cấp. Nếu áp dụng quan hệ (1.12) chúng ta có thể xác định được tỉ số giá trị dòng điện qua các dây quấn sơ và thứ cấp, xem quan hệ (1.13).

$$\boxed{\frac{I_2}{I_1} = \eta \cdot \frac{U_1}{U_2}} \quad (1.13)$$

✚ Với giá trị mật độ dòng điện J chọn trong các công đoạn tính toán trên, chúng ta suy ra tỉ số tiết diện của dây quấn sơ cấp và thứ cấp từ quan hệ (1.13). Theo lý thuyết ta có :

$$s = \frac{I}{J} = \frac{[A]}{[A/mm^2]}$$

Gọi s_1 ; s_2 là tiết diện dây quấn sơ cấp và thứ cấp, suy ra:

$$\frac{s_2}{s_1} = \frac{I_2}{I_1} = \eta \cdot \frac{U_1}{U_2} = \frac{\left(\frac{\pi \cdot d_2^2}{4}\right)}{\left(\frac{\pi \cdot d_1^2}{4}\right)} = \left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2$$

Tóm lại, ta có quan hệ sau:

$$\boxed{\left(\frac{d_2}{d_1}\right) = \sqrt{\eta \cdot \frac{U_1}{U_2}}} \quad \text{hay} \quad \boxed{\frac{s_2}{s_1} = \eta \cdot \frac{U_1}{U_2}} \quad (1.14)$$

Trong đó:

d_1 ; d_2 là đường kính dây trần phía sơ cấp và thứ cấp.

✚ Với dây quấn sơ và thứ cấp là dây điện từ tiết diện tròn tráng men, đường kính dây có tính lớp men bọc và đường kính dây trần quan hệ với nhau như sau đây:

$$d_{cd}[mm] = d[mm] + 0,05mm \quad (1.15)$$

CHÚ Ý:

Trong quá trình tính toán biến áp chúng ta cần phân biệt các khái niệm sau đây:

- Dựa theo các giá trị dòng điện tải qua dây quấn và mật độ dòng điện, chúng ta xác định được tiết diện dây , và đường kính dây trần.
- Dựa theo tiết diện dây và đường kính dây có lớp men bọc, chúng ta sẽ xác định được hệ số lấp đầy của sổ lõi thép.

Tuy nhiên quan hệ (1.15) chỉ đúng cho các loại dây điện từ có đường kính lớn hơn 0,2mm; với đường kính dây nhỏ hơn bề dày lớp men giảm thấp

✚ Trong quá trình tính toán ước lượng thi công, chúng ta có thể tính tỉ số chênh lệch giữa tiết diện dây quấn trần và tiết diện dây quấn khi tính luôn lớp cách điện theo quan hệ (1.16) sau đây. Quan hệ này hoàn toàn chính xác khi dây quấn tiết diện tròn và lớp men bọc dày 0,05mm đồng thời đường kính dây quấn thay đổi trong phạm vi từ 0,25mm đến 1mm.

$$\frac{s_{cd}}{s} = (1,44 \div 1,1) \quad (1.16)$$

Trong đó;

s_{cd} , và s lần lượt là tiết diện dây quấn có tính lớp men bọc cách điện và tiết diện dây trần. Ngoài ra chúng ta chú ý; khi đường kính dây có giá trị bé tỉ số tiết diện chênh lệch có giá trị lớn.

Trong quá trình tính toán ước lượng sơ bộ, chúng ta có thể lập quan hệ sau đây để loại bỏ ảnh hưởng chênh lệch giá trị giữa s và s_{cd} .

$$\frac{s_{2cd}}{s_{1cd}} \cong \frac{s_2}{s_1} = \eta \cdot \frac{U_1}{U_2} \quad (1.17)$$

✚ Phối hợp các quan hệ vừa trình bày: (1.5); (1.6); (1.7); (1.10); (1.14); và (1.16) ta có:

$$K_{ld} = \frac{N_1 \cdot s_{1cd} + N_2 \cdot s_{2cd}}{A_{cs}} \quad (1.18)$$

Trong đó đơn vị đo của các tiết diện tính theo (mm²). Chọn giá trị $K_{ld} = 0,46$ chúng ta thành lập được hệ phương trình sau dùng xác định tiết diện dây quấn sơ và thứ cấp (có tính luôn lớp men bọc cách điện).

$$\begin{aligned} N_1 \cdot s_{1cd} + N_2 \cdot s_{2cd} &= K_{ld} \cdot A_{cs} \\ s_{2cd} &= s_{1cd} \cdot \left(\eta \cdot \frac{U_1}{U_2} \right) \end{aligned} \quad (1.19)$$

Giải hệ thống phương trình trên chúng ta suy ra : tiết diện dây quấn (có tính đến bề dày cách điện) của dây quấn sơ và thứ cấp; đường kính dây có cách điện và đường kính dây trần.

CHÚ Ý:

Khi tính được các giá trị đường kính dây quấn, chúng ta phải chỉnh tròn số các giá trị tính được theo đúng các kích thước sẵn có, qui định do các nhà sản xuất.

Quá trình chỉnh này phải khéo léo để không làm gia tăng hệ số lấp đầy (đưa đến thực trạng không bỏ lọt bộ dây vào cửa sổ lõi thép); nhưng cũng không được làm giảm quá thấp giá trị K_{ld} (tránh tình trạng làm giảm thấp công suất biến áp , không tận dụng kích thước sẵn có của lõi thép) .

BƯỚC 5 : Ước lượng công suất biểu kiến nhận được phía thứ cấp biến áp.

✓ Với các kết quả tính được trong bước 4, dựa vào giá trị tiết diện dây trần ở sơ và thứ cấp, giá trị mật độ dòng điện đã chọn, chúng ta tính dòng điện định mức qua dây quấn khi mang đầy tải (tải đúng định mức).

$$I_1 = J \cdot s_1 \quad I_2 = J \cdot s_{21} \quad (1.20)$$

Căn cứ vào giá trị dòng điện tính được, chúng ta xác định công suất biểu kiến cung cấp từ thứ cấp đến tải.

$$S_2 = U_2 \cdot I_2 \quad (1.21)$$

BƯỚC 6 : Tính toán số vòng dây quấn một lớp, số lớp của bộ dây quấn sơ và thứ cấp.

T trong quá trình thi công, số vòng một lớp dây quấn và số lớp dây quấn thực hiện được trên bộ dây; phụ thuộc vào các yếu tố sau:

- Kích thước và vật liệu làm khuôn quấn dây .
- Bề dày giấy cách điện lớp giữa các lớp dây quấn.

✓ Với khuôn quấn dây, chúng ta có thể lựa chọn theo các phương án sau:

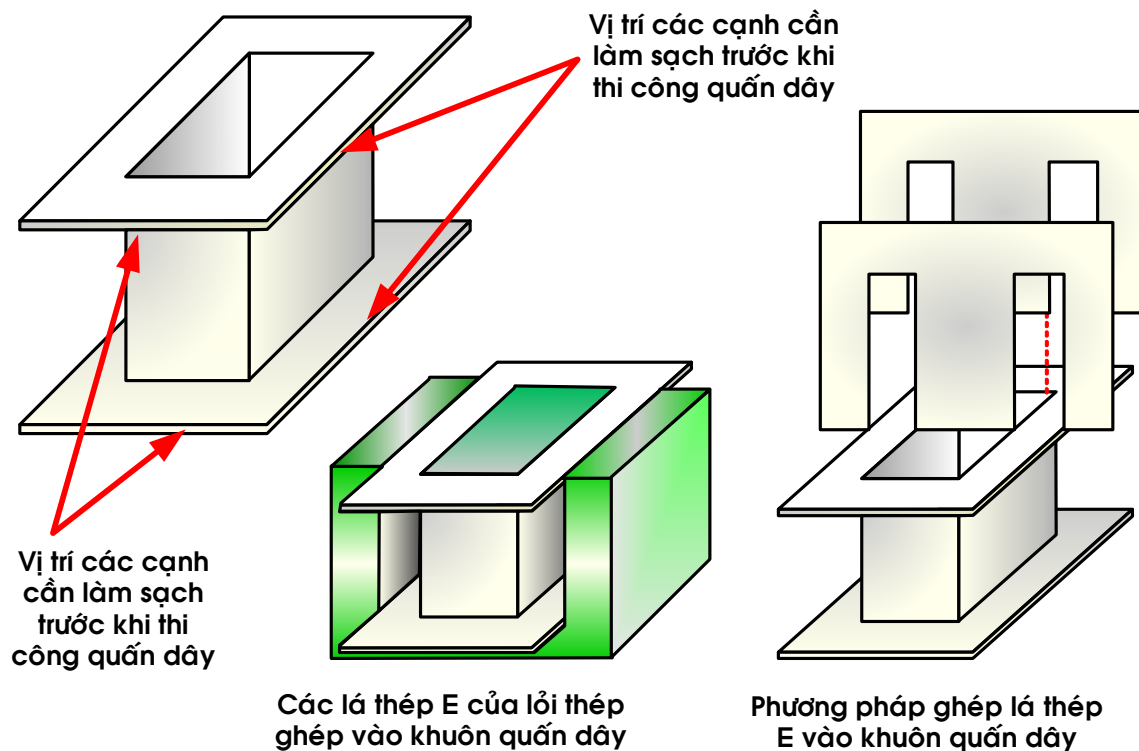
 PHƯƠNG ÁN DÙNG KHUÔN NHỰA ĐÚC SẴN :

Chúng ta có thể dùng khuôn nhựa đúc sẵn, khi kích thước khuôn tương thích với kích thước lõi thép. Chọn theo phương án này, không tốn thời gian làm khuôn, nhưng phải thực hiện công tác chuẩn bị làm sạch các cạnh khuôn nhựa trước khi quấn dây.

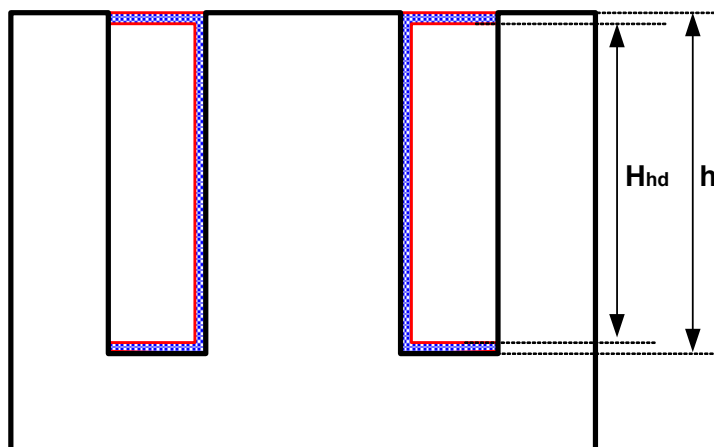
✓ Vì khả năng chịu nhiệt của khuôn nhựa không cao so với các loại vật liệu cách điện khác: bakelite, carton cách điện, giấy presspahn. .. đồng thời để tạo dễ dàng trong quá trình chế tạo bề dày của khuôn nhựa thường bằng hay lớn hơn 1mm; như vậy bề dày hiệu dụng dùng rải dây quấn sẽ nhỏ hơn bề dày của lõi thép làm giảm thấp số vòng dây quấn bố trí cho mỗi lớp.

Điều cuối cùng cần quan tâm khi chọn lựa khuôn là chú ý đến bề dày b của lõi thép. Giá trị bề dày lõi thép, xác định trong quá trình tính toán số vòng dây, sẽ nhỏ hơn bề dày lõi thép biến áp thực tế. Sự kiện này xảy ra do ba vớ ở các cạnh mỗi lá thép; làm tăng độ dày của lõi thép trong quá trình lắp ghép (công nghệ dập lá thép càng chính xác và tinh vi làm giảm thấp lớp ba vớ xuất hiện trên các cạnh của lá thép).

Tóm lại trong quá trình thi công, trước khi thi công: chúng ta nên ghép toàn bộ các lá thép vào khuôn nhựa để xác định khả năng chứa của khuôn. Nếu khuôn quá rộng so với bề dày lá thép, dễ sinh ra hiện tượng rung và tiếng ồn tần số thấp khi biến áp vận hành. Ngược lại nếu khuôn quá hẹp, chúng ta không thể ghép hết toàn bộ lá thép vào khuôn, như vậy số liệu tính toán sẽ sai lệch.



HÌNH 1.3 : Khuôn nhựa dùng quấn dây và phương pháp ghép lõi thép thử khuôn.



HÌNH 1.4: Bề cao hiệu dụng quấn dây.

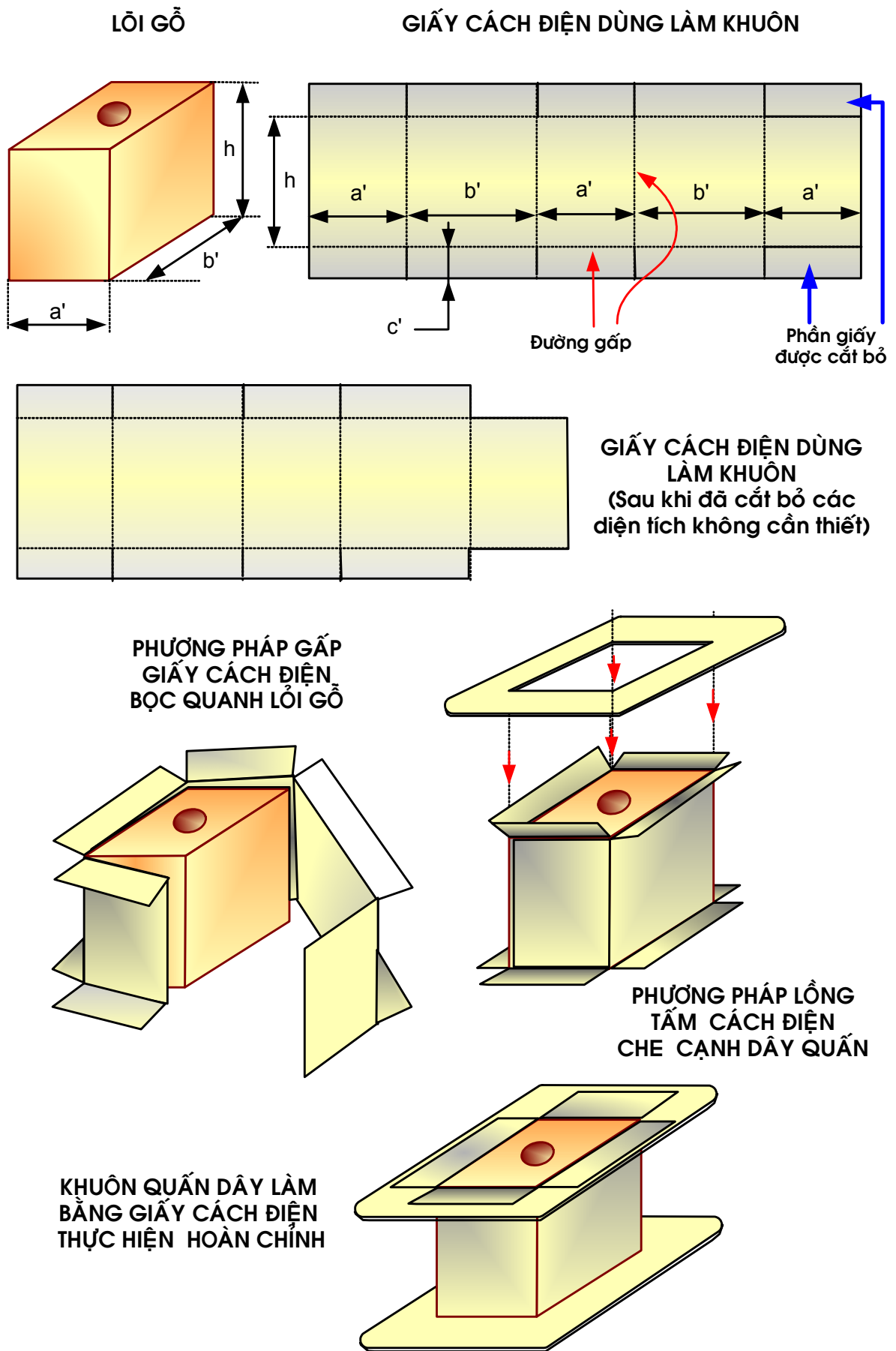
Trong hình 1.3 chúng ta trình bày hình dạng khuôn nhựa, các vị trí cạnh cần làm sạch trước khi thi công, cách ghép thử lõi thép vào khuôn nhựa trước khi thi công. Kích thước của khuôn dùng quấn dây được trình bày trong hình 1.4.

Khi tính toán số vòng một lớp dây quấn, bề cao quấn dây xác định theo kích thước đã trừ đi bề dày của khuôn quấn (phần khuôn che phía trên 2 mặt của bộ dây) . Gọi bề cao dùng quấn dây là bề cao hiệu dụng H_{hd} , ta có:

$$H_{hd} = h - 2 \cdot (\text{bề dày khuôn quấn dây}) \quad (1.22)$$

☐ PHƯƠNG ÁN GIA CÔNG KHUÔN QUẤN DÂY BẰNG GIẤY CÁCH ĐIỆN :

Khi dùng giấy cách điện làm khuôn quấn dây biến áp, ta phải chọn giấy cách có độ dày khoảng 1mm (nếu khuôn 1 lớp) hoặc 0,5mm (khi thực hiện khuôn có 2 lớp). Giấy cách điện làm khuôn phải cứng , có độ bền cơ học.



HÌNH 1.5 : Phương pháp thực hiện khuôn quấn dây bằng giấy cách điện.

Trong hình 1.5 trình bày trình tự thực hiện khuôn quấn dây làm bằng giấy cách điện. Với phương pháp làm khuôn quấn dây bằng giấy cách điện; khi thực hiện chúng ta cần chú ý đến các đặc điểm sau:

- ✚ Lõi gỗ phải có kích thước quan hệ với kích thước lõi thép như sau:
 - ❑ Kích thước a' lõi gỗ hơi lớn hơn kích thước a của lá thép khoảng 0,5 mm.
 - ❑ Kích thước b' lõi gỗ lớn hơn kích thước toàn bộ các lá thép E ghép sát lại; kích thước này lớn hơn kích thước b dùng tính toán tiết diện lõi thép.
 - ❑ Kích thước h của lõi gỗ bằng độ cao h của cửa sổ lõi thép.

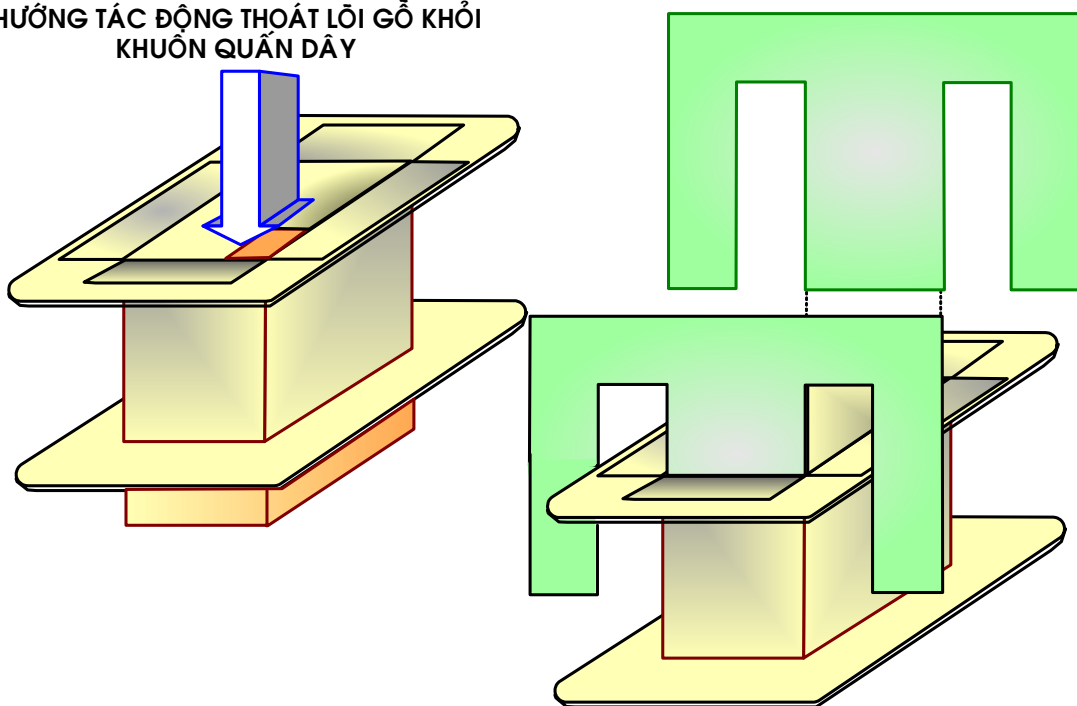
✚ Bề rộng của tấm giấy cách điện dùng làm “tai” của khuôn quấn dây dùng che các cạnh dây quấn chống xô xát với lá thép trong quá trình lắp ghép phải có bề rộng bằng với bề rộng c của cửa sổ lõi thép.

✚ Phải dùng keo dán lớp giấy gấp mí của khuôn quấn dây. Lớp gấp mí luôn nằm phía cánh a của lõi thép.

✚ Dùng kéo dán định vị các tấm giấy cách điện (“tai” của khuôn quấn) vào khuôn quấn dây.

✚ Sau khi thực hiện; chờ cho các lớp keo dán khô hẳn, cho lõi gỗ thoát khỏi khuôn giấy và dùng lá thép E ướm kiểm tra lại điều kiện bỏ lọt lá thép E vào khuôn quấn dây. Nếu cần thiết dùng kéo tỉa định hình những vị trí dư thừa. Sau khi cho lá thép E vào khuôn kiểm tra độ cao của khuôn phải bằng hay hơi thấp hơn bề cao h của cửa sổ lõi thép (xem hình 1.6).

HƯỚNG TÁC ĐỘNG THOÁT LỖI GỖ KHỎI
KHUÔN QUẤN DÂY



HÌNH 1.6: Thoát lõi gỗ và ướm thử lá thép E vào khuôn quấn dây.

Dựa vào kích thước khuôn chúng ta xác định số vòng cho mỗi lớp dây quấn và bề dày tính toán cho bộ dây quấn.

✚ Số vòng dây quấn cho một lớp dây quấn sơ cấp:

$$SV_1 / \text{lớp} = \frac{H_{hd}}{d_{1cd}} \cdot K_{quấn} \quad (1.23)$$

Trong đó:

$K_{quấn}$: là hệ số quấn phụ thuộc vào công nghệ quấn dây, giá trị này được xác định trong phạm vi : $K_{quấn} = (0,95 \text{ đến } 0,92)$.

✚ Số vòng dây quấn cho một lớp dây quấn thứ cấp:

$$SV_2 / \text{lớp} = \frac{H_{hd}}{d_{2cd}} \cdot K_{quấn} \quad (1.24)$$

✚ Số lớp dây quấn sơ cấp :

$$SL_1 = \frac{N_1}{SV_1 / \text{lớp}} \quad (1.25)$$

✚ Số lớp dây quấn thứ cấp :

$$SL_2 = \frac{N_2}{SV_2 / \text{lớp}} \quad (1.26)$$

✚ Bề dày cuộn dây quấn :

$$e = SL_1 \cdot (d_{1cd} + e_{cd1}) + SL_2 \cdot (d_{2cd} + e_{cd2}) \quad (1.27)$$

Trong đó:

e : bề dày cuộn dây quấn, có tính luôn cách điện giữa các lớp dây quấn.

e_{cd1} : bề dày giấy cách điện lớp giữa các lớp dây quấn sơ cấp.

e_{cd2} : bề dày giấy cách điện lớp giữa các lớp dây quấn thứ cấp.

Thông thường, với máy biến áp 1 pha công suất dưới 50VA, dây quấn sơ cấp có thể quấn **không cần cách điện lớp**, để tránh làm tăng bề dày cuộn dây do giấy cách điện lớp tạo ra. **Chỉ cần cách điện lớp giữa dây quấn sơ cấp và thứ cấp**. Với công nghệ này, khi thi công cần rải đều số vòng dây trên mỗi lớp trong quá trình quấn dây; đồng thời phải tẩm cách điện thật kỹ. Với các biến áp có công suất lớn hơn từ 100VA trở lên, chúng ta nên dùng cách điện giữa các lớp trong mỗi cuộn dây; bề dày cách điện lớp phụ thuộc vào khoảng điện áp chênh lệch giữa hai lớp dây quấn. Nếu điện áp chênh lệch giữa hai lớp không quá 600V, chúng ta có thể chọn giấy presspahhn độ dày cách điện khoảng 0,1mm.

✚ Kiểm tra lại **hệ số lấp đầy tính theo bề dày choán chỗ của cuộn dây so với bề rộng cửa sổ lõi thép.**

Trong trường hợp này, nếu không để ý đến bề dày của khuôn quấn dây, chúng ta có hệ số lấp đầy của sổ lõi thép tính theo bề dày choán chỗ của cuộn dây quấn biến áp như sau:

$$K_{lđcs} = \frac{e}{c} \quad (1.28)$$

Giá trị cho phép của hệ số $K_{lđcs} = (0.75 \div 0.82)$. Nếu giá trị tính toán được nhỏ hơn khoảng giá trị cho phép, chúng ta chưa tận dụng hết khả năng của lõi thép; ngược lại nếu giá trị tính toán được lớn hơn khoảng giá trị cho phép này, cuộn dây có khả năng không bỏ lọt vào cửa sổ.

✚ Đến giai đoạn này nếu các số liệu tính toán đã thỏa, chúng ta tiến hành thực hiện sang phần thi công quấn dây biến áp (Thực tập sang bài 2).

1.4. BÁO CÁO KẾT QUẢ THỰC TẬP :

Sau quá trình, tiến hành đo đạc kích thước thực tế của lõi thép; và tính toán chi tiết bộ dây quấn biến áp tại Phòng Thực tập; phần báo cáo kết quả thực tập được thực hiện tại nhà, và nộp lại trong lần thực tập kế tiếp. Nội dung yêu cầu báo cáo gồm:

✚ Bản tính toán chi tiết số liệu dây quấn ; cách trình bày tương tự như thí dụ tính toán mẫu (trong phụ lục 1) .

✚ Ngoài ra sinh viên cần tính toán thêm các số liệu về khối lượng của từng bộ dây quấn biến áp. (Phần tính toán xem phụ lục 2).

Bản báo cáo thực tập, thực hiện theo từng cá nhân hay theo từng tổ được qui định do Thầy hướng dẫn thực tập .