

Chương 6. Quá trình quá độ trong máy biến áp

6.1. Đại cương

6.2. Quá dòng điện trong máy biến áp

6.3. Quá điện áp trong máy biến áp



6.1. KHÁI NIỆM CHUNG

Quá trình quá độ trong mba là quá trình mba chuyển từ chế độ xác lập này sang chế độ xác lập khác khi có sự thay đổi một trong các đại lượng xác định chế độ làm việc của mba như : tần số, điện áp, phụ tải..

Theo yếu tố dòng điện người ta phân ra : quá dòng điện và quá điện áp.

6.2. QUÁ DÒNG ĐIỆN

Xét quá dòng điện xảy ra trong hai trường hợp :

1. Đóng mba vào lưới khi không tải.
2. Ngắn mạch đột nhiên.



6.2.1. Đóng mba vào lưới khi không tải.

Ta thấy :

- Lúc làm việc bình thường dòng điện không tải : $I_0 \leq 10 \% I_{dm}$.
- Lúc đóng mba vào lưới điện : $I_0 \gg I_{dm}$. Vì sao ?.

Giả thử điện áp đặt vào dây quấn sơ cấp (hình 6.1) lúc đóng K là:

$$u_1 = U_{1m} \sin(\omega t + \Psi_0).$$

Ψ_0 : là góc pha của điện áp lúc đóng mba vào lưới.

Phương trình cân bằng điện áp của dây quấn sơ là:

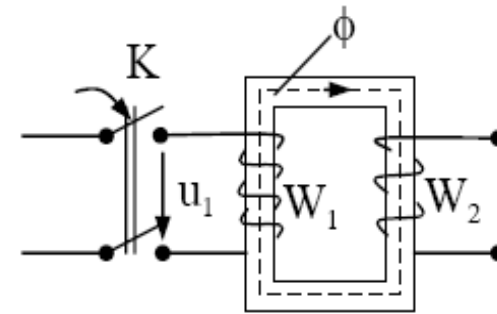
$$u_1 = U_{1m} \sin(\omega t + \Psi_0) = r_1 i_0 + W_1 \frac{d\phi}{dt}. \quad (6.1)$$

Ta thấy quan hệ $\phi = f(i_0)$ là quan hệ phi tuyến. Để tính toán đơn giản, ta giả thiết ϕ tỉ lệ với i_0 , nghĩa là : $i_0 = \frac{W_1 \phi}{L_1}$.

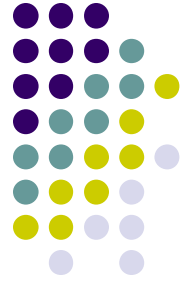
Với L_1 : hệ số tự cảm của dây quấn sơ.

Viết lại phương trình (6.1), ta có:

$$\frac{U_{1m}}{W_1} \sin(\omega t + \Psi_0) = \frac{r_1}{L_1} \phi + \frac{d\phi}{dt} .$$



Hình 6.1 Sơ đồ đóng mba vào lưới điện lúc không tải



Giải phương trình trên, ta có nghiệm là:

$$\phi = \phi' + \phi''.$$

Thành phần xác lập của từ thông:

$$\phi' = \phi_m \sin(\omega t + \Psi_0 - \frac{\pi}{2}).$$

$$= -\phi_m \cos(\omega t + \Psi_0).$$

$$\text{Với: } \phi_m = \frac{L_1 U_{1m}}{W_1 \sqrt{r_1^2 + (\omega L_1)^2}}.$$

Thành phần từ thông tự do:

$$\phi'' = C e^{-\frac{r_1}{L_1} t}.$$

Xác định hằng số C với điều kiện $t = 0$ trong lõi thép có từ thông dư $\pm \phi_{\text{dư}}$, nên:

$$\phi|_{t=0} = (\phi' + \phi'')|_{t=0} = -\phi_m \cos \Psi_0 + C = \pm \phi_{\text{dư}}.$$

$$\Rightarrow C = \phi_m \cos \Psi_0 \pm \phi_{\text{dư}}.$$

$$\text{Vậy: } \phi'' = (\phi_m \cos \Psi_0 \pm \phi_{\text{dư}}) e^{-\frac{r_1}{L_1} t}.$$

Ta có, sau khi giải phương trình:

$$\phi = -\phi_m \cos(\omega t + \Psi_0) + (\phi_m \cos \Psi_0 \pm \phi_{\text{dư}}) e^{-\frac{r_1}{L_1} t}.$$

Từ phương trình trên ta thấy:

1. Điều kiện thuận lợi nhất khi đóng mba vào lưới điện là :

$$\Psi_0 = \frac{\pi}{2} \text{ tức điện áp } u_1 = U_{1m} \text{ và từ thông } \phi_{dur} = 0, \text{ lúc đó:}$$

$$\phi = -\phi_m \cos(\omega t + \Psi_0) = \phi_m \sin \omega t .$$

tức là xác lập ngay khi đóng mba vào lưới, không xảy ra quá trình quá độ.

2. Điều kiện bất lợi nhất khi đóng mba vào lưới điện là :

$$\Psi_0 = 0 \text{ tức điện áp } u_1 = 0 \text{ và từ thông } \phi_{dur} > 0, \text{ lúc đó:}$$

$$\phi = -\phi_m \cos \omega t + (\phi_m + \phi_{dur}) e^{-\frac{r_1}{L_1} t}$$

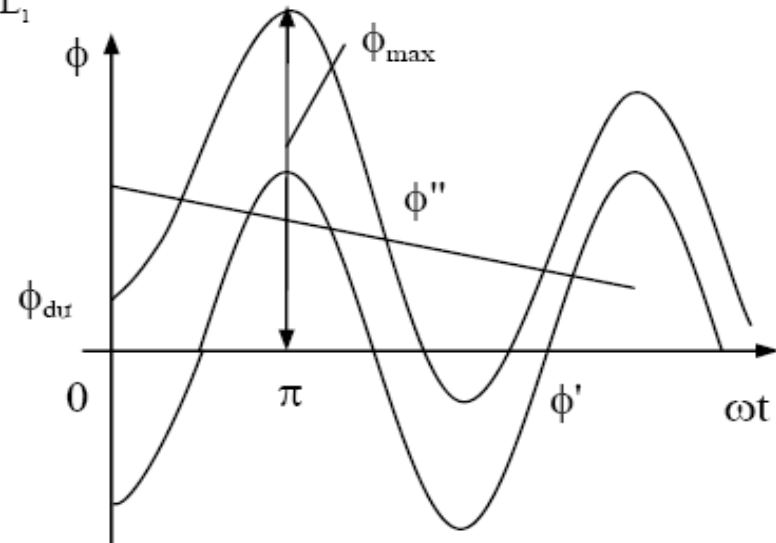
Khi $\omega t = \pi$ thì $\phi = \phi_{max}$ vì $r \ll \omega L_1$.

Nên : $e^{-\frac{r_1}{L_1} t} = e^{-\frac{\pi r_1}{\omega L_1}} \approx 1 .$

Từ thông lúc này :

$$\phi_{max} \approx 2\phi_m + \phi_{dur}$$

Vậy, từ thông $\phi_{max} > 2\phi_m$ lúc làm việc bình thường, nên lúc này lõi thép m.b.a rất bão hòa và dòng từ hóa I_0 trong quá trình quá độ sẽ rất lớn, cỡ 100 lần dòng I_0



Hình 6.2 Sự biến thiên từ thông $\phi(t)$ lúc đóng mạch bất lợi nhất

VÍ DỤ 1 : Lúc bình thường : $I_0 = 5\% I_{dm} .$

Lúc qtrình quá độ : $I_0 = 5 I_{dm} .$ Mba bị cắt khỏi lưới khi đóng không tải.

6.2.2. Quá dòng điện khi ngắn mạch

Ở đây chỉ xét quá trình quá độ từ lúc bắt đầu xảy ra ngắn mạch đến khi thành lập chế độ ngắn mạch xác lập.

Tính dòng điện I_n ở quá trình quá độ.



$$\text{Với } r_n = r_1 + r'_2$$

$$x_n = x_1 + x'_2 = \omega L_n$$

Hình 6.3 Sơ đồ lúc mba bị ngắn mạch

Viết phương trình cân bằng điện áp :

$$u_1 = U_{1m} \sin(\omega t + \Psi_n) = r_n i_n + L_n \frac{di_n}{dt}$$

Trong đó Ψ_n : là góc pha của điện áp lúc mba xảy ra ngắn mạch.

Giải phương trình trên với điều kiện ban đầu $t = 0$ thì $i_n = 0$, ta được :

$$i_n = i' + i''$$

$$= -\sqrt{2}I_n \cos(\omega t + \Psi_n) + \sqrt{2}I_n \cos \Psi_n e^{-\frac{r_n t}{L_n}}$$

$$\text{với : } I_n = \frac{U_1}{\sqrt{r_n^2 + (\omega L_n)^2}}$$

Ngắn mạch xảy ra bất lợi nhất khi $\Psi_n = 0$, với $r_n \ll \omega L_n$.

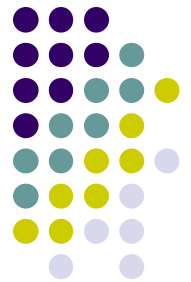
$$i_n = -\sqrt{2}I_n \cos \omega t + \sqrt{2}I_n e^{-\frac{r_n t}{L_n}}$$

Dòng đạt giá trị cực đại khi $\omega t = \pi$, lúc đó :

$$i_{xg} = \sqrt{2}I_n (1 + e^{-\frac{\pi r_n}{\omega L_n}}) = \sqrt{2}I_n K_{xg}$$

Trong đó, K_{xg} phụ thuộc vào dung lượng mba, mba càng lớn thì K_{xg} càng lớn.

Thường $K_{xg} = 1.2 \div 1.8$.



VÍ DỤ 2:

Mba công suất 1000kVA, $u_n \% = 6.5$, $u_{nr} \% = 1.5$, $u_{nx} \% = 6.32$.

$$K_{xg} = 1 + e^{\frac{\pi r_n}{\omega L_a}} = 1 + e^{\frac{\pi u_{nr}}{u_{nx}}} = 1.475$$

Dòng điện xung bằng :

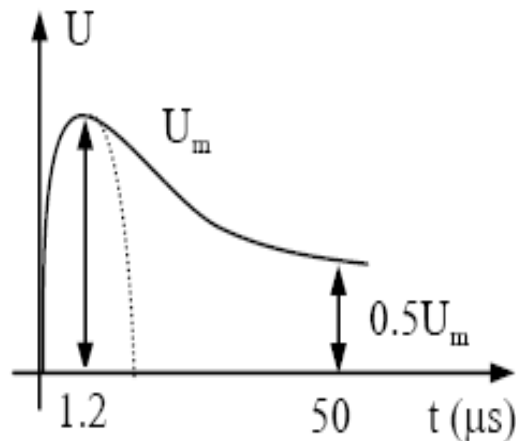
$$i_{xg} = \sqrt{2} I_n K_{xg} = \sqrt{2} \frac{100}{u_n \%} 1.475 = 22.7 \text{ nghĩa là } i_{xg} = 22.7 I_{dm} .$$

- *Hại mba :*
 1. Dây quấn nóng và bị cháy cách điện.
 2. Gây lực cơ học phá kết cấu dây quấn.
- *Bảo vệ :*
 1. Dùng relais tác động nhanh cắt chỗ sự cố ra khỏi mba.
 2. Mba bị nm các vòng dây bên trong, người ta thường dùng relais hơi, relais so lệch để bảo vệ cắt mba ra khỏi lưới.

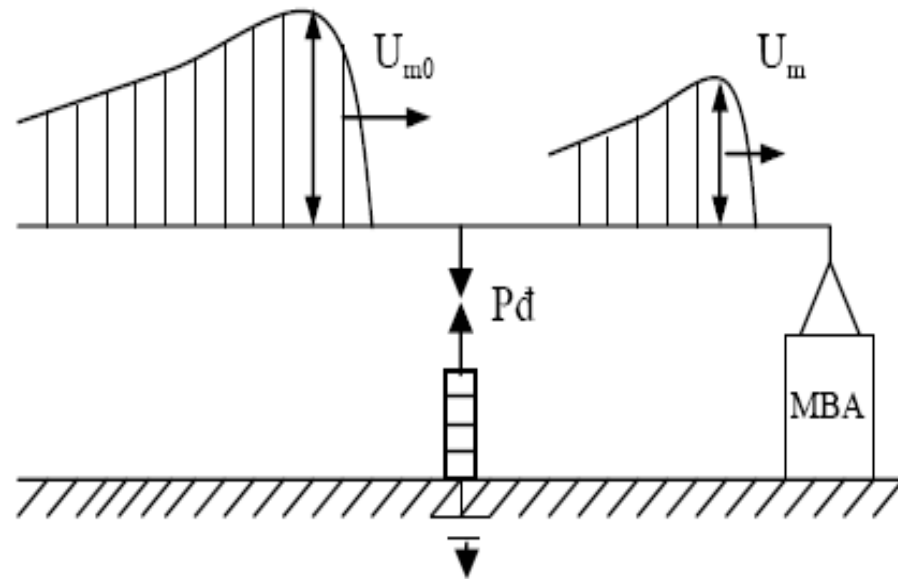


6.3. QUÁ ĐIỆN ÁP TRONG M.B.A

6.3.1. Nguyên nhân gây quá điện áp :



Hình 6.4 Sóng quá điện áp



Hình 6.5 Sóng quá điện áp trước và sau chống sét

Khi mba làm việc trong lưới điện thường chịu những điện áp xung kích, còn gọi là quá điện áp, có trị số gấp nhiều lần trị số điện áp định mức.

Nguyên nhân gây quá điện áp :

1. Thao tác đóng cắt đường dây hoặc các máy điện.
2. Ngắn mạch chạm đất kèm theo hồ quang.
3. Sét đánh vào đường dây tải điện trên không và sóng sét truyền đến mba. Đây là sóng nguy hiểm nhất đối với mba, vì có trị số hàng triệu vôn. Từ sóng quá điện áp, ta thấy :
 - a. Từ nơi xuất hiện lan truyền về hai phía với tốc độ gần bằng C.
 - b. Dạng xung không chu kỳ với đầu sóng rất dốc, còn đuôi bằng phẳng hơn.
 - c. Thời gian tăng từ $0 \div U_m$ khoảng μs (hình 6.1).

Để giảm biên độ U_{m0} của sóng quá điện áp ta dùng bộ chống sét phóng điện P (hình 6.2), để dẫn điện tích của sóng xung kích xuống đất. Ta thấy U_{m0} là biên độ trước chống sét rất lớn. Sau tác động của bộ chống sét, điện áp của sóng xung kích giảm đi nhiều U_m . Biên độ sau bộ chống sét U_m nhỏ hơn trị số thử độ bền cách điện của mba.

6.3.2. Mạch điện thay thế và phương trình vi phân

Tần số sóng quá điện áp (xung kích) là :

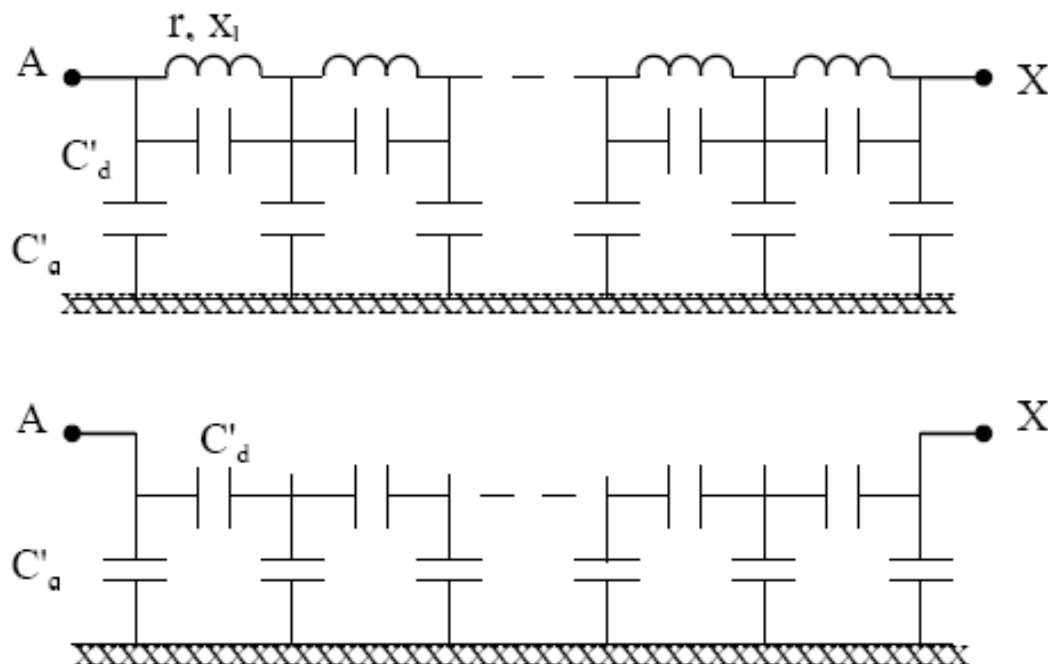
$$f_x = \frac{\omega_x}{2\pi} = \frac{1}{T_x} = \frac{1}{4t_d} = \frac{1}{4 \cdot 1,2 \cdot 10^{-6}} = 2,08 \cdot 10^5 \text{ Hz}$$

Thành lập sơ đồ thay thế :

Gọi : C'_d là điện dung giữa các phần tử của dây quấn với nhau.

C'_a là điện dung giữa các phần tử của dây quấn với đất.

Khi quá điện áp dung kháng $x_c \ll r, x_L$ nên bỏ qua r, x_L vì f_x rất lớn.



Hình 6.6 Sơ đồ thay thế của dây quấn mba khi có quá điện áp

Ta thấy điện dung có thông số rải gồm n vòng dây:

$$\text{Điện dung dọc toàn phần : } C_d = \frac{1}{\sum 1/C_d} = \frac{C'_d}{n}.$$

$$\text{Điện dung ngang toàn phần : } C_q = \sum C'_q = nC'_q$$

Khi lấy độ dài của dq là một đơn vị, đối với một nguyên tố nhỏ của dq có độ dài dx có thể tìm được điện dung ngang $C_q dx$ và tham số vi phân ngang Kdx , trong đó $K=1/C_d$.

$$\text{Đối với điện tích ngang ở nguyên tố } Kdx : Q_x = \frac{du_x}{Kdx} \quad (6.1)$$

$$\text{Điện áp trên điện dung : } u_x = \frac{dQ_x}{C_q dx} \quad (6.2)$$

$$\text{Thay (6.1) vào (6.2), ta có : } \frac{d^2 u_x}{dx^2} - \frac{C_q}{C_d} u_x = 0$$

$$\text{Giải pt trên ta được nghiệm dạng : } u_x = D_1 e^{\alpha x} + D_2 e^{-\alpha x}$$

$$\text{với } \alpha \text{ là nghiệm của pt đặc trưng : } \alpha^2 - \frac{C_q}{C_d} = 0 \rightarrow \alpha = \pm \sqrt{\frac{C_q}{C_d}}.$$

Dùng điều kiện biên với dây quấn nối đất :

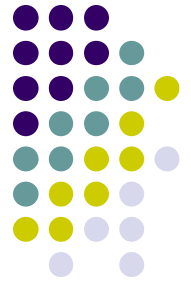
$$1. \quad u_x = D_1 e^{\alpha x} + D_2 e^{-\alpha x} = U_m \quad \text{khi } x = l$$

$$2. \quad u_x = D_1 e^{\alpha x} + D_2 e^{-\alpha x} = 0 \quad \text{khi } x = 0$$

$$\text{Ta tìm được : } u_x = U_m \frac{\text{sh}\alpha x}{\text{sh}\alpha} \quad (6.3)$$

Trường hợp dây quấn không nối đất, ta cũng có :

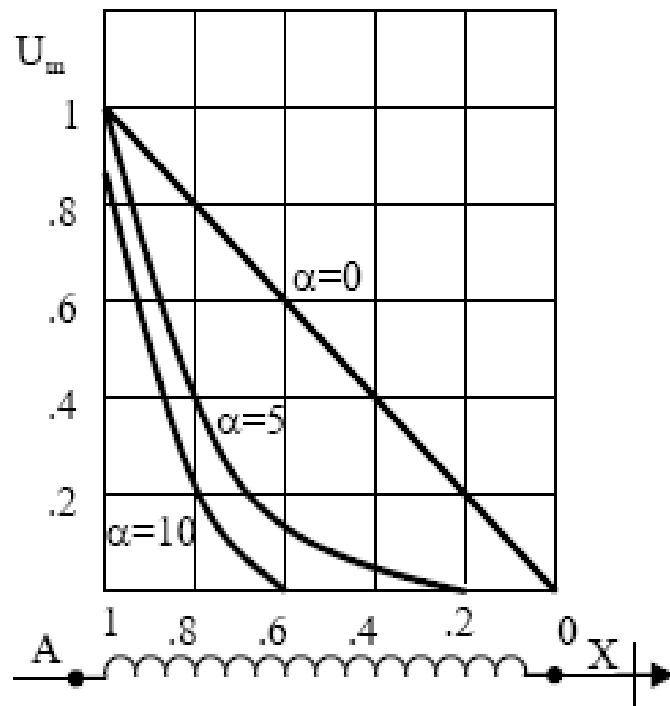
$$u_x = U_m \frac{\text{ch}\alpha x}{\text{ch}\alpha}. \quad (6.4)$$



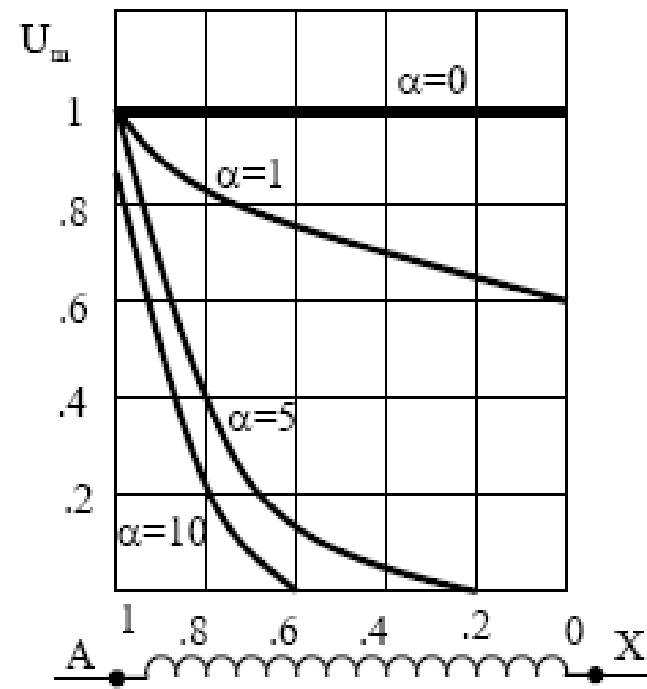


6.3.3. Sự phân bố điện áp ban đầu dọc dây quấn:

Vẽ các quan hệ (6.3) và (6.4), ta được sự phân bố điện áp ban đầu :



(a)



(b)

Hình 6.6 Sự phân bố điện áp ban đầu dọc dây quấn.

a/. Khi nối đất. b/. Khi không nối đất.



Ta thấy :

$\alpha = 0$ sự phân bố điện áp ban đầu dọc theo dây quấn đều : $u_x = xU_m$.

α càng lớn sự phân bố điện áp ban đầu dọc theo dây quấn không đều, mà tập trung chủ yếu vào đầu dây quấn.

$\alpha > 5$ sự phân bố điện áp không phụ thuộc vào sự nối đất hay không.

Vì rằng giản đồ thay thế mba gồm r, L, C hình thành, nên một loạt những mạch vòng dao động và qtqđ từ điện áp ban đầu đến điện áp cuối cùng ở mỗi điểm của dây quấn đều mang đặc tính dao động. Do tổn hao trên điện trở các dao động sẽ tắt dần. Biên độ dao động và quá điện áp xuất hiện khi đó tăng lên với sự tăng về độ khác nhau giữa phân bố điện áp đầu và cuối.

Để giảm nguy hiểm do dao động đó cần giảm α đến mức có thể. Giảm α sẽ tăng kích thước mba như vậy sẽ tăng giá thành, nghĩa là không thực hiện được.

Bảo vệ mba khỏi quá điện áp :

1. Tăng cường cách điện ở đầu và cuối dây quấn.
2. Tạo ra điện dung màn chắn tĩnh điện, dưới dạng những vòng kim loại hở có bọc cách điện.