

CHƯƠNG 3

MÔ HÌNH HÓA CÁC PHẦN TỬ TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN

3.1. GIỚI THIỆU:

Trong hệ thống điện gồm có các thành phần cơ bản sau:

a. Mạng lưới truyền tải gồm:

- Đường dây truyền tải.
- Biến áp.
- Các bộ tụ điện tĩnh, kháng điện.

b. Phụ tải.

c. Máy phát đồng bộ và các bộ phận liên hợp: Hệ thống kích từ, điều khiển....

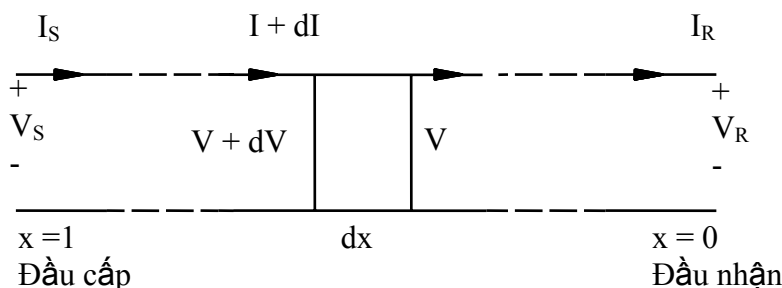
Các vấn đề cần xem xét ở đây là: Ngắn mạch, trào lưu công suất, ổn định quá độ. Mạng lưới truyền tải được giả thiết là ở trạng thái ổn định vì thời hằng của nó nhỏ hơn nhiều so với máy phát đồng bộ.

3.2. MÔ HÌNH ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI.

3.2.1. Đường dây dài đồng nhất.

Đường dây dài đồng nhất là đường dây có điện trở, điện kháng, dung kháng, điện dẫn rò phân bố đều dọc theo chiều dài đường dây, có thể tính theo từng pha và theo đơn vị dài. Trong thực tế điện dẫn rò rất nhỏ có thể bỏ qua. Chúng ta chỉ quan tâm đến quan hệ giữa điện áp và dòng điện giữa hai đầu đường dây, một đầu cấp và một đầu nhận. Khoảng cách tính từ đầu cấp đến đầu nhận.

Để tính toán và xem xét mối quan hệ giữa điện áp và dòng điện trên từng điểm của đường dây ta có mô hình toán học như sau: (xem hình 3.1). Tại tọa độ x lấy vi phân dx trên mỗi pha so với trung tính và khảo sát phân tố dx .



Hình 3.1 : Quan hệ điện áp và dòng điện ở phân tố dài của đường dây truyền tải

Với phân tố dx này ta có thể viết:

$$dV = I \cdot z \cdot dx$$

$$\text{Hay } \frac{dV}{dx} = I \cdot z \quad (3.1)$$

$$\text{Và } dI = V \cdot y \cdot dx$$

Với z : Tổng trở nối tiếp của mỗi pha trên mỗi đơn vị dài

y : Tổng dẫn rẽ nhánh của mỗi pha trên mỗi đơn vị dài

$$\text{Hay } \frac{dI}{dx} = V \cdot y \quad (3.2)$$

Lấy vi phân bậc 2 của (3.1) và (3.2) theo x ta có:

$$\frac{d^2 V}{dx^2} = z \frac{dI}{dx} \quad (3.3)$$

$$\frac{d^2 I}{dx^2} = y \frac{dV}{dx} \quad (3.4)$$

Thế (3.1) và (3.2) vào (3.3) và (3.4) ta có:

$$\frac{d^2 V}{dx^2} = z y V \quad (3.5)$$

$$\frac{d^2 I}{dx^2} = z y I \quad (3.6)$$

Giải (3.5) ta có dạng nghiệm như sau:

$$V = A_1 \exp(\sqrt{zy} \cdot x) + A_2 \exp(-\sqrt{zy} \cdot x) \quad (3.7)$$

Thay (3.7) vào đạo hàm bậc nhất (3.1) ta có dòng điện

$$I = \frac{1}{\sqrt{\frac{z}{y}}} A_1 \exp(\sqrt{zy} \cdot x) - \frac{1}{\sqrt{\frac{z}{y}}} A_2 \exp(-\sqrt{zy} \cdot x) \quad (3.8)$$

A_1 và A_2 được xác định từ điều kiện biên:

$V = V_R$ và $I = I_R$ ở $x = 0$;

Thay vào (3.7) và (3.8) cân bằng ta được:

$$A_1 = \frac{V_R + \sqrt{\frac{z}{y}} \cdot I_R}{2} \quad (3.9)$$

$$A_2 = \frac{V_R - \sqrt{\frac{z}{y}} \cdot I_R}{2} \quad (3.10)$$

Đặt $Z_c = \sqrt{\frac{z}{y}}$: Gọi là tổng trở đường dây

$\gamma = \sqrt{zy}$: Gọi là hằng số truyền sóng

Vậy (3.9) và (3.10) được viết gọn như sau:

$$V(x) = \frac{V_R + I_R \cdot Z_c}{2} \exp(\gamma \cdot x) + \frac{V_R - I_R \cdot Z_c}{2} \exp(-\gamma \cdot x) \quad (3.11)$$

$$I(x) = \frac{V_R / Z_c + I_R}{2} \exp(\gamma \cdot x) - \frac{V_R / Z_c - I_R}{2} \exp(-\gamma \cdot x) \quad (3.12)$$

Công thức (3.11) và (3.12) dùng để xác định điện áp và dòng điện tại bất cứ điểm nào của đường dây theo tọa độ x.

Ta viết (3.11) lại như sau:

$$\begin{aligned} V(x) &= V_R \cdot \frac{1}{2} \cdot [\exp(\gamma \cdot x) + \exp(-\gamma \cdot x)] + I_R \cdot Z_c \cdot \frac{1}{2} [\exp(\gamma \cdot x) - \exp(-\gamma \cdot x)] \\ &= V_R \cdot ch(\gamma \cdot x) + I_R \cdot Z_c \cdot sh(\gamma \cdot x) \end{aligned} \quad (3.13)$$

Tương tự (3.12)

$$I(x) = I_R \cdot ch(\gamma \cdot x) + \frac{V_R}{Z_c} \cdot sh(\gamma \cdot x) \quad (3.14)$$

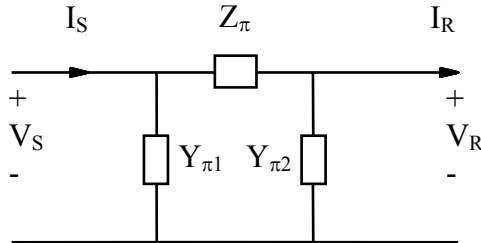
Khi $x = 1$ ta có điện áp và dòng điện ở đầu cấp:

$$V_S = V_R \cdot \text{ch}(\gamma \cdot x) + I_R \cdot Z_C \cdot \text{sh}(\gamma \cdot x) \quad (3.15)$$

$$I_S = \frac{V_R}{Z_C} \cdot \text{sh}(\gamma \cdot x) + I_R \cdot \text{ch}(\gamma \cdot x) \quad (3.16)$$

3.2.2. Sơ đồ tương đương đường dây dài ($l > 240$):

Sử dụng công thức (3.15) và (3.16) để lập sơ đồ tương đương của đường dây dài như hình 3.2 (gọi là sơ đồ hình π).



Hình 3.2 : Sơ đồ π của đường dây truyền tải

Từ sơ đồ hình 3.2 ta có:

$$V_S = V_R + Z_{\pi} \cdot I_R + V_R \cdot Y_{\pi 2} \cdot Z_{\pi} = (1 + Y_{\pi 2} \cdot Z_{\pi}) V_R + Z_{\pi} \cdot I_R \quad (3.17)$$

$$I_S = (I_R + V_R \cdot Y_{\pi 2}) + V_S Y_{\pi 1} \quad (3.18)$$

Thay V_S ở (3.17) vào (3.18) và đơn giản hóa ta được:

$$I_S = [(Y_{\pi 1} + Y_{\pi 2}) + Z_{\pi} \cdot Y_{\pi 1} \cdot Y_{\pi 2}] V_R + (1 + Z_{\pi} \cdot Y_{\pi 1}) I_R \quad (3.19)$$

Đồng nhất (3.17) và (3.19) tương ứng với (3.15) và (3.16) ta có:

$$Z_{\pi} = Z_C \text{sh}(\gamma \cdot l) \quad (3.20)$$

$$Y_{\pi 1} = Y_{\pi 2} = Y_{\pi} \quad (3.21)$$

$$(1 + Z_{\pi} \cdot Y_{\pi}) = \text{ch}(\gamma \cdot l) \quad (3.22)$$

$$\text{Vậy: } Y_{\pi} = \frac{\text{ch}(\gamma \cdot l) - 1}{Z_C \cdot \text{sh}(\gamma \cdot l)} = \frac{1}{Z_C} \cdot \text{th}\left(\frac{\gamma \cdot l}{2}\right) \quad (3.23)$$

Viết gọn (3.20) và (3.23) lại ta có:

$$Z_{\pi} = Z_C \cdot y \cdot l \cdot \frac{\text{sh}(\gamma \cdot l)}{\gamma \cdot l} = \frac{z \cdot l \cdot \text{sh}(\gamma \cdot l)}{\gamma \cdot l} \quad (3.24)$$

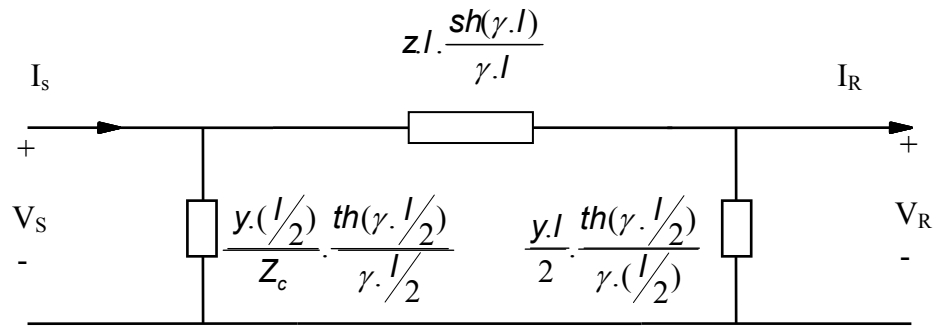
$$Y_{\pi} = \frac{y \cdot l/2}{Z_C} \cdot \frac{\text{th}(\gamma \cdot l/2)}{\gamma \cdot l/2} = \frac{y \cdot l}{2} \cdot \frac{\text{th}(\gamma \cdot l/2)}{\gamma \cdot l/2} \quad (3.25)$$

Sử dụng sơ đồ hình (3.3) và khai triển sh và ch ta có thể tính Y_{π} và Z_{π} đến độ chính xác cần thiết. Thông thường trong sơ đồ nối tiếp chỉ cần lấy 2 hay 3 phần tử là đạt yêu cầu chính xác:

$$\text{Sh}(x) = x + \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} + \dots + \dots$$

$$\text{Ch}(x) = 1 + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^4}{4!} + \dots + \dots \quad (3.26)$$

$$\text{Th}(x) = x - \frac{x^3}{3} + \frac{2}{15} x^5 - \frac{17}{315} x^7 + \dots$$

Hình 3.3 : Sơ đồ π của mạng tuyến tải

Nếu chỉ lấy hai số hàng đầu.

$$Z_{\pi} \approx z.l \cdot \left[1 + \frac{(\gamma.l)^2}{6} \right]$$

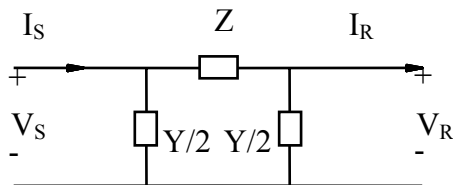
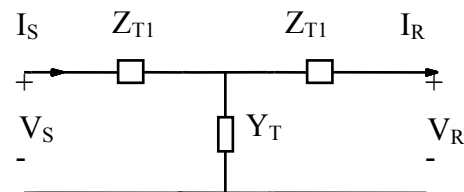
$$Y_{\pi} \approx \frac{\gamma.l}{2} \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{\gamma.l}{2} \right)^2 \right] = \frac{\gamma.l}{2} \left[1 - \left(\frac{\gamma.l}{2} \right)^2 \right] \quad (3.27)$$

3.2.3. Sơ đồ tương đương của đường dây trung bình:

Gồm các đường dây có $\gamma.l \ll 1$ gọi là đường dây trung bình (240km)

$Z_{\pi} = z.l = Z$ (tổng các tổng trở nối tiếp)

$Y_{\pi} = \frac{y.l}{2} = \frac{Y}{2}$ (nửa của tổng dẫn rẽ)

Hình 3.4 : Sơ đồ đối xứng π của đường dây truyền tải

Hình 3.5 : Sơ đồ đối xứng T của đường dây truyền tải

Sơ đồ thu được theo giả thiết gọi là sơ đồ đối xứng π (hình 3.4) và còn có một sơ đồ thể hiện khác nữa gọi là sơ đồ đối xứng T (hình 3.5)

Tính toán tương tự như sơ đồ π ta có (sơ đồ T)

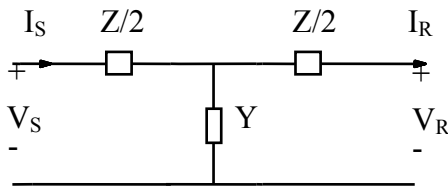
$$Z_{T1} = Z_{T2} = Z_T = \frac{z.l}{2} \cdot \frac{th(\gamma.l/2)}{\gamma.l/2}$$

$$\text{Và } Y_T = y.l \frac{sh(\gamma.l)}{\gamma.l}$$

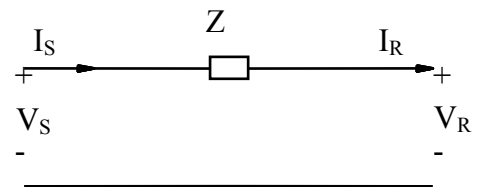
Với sơ đồ đối xứng T ($\gamma.l \ll 1$) có thể rút gọn như hình 3.6

Hai sơ đồ tương xứng này có độ chính xác như nhau nhưng thông thường hay dùng sơ đồ π vì không phải tính thêm nữa.

Trong trường hợp đường dây khá ngắn ($l \leq 80\text{km}$) có thể bỏ qua tổng dẫn mạch rẽ ở cả hai sơ đồ π và T và thu gọn chỉ còn một tổng dẫn nối tiếp Z (hình 3.7)



Hình 3.6 : Sơ đồ đối xứng T



Hình 3.7 : Sơ đồ tương đương của đường dây truyền tải ngắn

3.2.4. Thông số A, B, C, D:

Các thông số A, B, C, D được sử dụng để thiết lập các phương trình quan hệ giữa điện áp và dòng điện ở đầu cung cấp và đầu nhận của đường dây truyền tải.

Bảng 3.1 : Tham số A, B, C, D cho từng loại sơ đồ

Loại đường dây	A	B	C	D
-Đường dây dài đồng nhất	$ch(\gamma.l) = 1 + \frac{Y.Z}{2} + \frac{Y^2.Z^2}{24} + \dots$	$Z_c.sh(\gamma.l) = Z(1 + \frac{Y.Z}{6} + \frac{Y^2.Z^2}{240} + \dots)$	$\frac{sh(\gamma.l)}{Z_c} = Y(1 + \frac{Y.Z}{6} + \frac{Y^2.Z^2}{120} + \dots)$	$ch(\gamma.l) = A$
-Đường dây trung bình				
.Sơ đồ đối xứng T	$1 + \frac{Y.Z}{2}$	$Z(1 + \frac{Y.Z}{4})$	Y	A
.Sơ đồ đối xứng p	$1 + \frac{Y.Z}{2}$	Z	$Y(1 + \frac{Y.Z}{4})$	A
-Đường dây ngắn		Z	0	

Ví dụ: Đẳng thức 3.15 và 3.16 được viết lại như sau:

$$V_S = A.V_R + B.I_R$$

$$I_S = C.V_R + D.I_R$$

Bảng 3.1 cho giá trị A, B, C, D của từng loại đường dây truyền tải. Đường dây dài, đường dây trung bình và đường dây ngắn, các thông số này có đặc tính quan trọng là:

$$A.D - B.C = 1 \quad (3.28)$$

Điều này đã được chứng minh.

3.2.5. Các dạng tổng trở và tổng dẫn:

Xét các đường dây truyền tải theo các tham số A, B, C, D các phương trình được viết dưới dạng ma trận:

$$\begin{bmatrix} V_S \\ I_S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} V_R \\ I_R \end{bmatrix} \quad (3.29)$$

Phương trình 3.29 được viết lại theo biến I_S và I_R sử dụng kết quả:

$$A.D - B.C = 1$$

Như sau:

$$\begin{bmatrix} V_S \\ V_R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{SS} & Z_{SR} \\ Z_{RS} & Z_{RR} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} I_S \\ I_R \end{bmatrix} \quad (3.30)$$

Với $Z_{SS} = A/C$; $Z_{SR} = -1/C$; $Z_{RS} = 1/C$; $Z_{RR} = -D/C$

Công thức (3.30) được viết dưới dạng kí hiệu:

$$V = Z.I \quad (3.31)$$

Thêm một cách biểu diễn I_S, I_R theo biến V_S, V_R như sau:

$$\begin{bmatrix} I_S \\ I_R \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{SS} & Y_{SR} \\ Y_{RS} & Y_{RR} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} V_S \\ V_R \end{bmatrix} \quad (3.32)$$

Hay $I = Y.V$

Với: $Y_{SS} = D/B$; $Y_{SR} = -1/B$; $Y_{RS} = 1/B$; $Y_{RR} = -A/B$

Ở đây ma trận Z là ma trận tổng trở mạch hở, ma trận Y là ma trận tổng dẫn ngắn mạch và đảm bảo $Z = Y^{-1}$ của mạng hai cửa. Ở chương sau sẽ tính mở rộng cho mạng n cửa.

3.2.6. Các thông số Z và Y dùng cho các giới thiệu khác:

Từ bảng 3.1 các đẳng thức 3.30 và 3.31 thông số Z và Y được tính như sau (dùng cho sơ đồ p)

$$Y_{SS} = D/B = (1 + \frac{Y \cdot Z}{2}) / Z = 1/2 + Y/2$$

$$Y_{SR} = -1/B = -1/2; Y_{RS} = 1/2 \quad (3.33) \quad \text{Các}$$

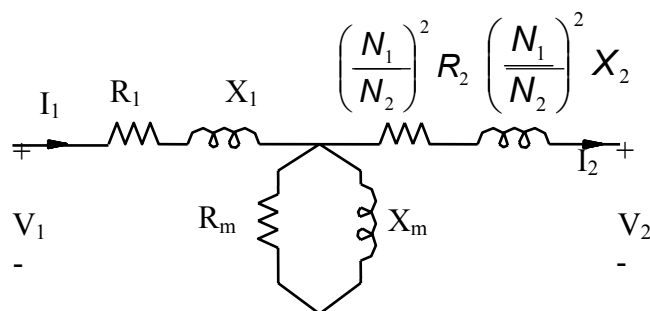
$$Y_{RR} = -A/B = -(1 + \frac{Y \cdot Z}{2}) / Z = -(1/2 + Y/2)$$

tham số này có thể tính trực tiếp từ sơ đồ hình 3.4 viết ra các phương trình nút và loại dòng nhánh giữa.

3.3. MÁY BIẾN ÁP:

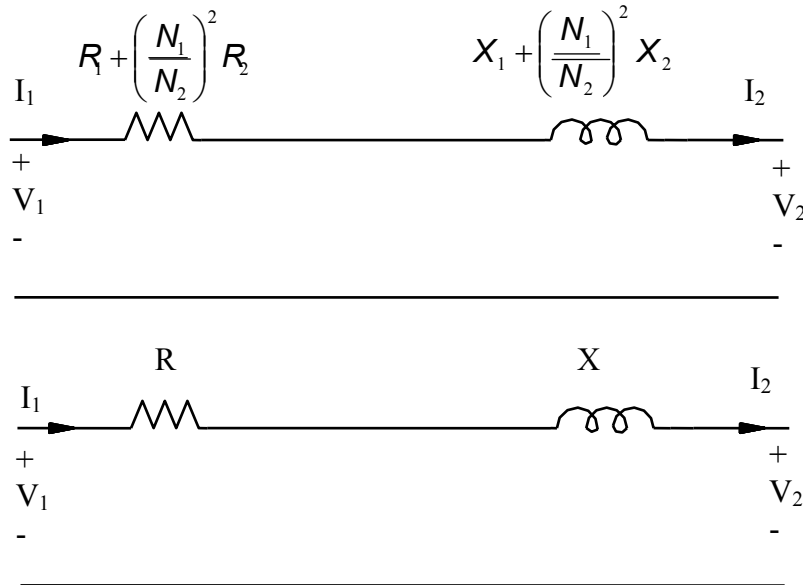
3.3.1. Máy biến áp 2 cuộn dây:

Sơ đồ tương đương của máy biến áp (MBA) như hình 3.8. Các tham số được quy về phía sơ cấp (phía 1).



Hình 3.8 : Sơ đồ tương đương của máy biến áp

Trong MBA lực, nhánh từ hóa có dòng khá nhỏ có thể lược đi và sơ đồ tương đương được rút gọn như hình 3.9



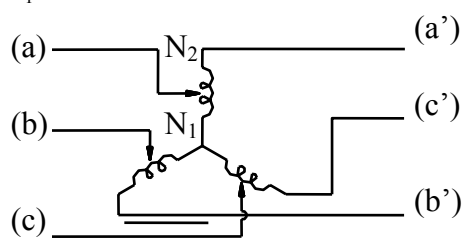
Hình 3.9 : Sơ đồ tương đương đơn giản hóa của MBA

3.3.2. Máy biến áp từ ngẫu:

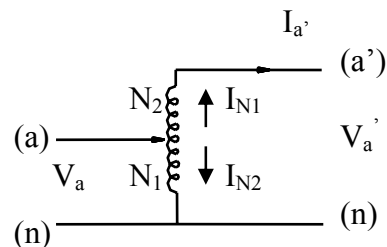
Máy biến áp từ ngẫu (MBATN) gồm có một cuộn dây chung có số vòng N_1 và một cuộn dây nối tiếp có số vòng N_2 , sơ đồ 1 pha và 3 pha ở dưới.

Đầu cực a-n đại diện cho phía điện áp thấp và đầu cực a'-n' đại diện cho phía điện áp cao. Tỉ lệ vòng toàn bộ là:

$$\frac{V_{a'}}{V_a} = 1 + \frac{N_2}{N_1} = 1 + a = N$$



Hình 3.10 : MBA từ ngẫu 3 pha



Hình 3.11 : Sơ đồ 1 pha của MBATN

Sơ đồ tương đương của MBATN được mô phỏng như hình 3.12, trong đó Z_{ex} là tổng trở đo được ở phía hạ khi phía cấp áp ngắn mạch.

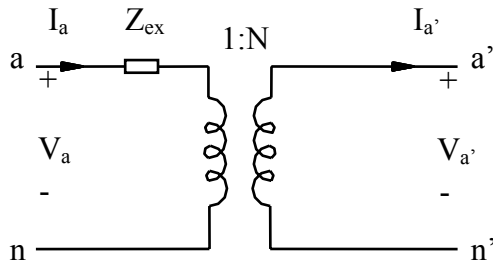
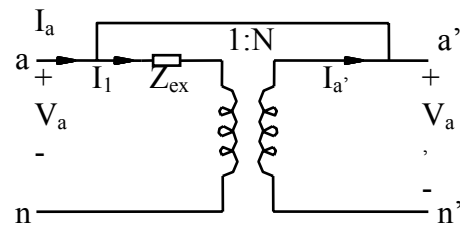
Hai tổng trở ngắn mạch nữa được tính là:

- Z_{eH} : Tổng trở đo được ở phía cao áp khi số vòng N_1 bị ngắn mạch nối tắt cực a-n. Và dễ dàng chứng minh từ hình 3.12 (phép quy đổi)

$$Z_{eH} = Z_{ex} N^2 \quad (3.34)$$

- Z_{eL} : Tổng trở đo được phía hạ áp khi số vòng N_2 bị ngắn mạch nối tắt cực a-a'

hình 3.13.

**Hình 3.12 : Sơ đồ tương đương của MBATN****Hình 3.13 : Sơ đồ tương đương khi nối a-a' của MBATN**

Từ sơ đồ hình 3.13 ta có:

$$V_a = V_{a'}$$

$$I_1 = (V_a - \frac{V_{a'}}{N}) / Z_{ex} = V_a \frac{(N-1)}{N} / Z_{ex} \quad (3.35)$$

Đối với máy biến áp lý tưởng số ampe vòng bằng zero cho nên chúng ta có:

$$I_1 = I_{a'} N$$

$$\text{Hay } I_{a'} = I_1 / N$$

$$\text{Với: } I_a + I_{a'} = I_1$$

Vì vậy:

$$I_a = I_1 \cdot \frac{N-1}{N}$$

Tổng trở :

$$Z_{eL} = \frac{V_a}{I_a} = \frac{V_a}{I_1} \frac{N}{(N-1)} = \left(\frac{N}{N-1} \right)^2 Z_{ex}$$

Do đó:

$$Z_{ex} = \left(\frac{N-1}{N} \right)^2 Z_{eL} \quad (3.36)$$

Sử dụng (3.34) ta có:

$$Z_{eH} = (N-1)^2 Z_{eL} = a^2 Z_{eL}$$

* Nhược điểm của MBATN:

- Hai phía cao và hạ áp không tách nhau về điện nên kém an toàn
- Tổng trở nối tiếp thấp hơn MBA 2 cuộn dây gây ra dòng ngắn mạch lớn

* Ưu điểm của MBATN:

- Công suất đơn vị lớn hơn MBA 2 cuộn dây nên tải được nhiều hơn
- Độ lợi càng lớn khi tỉ số vòng là 2:1 hoặc thấp hơn

Ví dụ minh họa: Cho một MBA 2 cuộn dây có thông số định mức là 22KVA, 220/110V, $f = 50\text{Hz}$. Cuộn A là 220V có $Z = 0,22 + j0,4 (\Omega)$ cuộn B là 110V có tổng trở là $Z = 0,05 + j0,09 (\Omega)$.

MBA đấu theo dạng từ ngẫu cung cấp cho tải 110V với nguồn 330V. Tính Z_{ex} , Z_{eL} , Z_{eH} dòng phụ tải là 30A. Tìm mức điều tiết điện áp.

Giải:

Cuộn B là cuộn chung có N_1 vòng, cuộn A là cuộn nối tiếp có N_2 vòng.

Vậy $N_2 / N_1 = 2 = a$ và $N = a+1 = 3$, do $Z_A = 0,24 + j0,4 (\Omega)$, $Z_B = 0,05 + j0,09 (\Omega)$

Nên:

$$Z_{eH} = Z_A + a^2 Z_B = 0,44 + j0,76 (\Omega)$$

$$Z_{eL} = Z_B + Z_A / a^2 = 0,11 + j0,19 (\Omega)$$

$$Z_{ex} = \frac{Z_{eH}}{N^2} = Z_{eL} \left(\frac{N-1}{N} \right)^2 = 0,049 + j0,08 (\Omega)$$

$$\begin{aligned} \text{Mức điều chỉnh điện áp} &= \frac{I \cdot R \cdot \cos \theta + I \cdot X \cdot \sin \theta}{V} \cdot 100\% \\ &= \frac{30}{3} \cdot \frac{0,44 \cdot 0,9 + 0,76 \cdot 0,437}{330} \cdot 100\% = 2,21\% \end{aligned}$$

3.3.3. Máy biến áp có bộ điều áp:

Do phụ tải luôn thay đổi theo thời gian dẫn đến điện áp của hệ thống điện cũng thay đổi theo. Để giữ cho điện áp trên các dây dẫn nằm trong giới hạn cho phép người ta điều chỉnh điện áp một hoặc hai phía của MBA bằng cách đặt bộ phân áp vào MBA nói chung là đặt phía cao áp để điều chỉnh mềm hơn. Khi tỉ số vòng N bằng tỉ số điện áp định mức ta nói đó là tỉ lệ đồng nhất. Khi chúng không bằng ta nói tỉ lệ là không đồng nhất. Bộ điều áp có hai loại:

-Bộ điều áp dưới tải

-Bộ điều áp không tải

Bộ điều áp dưới tải có thể điều chỉnh tự động hoặc bằng tay, khi điều chỉnh bằng tay phải dựa vào kinh nghiệm và tính toán trào lưu công suất trước đó. Tỉ số đầu phân áp có thể là số thực hay số phức trong trường hợp là số phức điện áp ở hai phía khác nhau về độ lớn và góc pha. MBA này gọi là MBA chuyển pha.

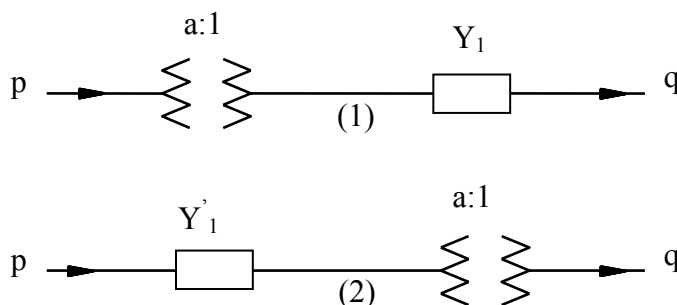
3.3.4. Máy biến áp có tỉ số vòng không đồng nhất:

Chúng ta xét trường hợp tỉ số vòng không đồng nhất là số thực cần xét hai vấn đề sau:

- Giá trị tương đối của tổng trở nối tiếp của MBA đặt nối tiếp trong máy biến áp lý tưởng cho phép có sự khác nhau trong điện áp, tỉ lệ không đồng nhất được mô tả trên sơ đồ bằng chữ a và giả thiết rằng a nằm xung quanh 1 ($a \neq 1$)

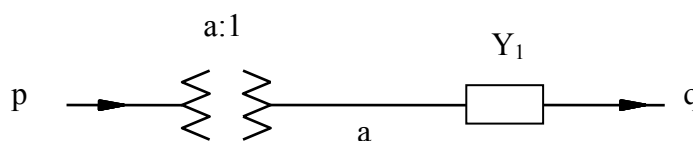
- Giả thiết tổng trở nối tiếp của MBA không đổi khi đầu phân áp thay đổi vị trí.

MBA không đồng nhất được mô tả theo hai cách như hình 3.14, tổng dẫn nối tiếp trong hai cách có quan hệ là $Y_1' = Y_1/a^2$.



Hình 3.14 : Hai cách giới thiệu máy biến áp không đồng nhất

Với tỉ lệ biến áp bình thường là $a:1$ phía a gọi là phía điều áp. Vì vậy trong sơ đồ 1 tổng dẫn nối tiếp được nối đến phía 1 còn sơ đồ 2 thì được nối đến phía a .



Hình 3.15 : Sơ đồ tương đương của MBA không đồng nhất

Xét hình 3.15 của MBA không đồng nhất ở đây tổng trở nối tiếp được nối đến phía đơn vị của bộ điều áp.

Mạng hai cửa tương đương của nó là:

Ở nút p:

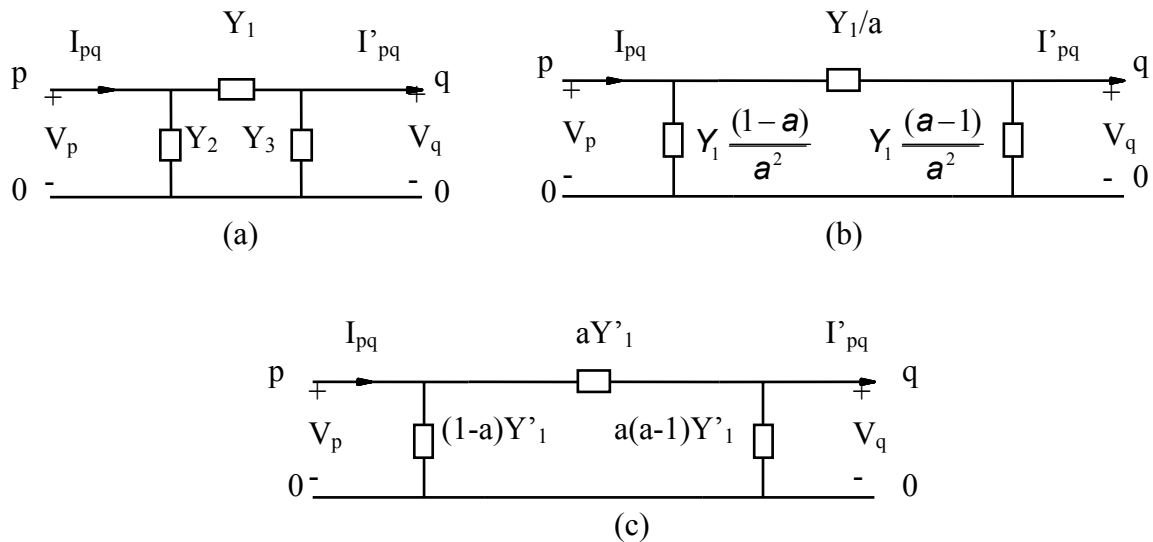
$$I_{pq} = (V_p - aV_q)Y_1 / a^2$$

$$= \frac{V_p Y_1}{a^2} - \frac{V_q Y_1}{a} \quad (3.37)$$

Ở nút q:

$$I'_{pq} = (V_q - \frac{V_p}{a})Y_1$$

$$= V_q \cdot Y_1 - \frac{V_p \cdot Y_1}{a} \quad (3.38)$$



Hình 3.16 : Sơ đồ tương đương của MBA không đồng nhất

Ở sơ đồ hình 3.16a ta có:

$$I_{pq} = V_p Y_2 + (V_p - V_q)Y_1 \quad (3.39)$$

$$I'_{pq} = V_q Y_3 + (V_q - V_p)Y_1 \quad (3.40)$$

Đồng nhất (3.39) và (3.40) với (3.37) và (3.38) ta được:

$$Y_1 + Y_2 = Y_1/a^2$$

$$Y_1 = Y_1/a$$

$$Y_1 + Y_3 = Y_1$$

Giải ra ta được: $Y_1 = \frac{Y_1}{a}$; $Y_2 = \frac{Y_1}{a^2} - \frac{Y_1}{a}$; $Y_3 = Y_1 - \frac{Y_1}{a}$

Sơ đồ là hình 3.16b. Chú ý tất cả tổng dẫn trong sơ đồ tương đương là hàm của tỉ số vòng a. Và dấu liên hợp giữa Y_2 và Y_3 luôn ngược. Ví dụ: Nếu Y_1 là điện kháng $a > 1$; Y_2 là điện kháng; Y_3 là điện dung; nếu $a < 1$; Y_2 là dung kháng và Y_3 là điện kháng.

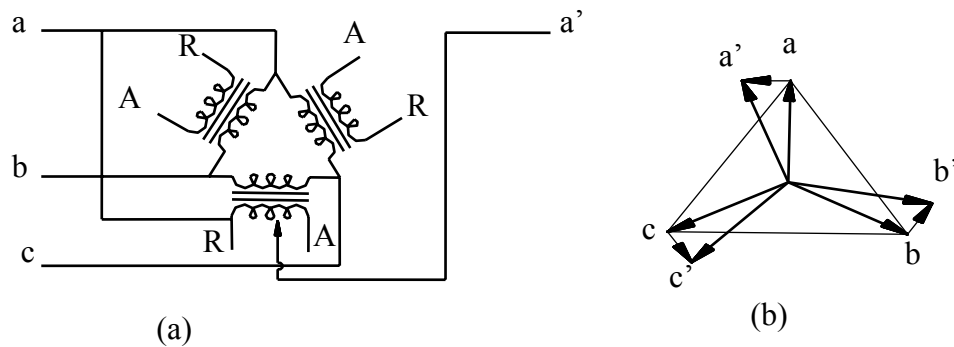
Sơ đồ hình 3.16c là sơ đồ tương đương theo Y'_1 khi $a \rightarrow 1$ thì tổng trở mạch rẽ $\rightarrow \infty$ và tổng dẫn nối tiếp tiến đến Y_1 .

3.3.5. Máy biến áp chuyển pha:

Trong hệ thống điện liên kết có mạch vòng hay đường dây song song, công suất thật truyền trên đường dây được điều khiển bằng máy biến áp chuyển pha, MBA có tỉ số vòng là số phức thì độ lớn và góc pha điện áp phụ thuộc vào vị trí của bộ điều áp.

Khi cuộn sơ cấp và cuộn thứ cấp được quấn trên cùng một lõi thì chúng có cùng pha và tỉ lệ phân áp là thực. Tuy nhiên trong máy biến áp từ ngẫu chuyển pha cuộn sơ cấp và cuộn thứ cấp được bố trí tùy theo độ lệch pha để khi thay đổi đầu phân áp thì góc pha cũng thay đổi theo. Sơ đồ minh họa ở hình 3.17a, sơ đồ đơn giản hóa chỉ có một pha của MBATN chuyển pha là đầy đủ để cho gọn gàng, để thấy cuộn dây thứ 2 của pha a bị làm lệch điện áp đi 90° so với pha a.

Ở sơ đồ vectơ hình 3.17b khi đầu phân áp chạy từ $R \rightarrow A$ thì điện áp thay đổi từ zero đến aa' kết quả là điện áp thứ cấp thay đổi từ oa đến oa' .



Hình 3.17 : Máy biến áp từ ngẫu chuyển pha gồm cả ba pha

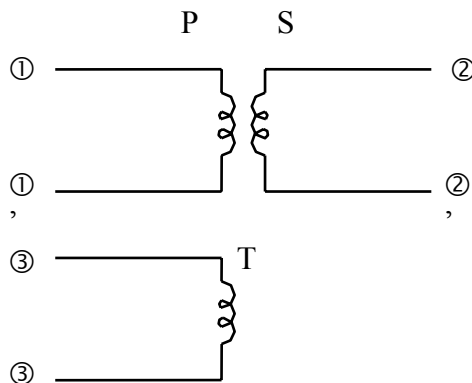
a. Sơ đồ đấu dây

b. Sơ đồ vectơ

Như hình 3.17 ta thấy rằng điện áp ở cuộn nối tiếp cao hơn bình thường cho phép công suất lớn hơn chạy trên đường dây nghĩa là: Thay vì lắp máy biến áp thường ta lắp máy biến áp chuyển pha sẽ cho phép nâng cao điện áp cấp và đường dây mang tải nhiều hơn.

3.3.6. Máy biến áp ba cuộn dây.

Máy biến áp ba cuộn dây sử dụng trong những trường hợp cần cung cấp cho phụ tải ở hai cấp điện áp từ một cuộn dây cung cấp. Hai cuộn dây này gọi là cuộn thứ hai và cuộn thứ ba (hình 3.18). Cuộn thứ 3 ngoài mục đích trên còn có mục đích khác, chẳng hạn được nối vào tụ để chặn sóng bậc 3. Trên sơ đồ ta ký hiệu 11' là cuộn sơ cấp (P), 22' là cuộn thứ 2 (S), 33' là cuộn thứ 3 (T).



Hình 3.18 : Máy biến áp ba cuộn dây

Các tham số đo được từ thí nghiệm là:

Z_{PS} : Là tổng trở cuộn sơ cấp khi ngắn mạch cuộn 2 và hở mạch cuộn 3

Z_{PT} : Là tổng trở cuộn sơ cấp khi ngắn mạch cuộn 3 và hở mạch cuộn 2

Z_{ST} : Là tổng trở cuộn thứ cấp khi cuộn sơ cấp hở mạch và cuộn 3 ngắn mạch

Z'_{ST} quy đổi về phía sơ cấp là: $Z_{ST} = \left(\frac{N_P}{N_S} \right)^2 \cdot Z'_{ST}$

Sơ đồ tương đương của MBA ba cuộn dây hình 3.19 Z_{PS} , Z_{PT} , Z_{ST} , quy đổi về phía sơ cấp.

Theo cách đo ngắn mạch ta có:

$$Z_{PS} = Z_P + Z_S \quad (3.41)$$

$$Z_{PT} = Z_P + Z_T \quad (3.42)$$

$$Z_{ST} = Z_S + Z_T \quad (3.43)$$

Trừ (3.42) đi (3.43) ta có:

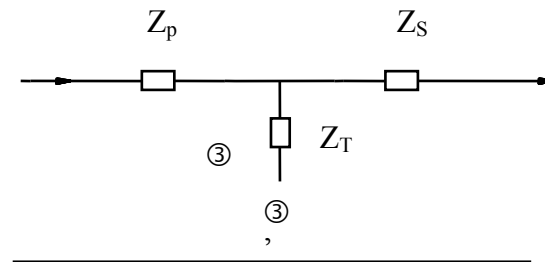
$$Z_{PT} - Z_{ST} = Z_P - Z_S \quad (3.44)$$

Từ (3.41) và (3.44) ta có:

$$Z_P = 1/2 (Z_{PS} + Z_{PT} - Z_{ST}) \quad (3.45)$$

$$Z_S = 1/2 (Z_{PS} + Z_{ST} - Z_{PT}) \quad (3.46)$$

$$Z_T = 1/2 (Z_{ST} + Z_{PT} - Z_{PS}) \quad (3.47)$$



Hình 3.19 : Sơ đồ tương đương của MBA ba cuộn dây

Bỏ qua tổng trở mạch rẽ nên nút đất q tách rời đầu cực 1 nối với nguồn cung cấp, đầu cực 2 và 3 nối đến tải, nếu cuộn 3 dùng để chặn sóng hài thì thả nổi.

3.3.7. Phụ tải:

Chúng ta nghiên cứu về phụ tải liên quan đến trào lưu công suất và ổn định. Điều quan trọng là phải biết sự thay đổi của công suất tác dụng và công suất phản kháng theo điện áp. Ở các nút điển hình các loại tải gồm có:

- Động cơ không đồng bộ 50÷70 %
- Nhiệt và ánh sáng 20÷30 %
- Động cơ đồng bộ 5÷10 %

Để tính chính xác người ta dùng đặc tính P-V và Q-V của từng loại tải nhưng xử lý phân tích rất phức tạp. Vì vậy người ta đưa ra ba cách giới thiệu chính về tải dùng cho mục đích phân tích.

- Giới thiệu theo công suất không đổi: Cả lượng MVA và MVAR đều bằng hằng số thường dùng để nghiên cứu trào lưu công suất.
- Giới thiệu theo dòng điện không đổi: Dòng điện tải I trong trường hợp này được tính

$$I = \frac{P - jQ}{V} \mid V \mid \angle(\theta - \Phi)$$

Ở đó $V = \mid V \mid \angle \varphi$ và $\phi = \tan^{-1} (Q/P)$ là góc hệ số công suất, độ lớn của I được giữ không đổi.

- Giới thiệu theo tổng trở không đổi: Đây là cách giới thiệu thường xuyên khi nghiên cứu ổn định nếu lượng MVA và MVAR đã biết và không đổi thì tổng trở tải tính như sau:

$$Z = \frac{V}{I} = \frac{\mid V \mid^2}{P - jQ}$$

Và tổng dẫn:

$$Y = \frac{1}{Z} = \frac{P - jQ}{\mid V \mid^2}$$

3.4. KẾT LUẬN:

Trong chương này ta xem xét các phần tử của hệ thống điện như đường dây truyền tải, biến áp, phụ tải. Mô hình hóa chúng trong hệ thống điện với trạng thái ổn định đủ để nghiên cứu các trạng thái cơ bản của hệ thống: Ngắn mạch, phân bố dòng chảy công suất, và ổn định quá độ.