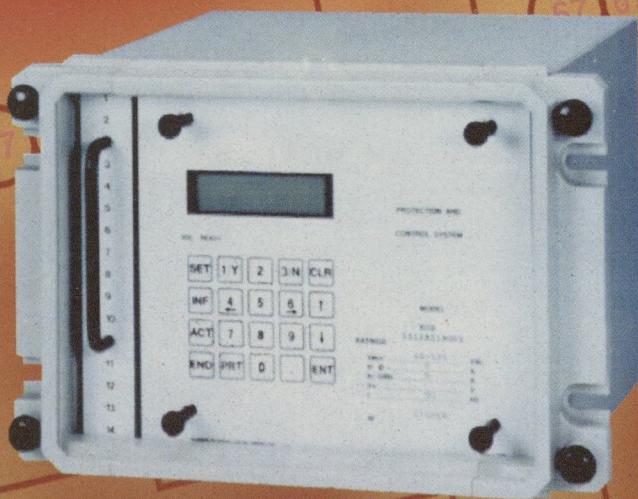


NGUYỄN HOÀNG VIỆT

SUBSTATION

# CÁC BÀI TOÁN TÍNH NGĂN MẠCH VÀ BẢO VỆ RƠ LE TRONG HỆ THÔNG ĐIỆN



NHÀ XUẤT BẢN  
ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP. HỒ CHÍ MINH



**ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP HỒ CHÍ MINH  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA**

**Nguyễn Hoàng Việt**

**CÁC BÀI TOÁN TÍNH NGĂN MẠCH  
và BẢO VỆ RÔLE  
TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN**

*(Tái bản lần thứ ba)*

**NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA  
TP HỒ CHÍ MINH - 2010**

# MỤC LỤC

<i>LỜI NÓI ĐẦU</i>	5
<b>PHẦN I</b>	
<b>TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH CHO BẢO VỆ RƠLE</b>	7
<b>A. LÝ THUYẾT GIẢN LƯỢC TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH CHO BẢO VỆ RƠLE</b>	7
<i>Chương 1</i>	
ĐẶC ĐIỂM CỦA DÒNG NGẮN MẠCH	9
1.1. Các nguồn dòng ngắn mạch	9
1.2. Đặc điểm dòng ngắn mạch	9
1.3. Hệ số bất đối xứng (A .F)	15
<i>Chương 2</i>	
TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH ĐỐI XỨNG	17
2.1. Các phương pháp tính toán	17
2.2. Các bước thực hiện tính ngắn mạch đối xứng	19
2.3. Tính toán cụ thể theo các bước	20
<i>Chương 3</i>	
PHÂN TÍCH CÁC THÀNH PHẦN ĐỐI XỨNG	39
3.1. Khái niệm thành phần thứ tự thuận, thứ tự nghịch và thứ tự không	39
3.2. Phân tích các thành phần đối xứng	39
3.3. Các hệ thống thứ tự	40
<i>Chương 4</i>	
TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH BẤT ĐỐI XỨNG	43
4.1. Ngắn mạch hai pha không chạm đất	43
4.2. Ngắn mạch hai pha chạm đất	44
4.3. Ngắn mạch một pha chạm đất	45
<i>Chương 5</i>	
TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH QUA ĐIỆN TRỞ TRUNG GIAN	
Z <sub>N</sub> VÀ ĐIỆN TRỞ ĐẤT Z <sub>G</sub>	47
5.1. Sự cố 3 pha (3PH): N <sup>3</sup>	47
5.2. Sự cố 2 pha chạm đất (2LG): N <sup>1.1</sup>	47
5.3. Sự cố 2 pha (LL): N <sup>2</sup>	48
5.4. Sự cố một pha chạm đất (1LG): N <sup>1</sup>	48
<i>Chương 6</i>	
ẢNH HƯỞNG CỦA HỆ THỐNG NỐI ĐẤT LÊN THÀNH PHẦN THỨ TỰ KHÔNG	49
6.1. do Dòng điện và điện áp thứ tự không	49

6.2. Tỉ số $Z_0/Z_1$ Hệ thống	50
6.3. Sự thay đổi của các đại lượng thứ tự không	51
<i>Chương 7</i>	
XÁC ĐỊNH TỔNG TRỞ CHO TỪNG PHẦN TỬ TRONG HỆ	54
THỐNG ĐIỆN	54
7.1. Nguồn hệ thống	54
7.2. Máy phát điện đồng bộ	55
7.3. Động cơ không đồng bộ	56
7.4. Máy biến áp: (hai và ba cuộn dây)	59
7.5. Máy biến áp tự ngẫu	60
7.6. Kháng điện hạn chế dòng ngắn mạch	60
7.7. Tụ điện mắc nối tiếp	61
7.8. Đường dây	61
<i>Chương 8</i>	
KHẢO SÁT CÁC SỰ CỐ MẠNG PHÂN PHỐI HÌNH TIA	65
8.1. Các sự cố trên đường dây phân phối chính	65
8.2. Các sự cố trên đường dây nhánh	68
<i>Chương 9</i>	
TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH TRÊN ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN	72
TẢI	72
9.1. Hệ thống tương đương trong hệ thống bảo vệ	78
9.2. Phân tích sự cố	78
9.3. Tính toán dòng và áp tại điểm đặt rơ le khi có ngắn mạch trên đường dây truyền tải dùng để xác định tổng trở của bảo vệ khoảng cách	80
<b>B. CÁC BÀI TOÁN ÁP DỤNG TÍNH NGẮN MẠCH</b>	96
<i>PHẦN II</i>	
<b>TÍNH TOÁN BẢO VỆ RỘI</b>	159
Bài 28 – 51: Bảo vệ dòng điện	159
Bài 52 – 76: Bảo vệ khoảng cách	239
Bài 77 – 90: Bảo vệ so lệch MBA, MF	283
Bài 91 – 96: Bảo vệ thanh cái	302
Bài 97 – 114: Tự động hóa	311
<i>PHỤ LỤC</i>	372
<i>TÀI LIỆU THAM KHẢO</i>	401

## **LỜI NÓI ĐẦU**

*Quyển CÁC BÀI TOÁN TÍNH NGẮN MẠCH VÀ BẢO VỆ ROLE TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN* gồm có 2 phần.

*Phần 1: tóm tắt lý thuyết về ngắn mạch trong hệ thống điện và các bài tập áp dụng.*

*Phần 2: gồm bài tập tính toán, chỉnh đặt, thiết kế role bảo vệ các phân tử, các thiết bị tự động trong hệ thống điện. Việc tính toán chỉnh đặt có áp dụng một số thông số, đặc tuyến role của các nhà sản xuất đang được sử dụng trong hệ thống điện Việt Nam. Các thông số, đặc tuyến, mã số của các role cụ thể được cho ở phần phụ lục.*

*Quyển này được soạn dành cho sinh viên ngành Điện trường Đại học Kỹ Thuật, sinh viên ngành Điện các trường Đại học, Cao đẳng khác và có thể là tài liệu tham khảo cho các chuyên viên liên quan đến ngành điện.*

*Quyển sách này gồm 114 bài tập tiêu biểu cho tính ngắn mạch và bảo vệ role trong hệ thống điện được tái bản lần một có sửa chữa và bổ sung. Chúng tôi mong nhận được sự góp ý của độc giả để lần tái bản sau sẽ hoàn chỉnh hơn. Mọi ý kiến đóng góp xin gửi về bộ môn Hệ Thống Điện, khoa Điện – Điện tử trường Đại học Kỹ Thuật – Đại học Quốc gia thành phố Hồ Chí Minh. 268 Lý Thường Kiệt Q.10. ĐT 08.8.651081.*

Tháng 2-2001

Tác giả

Tiến sĩ NGUYỄN HOÀNG VIỆT

# PHẦN I

## TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH CHO BẢO VỆ RƠLE

### A. LÝ THUYẾT GIẢN LƯỢC TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH CHO BẢO VỆ RƠLE

Mục đích của việc tính toán dòng ngắn mạch là để xác định định mức cắt cho máy cắt, chỉnh định giá trị khởi động và độ nhạy cho rơ le bảo vệ đồng thời là để xác định giới hạn chịu đựng của các thiết bị bảo vệ.

Một hệ thống điện bình thường là một hệ thống ba pha cân bằng. Tuy nhiên khi xảy ra sự cố, tính đối xứng của hệ thống cân bằng bị phá vỡ, kết quả là có dòng điện và điện thế mất cân bằng xuất hiện trong hệ thống điện. Ngoại trừ ngắn mạch ba pha được xem là ngắn mạch đối xứng. Còn đối với các trường hợp ngắn mạch khác bao gồm:

- Ngắn mạch hai pha không chạm đất.
- Ngắn mạch hai pha chạm đất.
- Ngắn mạch một pha.

thì phải sử dụng lý thuyết các thành phần đối xứng.

Đối với việc ứng dụng các bảo vệ cho hệ thống điện cần phải biết dòng sự cố phân bổ trong hệ thống và điện áp của từng phần khác nhau trong hệ thống khi xảy ra sự cố. Hơn nữa, cần phải biết giá trị đỉnh của dòng điện tại một điểm ngắn mạch nào đó nếu muốn sự cố được cắt. Một vài thông số thông thường cần phải biết là:

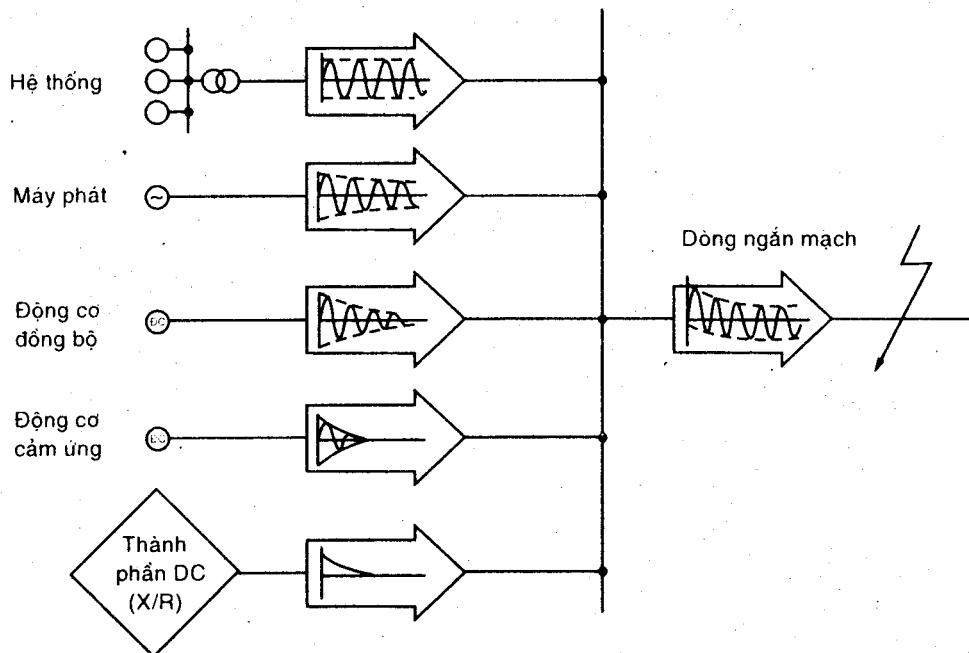
- Dòng ngắn mạch lớn nhất và nhỏ nhất tại vị trí đặt rơ le.
- Dòng ngắn mạch lớn nhất và nhỏ nhất qua rơ le.

Để có được các thông số cần thiết ở trên thì giới hạn ổn định máy phát và các điều kiện vận hành có thể của hệ thống điện cùng với phương pháp nối đất phải được biết và sự cố được giả sử rằng ngắn mạch trực tiếp (tổng trở chạm bằng 0) để tìm dòng ngắn mạch cực đại. Khi cần tính dòng ngắn mạch nhỏ nhất cần tìm chế độ làm việc của nguồn, dạng ngắn mạch, sơ đồ mạng, ngắn mạch qua điện trở trung gian.

# ĐẶC ĐIỂM CỦA DÒNG NGĂN MẠCH

## 1.1. CÁC NGUỒN DÒNG NGĂN MẠCH

Khi xác định dòng ngắn mạch ta cần phải quan tâm tất cả các nguồn dòng ngắn mạch có thể có. Các nguồn dòng ngắn mạch đó là: các máy phát, động cơ (cảm ứng và đồng bộ), nguồn hệ thống. Có thể minh họa nguồn dòng ngắn mạch bằng sơ đồ H.1.1.



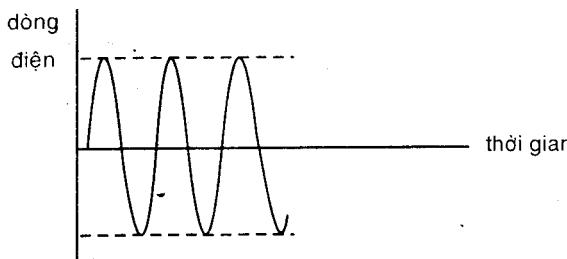
Hình 1.1. Các thành phần nguồn dòng ngắn mạch

## 1.2. ĐẶC ĐIỂM DÒNG NGĂN MẠCH

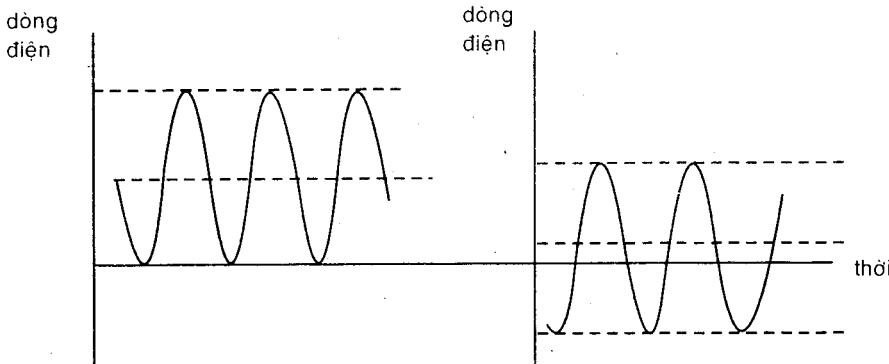
### Dòng ngắn mạch đối xứng và dòng ngắn mạch bất đối xứng

Dạng sóng của dòng ngắn mạch xoay chiều đối xứng và bất đối xứng được biểu diễn theo trục dọc (trục thời gian). Tuy nhiên, trong thực tế dòng ngắn mạch ban đầu là dòng bất đối xứng và sau đó suy giảm đến dòng đối xứng.

Nếu đường biên dạng sóng dòng định ngắn mạch là đối xứng so với trục dọc (trục thời gian) thì dòng điện đó được gọi là dòng ngắn mạch đối xứng.



**Hình 1.2. Dòng ngắn mạch đối xứng.**



**Hình 1.3. Dòng ngắn mạch bất đối xứng.**

Nếu đường biên dạng sóng dòng đỉnh ngắn mạch là không đối xứng so với trục dọc (trục thời gian) thì dòng điện đó được gọi là dòng ngắn mạch bất đối xứng (H.1.3).

#### **Hệ số công suất và tỉ số tổng trở ngắn mạch của hệ thống X/R**

Trong thực tế, tất cả các dòng điện ngắn mạch đều bất đối xứng do hệ số công suất của hệ thống trước khi sự cố xảy ra rất cao (có nghĩa là tỉ số X/R nhỏ) và sau đó nó sẽ thay đổi tức thời đến giá trị hệ số công suất rất thấp sau khi có xảy ra sự cố (có nghĩa là tỉ số X/R lớn). H.1.4 là sơ đồ thay thế đặc trưng của một mạng điện.

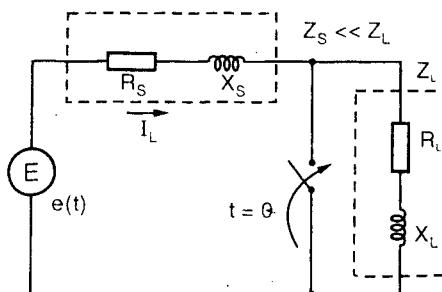
Trước khi xảy ra sự cố: Tổng trở tải  $Z_L$  lớn ( $Z_L \gg Z_S$ ).

Tổng trở hệ thống  $Z_S$  rất nhỏ, phần lớn là kháng trở hệ thống  $X_S$  ( $X_S \gg R_S$ ).

Tổng trở tải  $Z_L$  rất lớn, phần lớn là điện trở tải  $R_L$  ( $R_L \gg X_L$ ).

Hệ số công suất lớn (70% - 95%).

Tỉ số X/R rất nhỏ (nhỏ hơn 1).



Hình 1.4. Sơ đồ thay thế mạng điện

Dòng điện trễ so với điện áp một góc  $18 - 45^\circ$ .

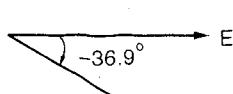
Sau khi xảy ra sự cố: Tổng trở hệ thống  $Z_s$  lớn. Tổng trở tải  $Z_L = 0$ .

Tổng trở hệ thống  $Z_s$  lớn và phần lớn là kháng trở hệ thống  $X_s$  ( $X_s \gg R_s$ ).

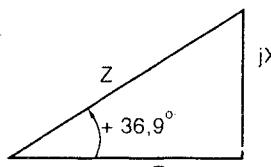
Hệ số công suất thấp (5% - 45%).

Dòng điện trễ so với điện áp một góc  $79 - 87^\circ$ .

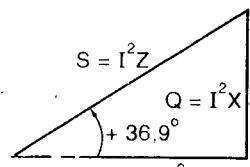
Tỉ số  $X/R$  lớn (5 - 20 hoặc lớn hơn).



a) Quan hệ E và I



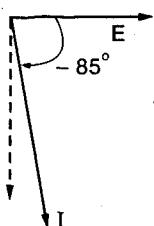
b) Tam giác tổng trở



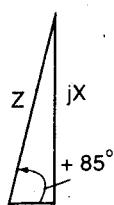
c) Tam giác công suất

Hình 1.5. Sơ đồ mối quan hệ của hệ thống (trước khi xảy ra sự cố)

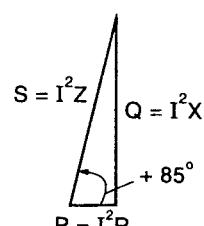
Mối quan hệ duy nhất của dòng điện và điện áp là có thể thay đổi tức thời từ góc chập pha khoảng  $36.9^\circ$  trước sự cố (H.1.5a) đến thời điểm ( $t = 0$ ) khi sự cố tương ứng với góc chập pha  $85^\circ$  (H.1.6a) dẫn đến dạng sóng dòng của nó lệch so với trục thời gian. Khi tỉ số  $X/R$  lớn hơn thì độ lệch sẽ lớn hơn, và dẫn đến sự suy giảm sẽ chậm hơn.



a) Quan hệ E và I



b) Tam giác tổng trở



c) Tam giác công suất

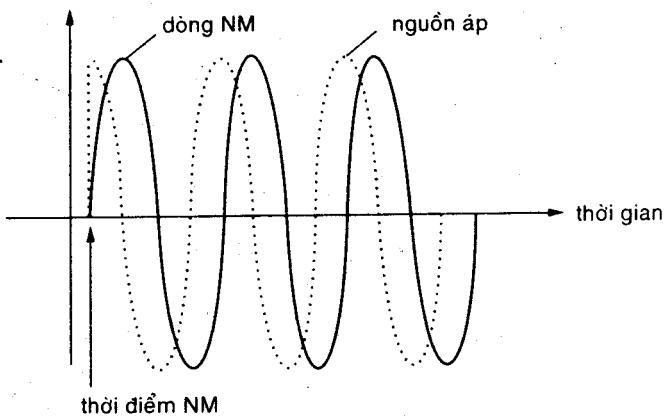
Hình 1.6. Sơ đồ mối quan hệ của hệ thống (sau khi xảy ra ngắn mạch)

### Dạng sóng dòng ngắn mạch các trường hợp đặc biệt

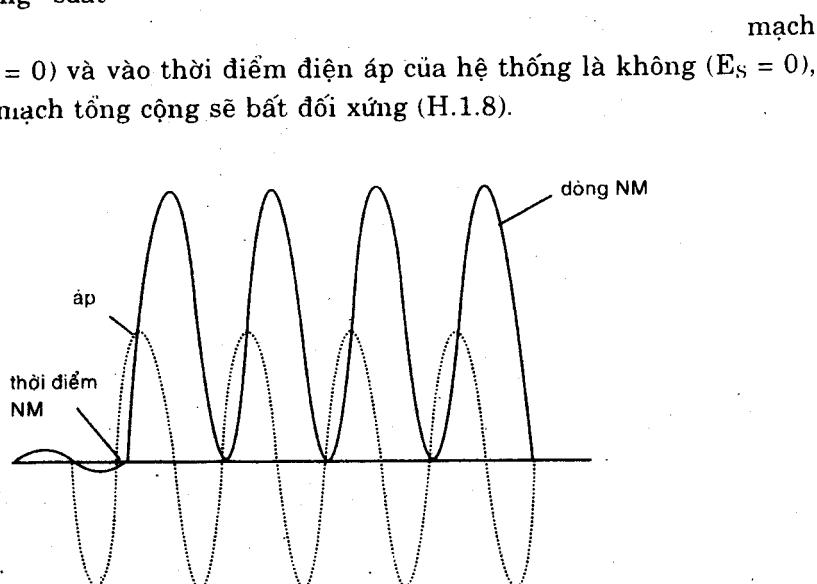
Khi ngắn mạch xảy ra trong trường hợp hệ số công suất của mạch bằng không ( $R = 0$ ) và vào thời điểm điện áp của hệ thống đạt giá trị cực đại ( $E_s = E_{max}$ ), thì dòng ngắn mạch tổng cộng sẽ đối xứng (H.1.7).

Khi ngắn mạch xảy ra trong trường hợp hệ số công suất của

bằng không ( $R = 0$ ) và vào thời điểm điện áp của hệ thống là không ( $E_s = 0$ ),

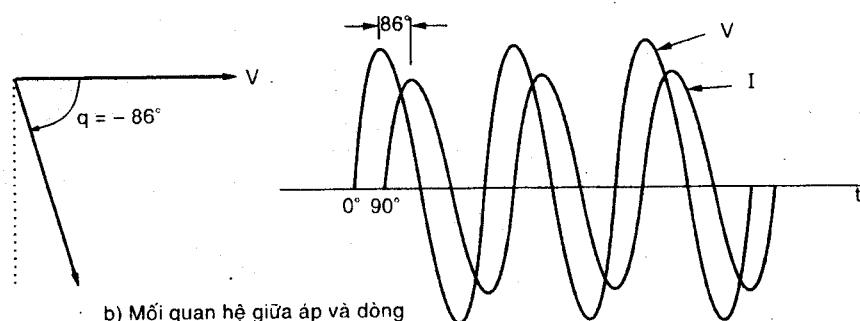
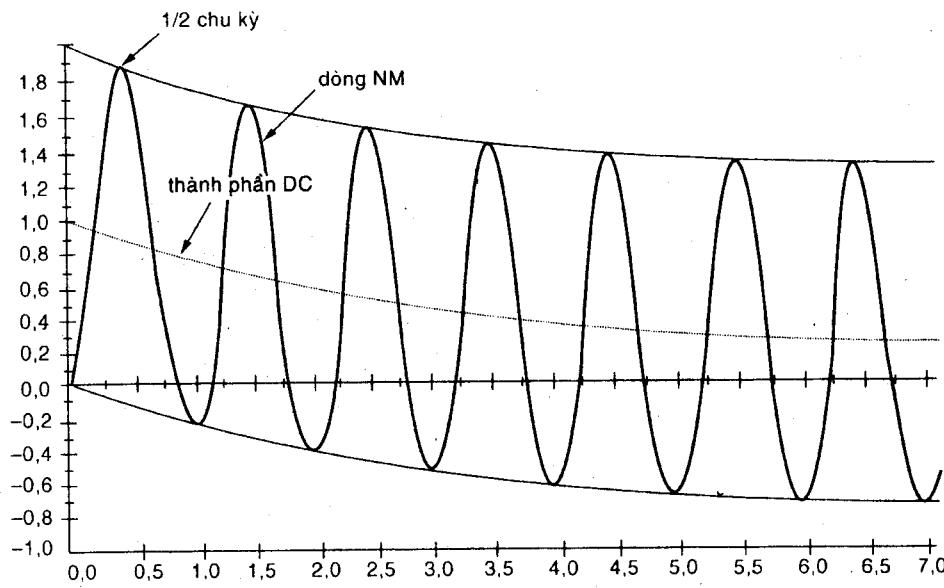


**Hình 1.7. Dạng sóng dòng ngắn mạch tương ứng với hệ số công suất bằng 0. ( $E_s = E_{max}$ )**



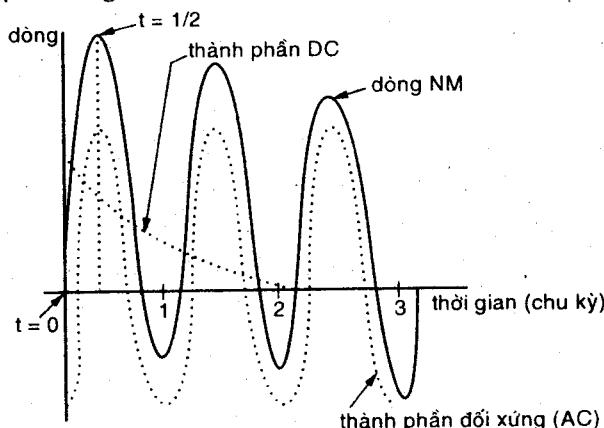
**Hình 1.8. Dạng sóng dòng ngắn mạch tương ứng với hệ số công suất bằng 0. ( $E_s = 0$ )**

**Tỉ số  $X/R$  lớn** (H.1.9a): biểu diễn dạng sóng của dòng ngắn mạch ở cấp trung thế tương ứng với  $X/R = 15$  (hệ số công suất 7%). Và H.1.9b biểu diễn mối quan hệ giữa áp và dòng cho các điều kiện tương tự.



**Hình 1.9. Dạng sóng của dòng ngắn mạch khi  $X/R = 15$**

**Tỉ số  $X/R$  nhỏ** (H.1.10): biểu diễn dạng sóng của dòng ngắn mạch ở cấp hạ thế với  $X/R = 2$  (hệ số công suất 45%).



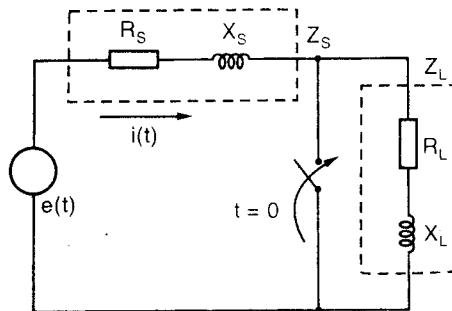
**Hình 1.10. Dạng sóng dòng ngắn mạch tương ứng  $X/R = 2$**

Các nhận xét liên quan đến sự suy giảm của dạng sóng dòng khi xảy ra ngắn mạch:

- Sự suy giảm bất đối xứng là một hàm của tỉ số  $X/R$  của hệ thống.
- Khi tỉ số  $X/R$  nhỏ tương ứng với sự suy giảm rất nhanh.
- Khi tỉ số  $X/R$  lớn tương ứng với sự suy giảm rất chậm.

### Các thành phần AC và DC

Dòng ngắn mạch bất đối xứng được phân tích dựa trên hai thành phần: một là thành phần xoay chiều hay còn gọi là thành phần đối xứng và một thành phần một chiều hay là thành phần số mũ. H.1.11 trình bày lại sơ đồ thay thế của một mạng điện.



**Hình 1.11. Sơ đồ thay thế của mạng điện**

Ta có phương trình:

$$e(t) = E \sin(\omega t + \phi) = R i(t) + L \frac{di}{dt} \quad (1.1)$$

trong đó:  $E$  - giá trị điện áp đỉnh của nguồn có dạng hình sin

$\omega = 2\pi f$  - tần số góc của nguồn

$\phi$  - góc tại thời điểm  $E = 0$  và  $t = 0$ ,  $\phi$  = góc của áp nguồn khi ngắn mạch.

Giải phương trình trên, ta có:

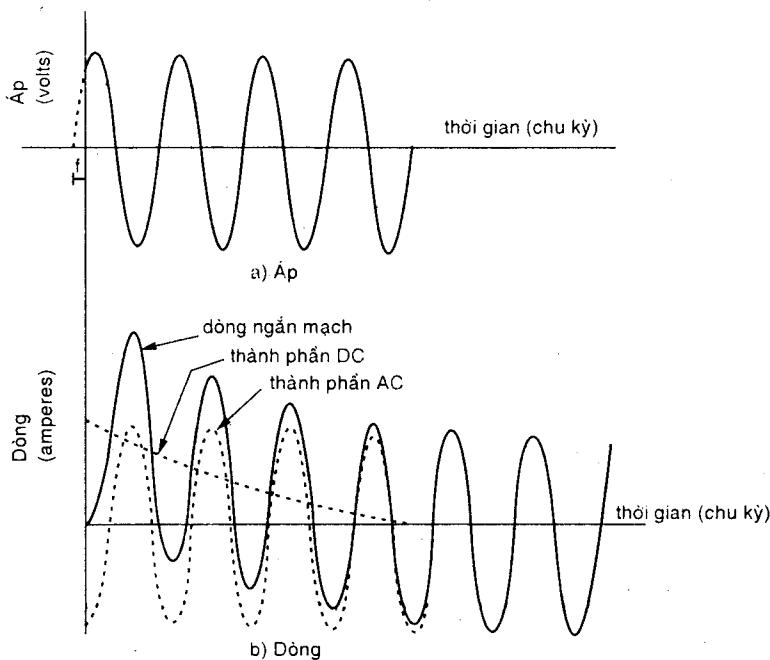
$$i(t) = A \exp[-(R/X)\omega t] + B \sin(\omega t + \phi - \theta) \quad (1.2)$$

với:  $A = \frac{E \sin(\theta - \phi)}{(R_s^2 - X_s^2)^{1/2}} = \frac{E}{(R_s^2 - X_s^2)^{1/2}}$ ;  $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{X_s}{R_s}\right)$

*Thành phần DC:*  $A \exp[-(R_s/X_s)\omega t]$

*Thành phần AC:*  $B \sin(\omega t + \phi - \theta)$

H.1.12: biểu diễn một đồ thị điện áp theo thời gian của hệ thống (H.1.12a) và dòng (H.1.12b) tương ứng với sơ đồ thay thế như H.1.11.



**Hình 1.12.** Đồ thị theo thời gian của áp và dòng

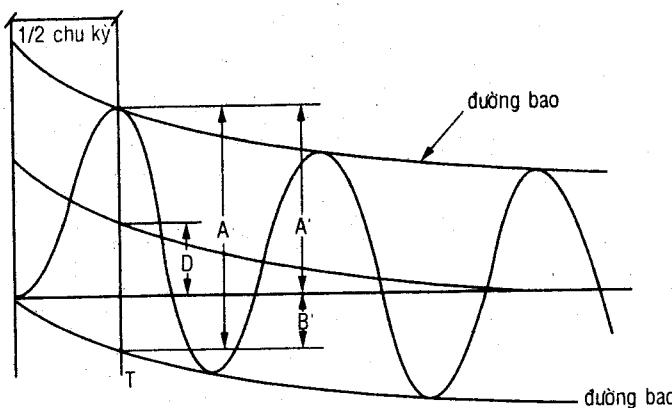
### 1.3. HỆ SỐ BẤT ĐỐI XỨNG (A .F)

Hệ số bất đối xứng của một mạng điện khi xảy ra ngắn mạch được xác định bởi tỉ số của dòng không đối xứng ( $I_{kdx}$ ) và dòng đối xứng ( $I_{dx}$ ). Hệ số bất đối xứng của một mạng điện ( $I_{kdx}/I_{dx}$ ) phụ thuộc vào tỉ số  $X/R$  của hệ thống từ điểm ngắn mạch nhìn về nguồn.

Hệ số bất đối xứng của mạng điện khảo sát ngắn mạch được xác định tại thời điểm  $\frac{1}{2}$  chu kỳ sau khi xảy ra ngắn mạch với tần số cơ bản. Dòng hiệu dụng tổng cộng bất đối xứng được xác định phù hợp với H.1.13 và hệ số bất đối xứng ( $M_a$  hoặc  $M_m$ ) được xác định như sau:

- Đối với một mạng điện khảo sát là ba pha thì giá trị dòng hiệu dụng đối xứng sẽ là giá trị dòng trung bình của ba pha. Mạng điện khảo sát được sử dụng để xác định hệ số bất đối xứng ( $M_a$ ) cho các thiết bị MCCB và các máy cắt hạ thế.

- Đối với một mạng điện khảo sát một pha, việc kiểm tra sẽ được thực hiện tại vị trí góc cắt mà sẽ có thành phần bất đối xứng là cực đại. Mạng điện khảo sát một pha được sử dụng để xác định hệ số bất đối xứng ( $M_m$ ) cho cầu chì (trung thế và hạ thế) và các máy cắt công suất trung thế được bảo vệ bởi rơ le quá dòng.



T- thời gian thực hiện do; A- giá trị đỉnh đỉnh của dòng xoay chiều =  $A + B$   
 A - turg độ lớn; B - turg độ nhỏ; D - thành phần một chiều

**Hình 1.13. Hệ số bất đối xứng của mạng khảo sát.**

Dòng hiệu dụng đối xứng =  $A - (A/2)$ .

Dòng hiệu dụng bất đối xứng =  $[(A/2,828)^2 + D^2]^{1/2}$

Khi sơ đồ khảo sát là một pha,  $M_m$  được xác định theo công thức sau:

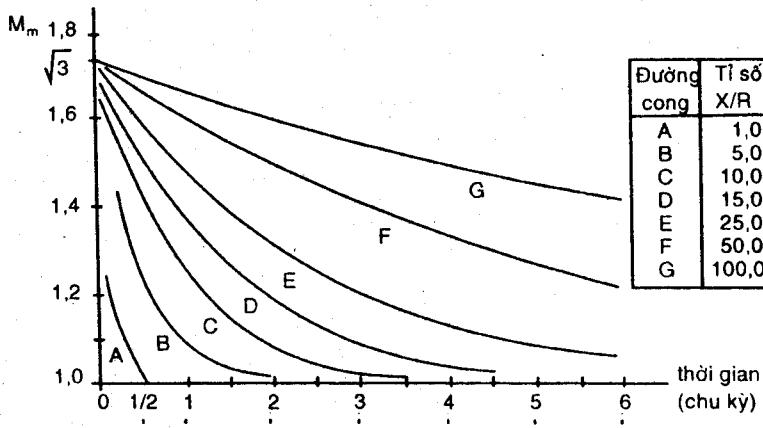
$$M_m = \left( 1 + 2e^{\left( \frac{-4\pi t}{X/R} \right)} \right)^{1/2} \quad (1.3)$$

Khi sơ đồ khảo sát là ba pha,  $M_a$  được xác định theo công thức sau:

$$M_a = 1/3 \left[ \left( 1 + 2e^{\left( \frac{-4\pi t}{X/R} \right)} \right)^{1/2} + 2 \left( 1 + 0.5e^{\left( \frac{-4\pi t}{X/R} \right)} \right)^{1/2} \right] \quad (1.4)$$

Tại  $t$  bằng  $1/2$  chu kỳ, và lặp lại sự thay đổi tỉ số ngắn mạch  $X/R$  từ 0 đến vô cùng, suy ra được hệ số bất đối xứng ( $M_a$  và  $M_m$ ), có thể được tra trong bảng phụ lục (PL-1).

Khi thay đổi thời gian  $t$  tương ứng với tỉ số  $X/R$  là hằng số, thì từ công thức  $M_m$  sẽ thu được các đường cong khác nhau và được biểu diễn ở H.1.14, nhận thấy rằng tỉ số  $X/R$  càng lớn thì thành phần DC giảm càng chậm.



**Hình 1.14. Hệ số bất đối xứng ( $M_m$ ) tương ứng với tỉ số  $X/R$ .**

## TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH ĐỔI XỨNG

Đối với một hệ thống điện ba pha, trong trường hợp ngắn mạch ba pha trực tiếp thì điện áp của cả ba pha tại điểm ngắn mạch đều bằng không và dòng điện trong ba pha đối xứng và lệch nhau một góc  $120^\circ$  không kể điểm ngắn mạch chạm đất hay không chạm đất. Và đây được xem là trường hợp ngắn mạch đối xứng, chỉ cần tính dòng ngắn mạch cho một dây dẫn như cho các đặc tính tải đối xứng.

### 2.1. CÁC PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN

- Để tính toán các giá trị dòng ngắn mạch, sụt áp, dòng khởi động động cơ... thì giá trị tổng trở của các phần tử khác nhau trong sơ đồ (như máy biến áp, cáp, động cơ, máy phát, ...) phải được xác định từ nhãn máy, sổ tay hay catalogue. Các giá trị tổng trở đó có thể tính theo đơn vị ohm, phần trăm hay trong đơn vị tương đối bằng cách lựa chọn một giá trị cơ bản. Hầu hết, phương pháp tính trong đơn vị tương đối được sử dụng nhiều bởi vì nó giúp cho chúng ta giải quyết được vấn đề một cách dễ dàng hơn và thuận tiện hơn đối với một hệ thống điện nhiều cấp điện áp. Tổng trở trong đơn vị tương đối có thể kết hợp song song hay nối tiếp mà không cần quan tâm việc các cấp điện áp khác nhau. Các phương pháp tính ngắn mạch:

- Phương pháp đơn vị có tên
- Phương pháp phần trăm
- Phương pháp đơn vị tương đối

#### Phương pháp tính trong đơn vị có tên

Sơ đồ thay thế một phần tử trong hệ thống điện, ví dụ một dây dẫn tính theo đơn vị ohm thì tương đối đơn giản; tuy nhiên nếu hệ thống điện bao gồm nhiều hơn một cấp điện áp thì các giá trị tính theo đơn vị ohm sẽ thay đổi bằng bình phương tỉ lệ của các cấp điện áp. Hay nói cách khác, giá trị ohm này sẽ thay đổi từ phía bên này sang phía bên kia của máy biến áp. Ví dụ nếu một hệ thống điện có ba cấp điện áp, khi đó mỗi thành phần trong hệ thống điện (cáp, máy biến áp, động cơ,...) sẽ có ba giá trị (bảng 2.1).

**Ví dụ 2.1.** Dựa vào mạng điện H.2.1, giả sử rằng tổng trở của máy biến áp T1 là  $0,2423 \Omega$  ở cấp điện áp  $4,16 \text{ kV}$ . Tính tổng trở ở cấp điện áp  $13,8 \text{ kV}$  và ở cấp điện áp  $0,48 \text{ kV}$ .

Giải:

- $Z_{13,8 \text{ kV}} = Z_{4,16 \text{ kV}} \times a^2 = 0,2423 \cdot 11,004 = 2,666 \Omega$
- $Z_{0,48 \text{ kV}} = Z_{4,16 \text{ kV}} \div a^2 = 0,2423 / 75,111 = 0,0032 \Omega$

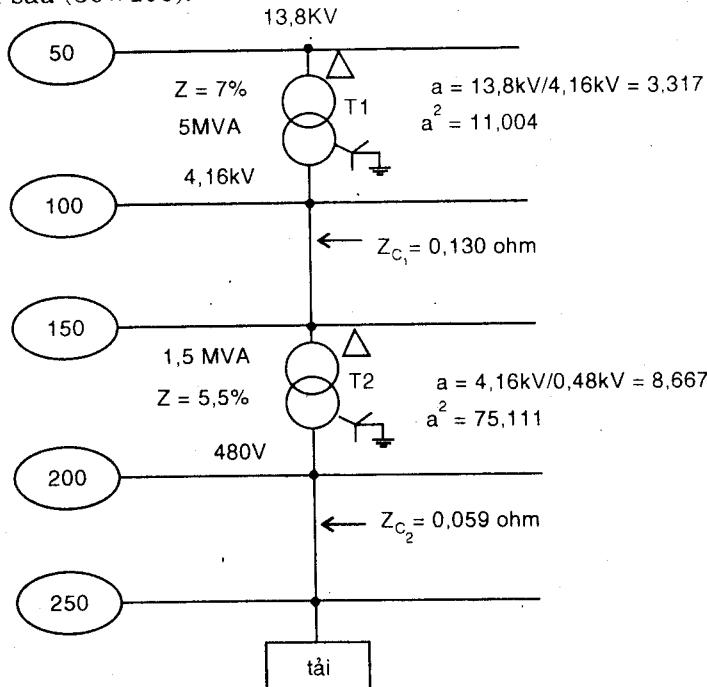
Tính tương tự, kết quả cho ở bảng 2.1.

**Bảng 2.1. Số liệu kháng trở dây dẫn**

Thanh cái số	Điện áp (kV)	$Z_{C1}$ ( $\Omega$ )	$Z_{C2}$ ( $\Omega$ )
50	13,800	1,4306	48,7720
100; 150	4,160	0,1300	4,4315
200; 250	0,480	0,0017	0,0590

### Phương pháp phần trăm

Tính toán một hệ thống điện bằng phương pháp phần trăm khác so với phương pháp đơn vị tương đối bởi hệ số 100 (giá trị phần trăm = 100 x giá trị đơn vị tương đối). Phương pháp này không được sử dụng nhiều tính toán trong một thống điện do nó dẫn đến những sai số đơn giản. Ví dụ: 50% dòng điện x 100% tổng trở = 50% điện áp chở không phải bằng 5000% điện áp như theo phép tính sau ( $50 \times 100$ ).



**Hình 2.1. Sơ đồ một dây**

### Phương pháp đơn vị tương đối

Tổng trở được tính toán trong đơn vị tương đối dựa trên một giá trị cơ bản thì bằng nhau cho cả hai phía của máy biến áp. Ví dụ dựa vào (H.2.1):

$Z_{T1} = 7\%$  ở cả hai phía sơ cấp 13,8 kV và thứ cấp 4,16 kV của máy biến áp

$Z_{T2} = 5,5\%$  ở cả hai phía sơ cấp 4,16 kV và thứ cấp 0,48 kV của máy biến áp.

Trong đơn vị tương đối có 4 đại lượng cơ bản:

- Công suất cơ bản ( $kVA_{cb}$ )
- Điện áp cơ bản ( $kV_{cb}$ )
- Dòng điện cơ bản ( $I_{cb}$ )
- Tổng trở cơ bản ( $Z_{cb}$ )

Mối quan hệ giữa các giá trị cơ bản, giá trị đơn vị tương đối (đvtđ) và giá trị thật được xác định như sau:

$$\text{giá trị đơn vị tương đối} = \frac{\text{giá trị thật}}{\text{giá trị cơ bản}} \quad (2.1)$$

hay:  $\text{giá trị đơn vị tương đối} = \frac{\text{giá trị phần trăm}}{100} \quad (2.2)$

**Ví dụ 2.2:**

$$S^* = kVA_{dvtd} = kVA_{thật} / kVA_{cb}$$

$$P^* = kW_{dvtd} = kW_{thật} / kVA_{cb} = kW_{thật} / kW_{cb}$$

$$Q^* = kVAR_{dvtd} = kVAR_{thật} / kVA_{cb} = kVAR_{thật} / kVAR_{cb}$$

$$V^* = kV_{dvtd} = kV_{thật} / kV_{cb}$$

$$I^* = I_{dvtd} = I_{thật} / I_{cb}$$

$$Z^* = Z_{dvtd} = Z_{thật} / Z_{cb}$$

$$R^* = R_{dvtd} = R_{thật} / R_{cb} = R_{thật} / Z_{cb}$$

$$X^* = X_{dvtd} = X_{thật} / X_{cb} = X_{thật} / Z_{cb}$$

Chú ý:  $Z_{cb} = R_{cb} = X_{cb}$ ;  $kVA_{cb} = kW_{cb} = kVAR_{cb}$

## 2.2. CÁC BƯỚC THỰC HIỆN TÍNH NGẮN MẠCH ĐỔI XỨNG

Trong phần này sử dụng phương pháp trong đơn vị tương đối để tính toán.

**Bước 1. Vẽ sơ đồ một dây**

**Bước 2. Lựa chọn và tính toán các giá trị cơ bản**

Công suất cơ bản ( $S_{cb}$ ); Điện áp cơ bản ( $V_{cb}$ )

Dòng điện cơ bản ( $I_{cb}$ ); Tổng trở cơ bản ( $Z_{cb}$ )

Bảng tổng kết các giá trị cơ bản.

**Bước 3. Tập hợp số liệu của các thành phần trong sơ đồ**

- |           |                                   |
|-----------|-----------------------------------|
| - Nguồn   | - Máy biến áp                     |
| - Dây dẫn | - Máy phát                        |
| - Động cơ | - Điện trở, cuộn kháng và tụ điện |

**Bước 4. Tính tổng trở trong đơn vị tương đối**

- |   |               |
|---|---------------|
| - Nguồn                                   | - Máy biến áp |
| - Động cơ và máy phát                     | - Dây dẫn     |
| - Điện trở nối đất, cuộn kháng và tụ điện |               |

**Bước 5. Sơ đồ thay thế**

- Sơ đồ tổng trở phức ( $Z = R + jX$ )
- Sơ đồ kháng trở ( $R = 0$ )
- Sơ đồ điện trở ( $X = 0$ )

**Bước 6. Kháng trở máy điện hiệu chỉnh**

- Các chế độ làm việc ngăn hạn và cắt
- Hệ số nhân kháng trở máy điện
- Sơ đồ tổng trở

**Bước 7. Sơ đồ tương đương thevenin**

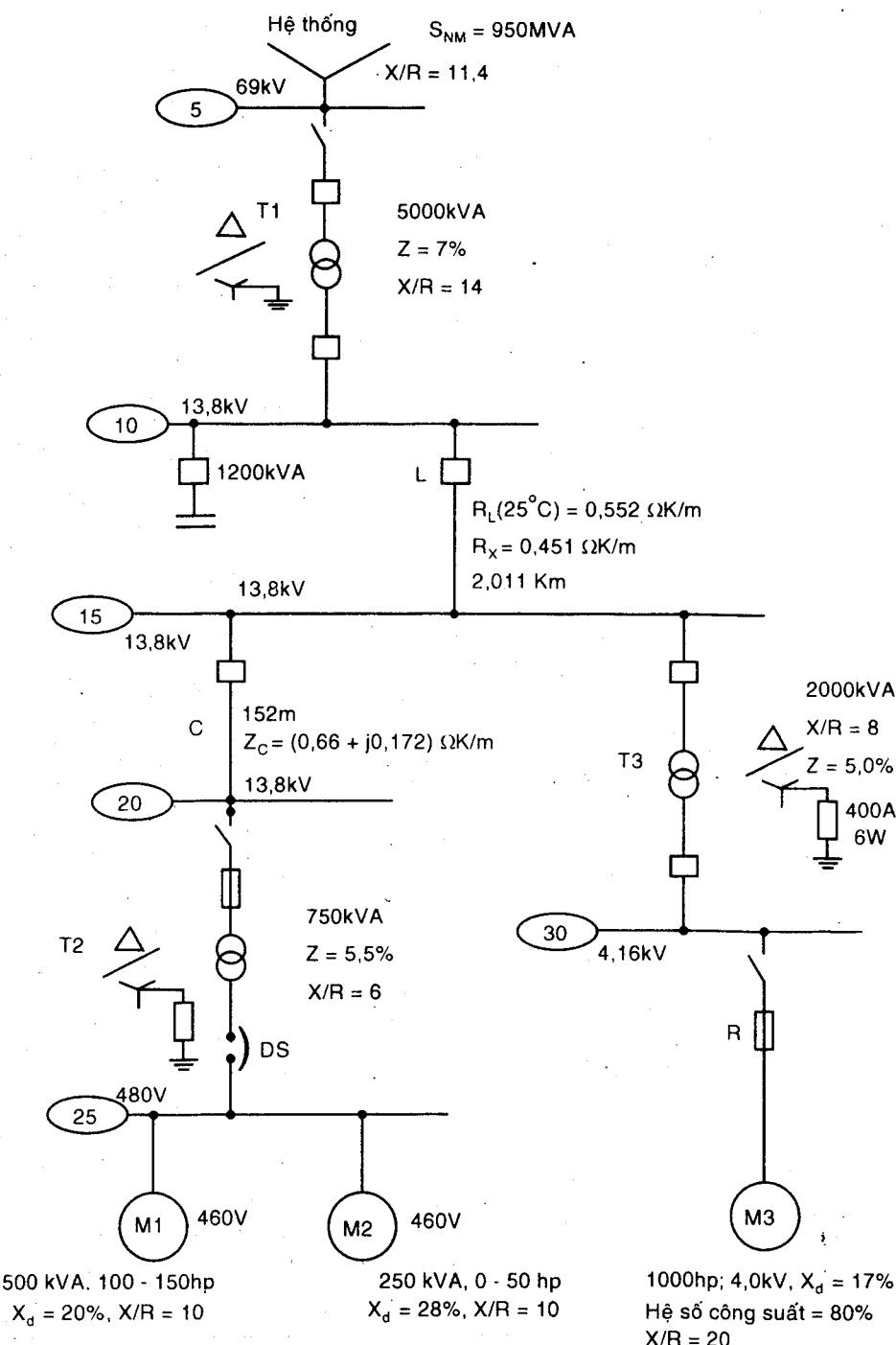
- Mạch tương đương Thevenin
- Các phương thức tính toán sự cố
- Tính toán với phương pháp thanh cái vô cùng lớn

**2.3. TÍNH TOÁN CỤ THỂ THEO CÁC BƯỚC****Bước 1. Sơ đồ một dây**

Được sử dụng như sơ đồ nối điện chính dùng cho vận hành bảo dưỡng thiết kế chi tiết. Sơ đồ một dây được sử dụng rất phổ biến. Các thông số sau đây sẽ cung cấp cho chúng ta giá trị trên sơ đồ một dây:

- Dòng điện và điện áp nút định mức
- Giá trị dòng ngăn mạch có thể
- Tỉ số điện áp và dòng điện của máy biến áp
- Định mức thiết bị bảo vệ (máy cắt, cầu chì)
- Chức năng của các rơ le được kí hiệu bằng các con số
- Cách nối các cuộn dây máy biến áp (sao hoặc tam giác)
- Số lượng, chiều dài, kích thước và loại dây dẫn; ống dây

Trong vận hành và bảo dưỡng sơ đồ một dây được các chuyên viên kỹ thuật sử dụng phổ biến cho một hệ thống phân phối điện. Ví dụ, sơ đồ một dây được sử dụng để xác định cho các máy cắt và cầu dao khi nào đóng và khi nào cắt nguồn ra khỏi hệ thống khi có sự cố. Nói chung, khi sử dụng sơ đồ một dây cho bất cứ mục đích nào thì đòi hỏi nó cũng phải luôn được cập nhật và thật chính xác. Vì khi dùng các số liệu thiếu chính xác của sơ đồ một dây cho việc nghiên cứu thì sẽ dẫn đến những sai số. Đồng thời sẽ gây ra nguy hiểm khi sử dụng các thông số này cho mục đích đóng cắt. (H.2.2) giới thiệu một sơ đồ 1 dây của hệ thống điện cho tính toán.



Hình 2.2. Sơ đồ 1 dây

**Bước 2. Lựa chọn và tính toán các giá trị cơ bản**

a. *Công suất cơ bản ( $S_{cb}$ )*: Việc lựa chọn giá trị công suất cơ bản là tùy ý; tuy nhiên thông thường một giá trị thích hợp được chọn sẽ làm cho quá trình

tính toán được dễ dàng hơn. Trong phần này chọn công suất cơ bản là:

$$S_{cb} = 100000 \text{ kVA} = 100 \text{ MVA.}$$

Chú ý: các công thức tính toán thường lấy đơn vị là MVA.

b. *Điện áp cơ bản* ( $U_{cb}$ ): Giá trị điện áp cơ bản được lựa chọn sao cho phù hợp với một điện áp định mức máy biến áp và sau đó điện áp cơ bản ở các cấp khác nhau sẽ được suy ra thông qua tỷ số máy biến áp. Ví dụ, dựa theo (H.2.2) các giá trị điện áp cơ bản được tính toán như sau:

$$\text{Nút 10: } U_{cb} = 13,8 \text{ kV}$$

$$\text{Nút 5: } U_{cb} = 13,8(69,0/13,8) = 69 \text{ kV}$$

$$\text{Nút 25: } U_{cb} = 13,8(0,48/13,8) = 0,48 \text{ kV}$$

$$\text{Nút 30: } U_{cb} = 13,8(4,16/13,8) = 4,16 \text{ kV}$$

c. *Dòng điện cơ bản* ( $I_{cb}$ ): Giá trị dòng điện cơ bản được tính toán thông qua mối quan hệ sau:

$$I_{cb} = \frac{S_{cb}}{(\sqrt{3} \times U_{cb})} \quad (2.3)$$

với:  $S_{cb}$  = tính bằng kVA;  $U_{cb}$  = tính bằng kV

$$\text{Nút 5: } I_{cb} = 100000 / (\sqrt{3} \times 69,0) = 836,8 \text{ A}$$

$$\text{Nút 10: } I_{cb} = 100000 / (\sqrt{3} \times 13,8) = 4183,7 \text{ A}$$

$$\text{Nút 25: } I_{cb} = 100000 / (\sqrt{3} \times 0,48) = 120181,3 \text{ A}$$

$$\text{Nút 30: } I_{cb} = 100000 / (\sqrt{3} \times 4,16) = 13878,6 \text{ A}$$

d. *Tổng trở cơ bản* ( $Z_{cb}$ ): Tổng trở cơ bản được xác định dựa vào các mối quan hệ giữa điện áp, dòng điện, tổng trở và công suất như sau:

$$Z_{cb} = \frac{(U_{cb})^2}{S_{cb}} \quad (2.4)$$

với:  $Z_{cb}$  = tính bằng ( $\Omega$ );  $U_{cb}$  = tính bằng (kV);  $S_{cb}$  = tính bằng (MVA)

$$\text{Nút 5: } Z_{cb} = 69^2 / 100 = 47,61 \Omega$$

$$\text{Nút 10: } Z_{cb} = 13,8^2 / 100 = 1,9044 \Omega$$

$$\text{Nút 30: } Z_{cb} = 4,16^2 / 100 = 0,173 \Omega$$

$$\text{Nút 25: } Z_{cb} = 0,48^2 / 100 = 0,0023 \Omega$$

e. *Tóm tắt các giá trị cơ bản*:

**Bảng 2.2. Tóm tắt các giá trị cơ bản**

Số nút	$S_{cb}$ (kVA)	$U_{cb}$ (kV)	$I_{cb}$ (A)	$Z_{cb}$ ( $\Omega$ )
5	100000	69,0	836,8	47,61
10; 15; 20	100000	13,8	4183,7	1,0944
30	100000	4,16	13878,6	0,173
25	100000 kVA	0,480 kV	120281,3 A	0,0023 $\Omega$

**Bước 3: Tập hợp số liệu và phương pháp tính**

a. **Nguồn:** nguồn của hệ thống được thay thế bằng điện áp  $E_U$  và phía sau nó là tổng trở  $Z_U$  (H.2.3). Nguồn có thể được cung cấp từ những thông số sau:

- Công suất ngắn mạch  $S_{NM}$  tính bằng kVA hoặc MVA
- Tỉ số tổng trở ngắn mạch của hệ thống  $X/R$
- Dòng điện và góc
- $R$  và  $X$  trong đơn vị ohm
- $R$  và  $X$  trong đơn vị tương đối dựa trên một giá trị cơ bản

**Ví dụ 2.3.** Hình 2.3 với nguồn có công suất 950 MVA,  $X/R = 11,4$ . Tìm các giá trị của tất cả 3 phương pháp.

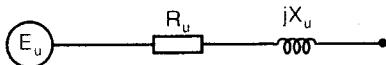
**Giải:** 1.  $|I_S| = \frac{950000}{(\sqrt{3} \times 69)} = 7949 \text{ A}; \quad \theta = \tan^{-1}(11.4) = -85^\circ; \quad I_S = 7949 \angle -85^\circ \text{ A}$

$$2. V_{LN} = \frac{69000}{\sqrt{3}} = 39837,2 \text{ V}$$

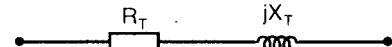
$$|Z| = \frac{V_{LN}}{I} = \frac{39837,2}{7949} = 5,012 \Omega; \quad Z = 5,012 \angle +85^\circ \Omega = (0,4368 + j4,9929) \Omega$$

$$3. |Z_{\text{đvtđ}}| = \frac{100}{950} = 0,1053 \text{ (đvtđ)}$$

$$Z = 0,1053 \angle +85^\circ \text{ (đvtđ)} = (0,0092 + j0,1049) \text{ (đvtđ)}$$



**Hình 2.3. Sơ đồ thay thế nguồn  $Z_U$**

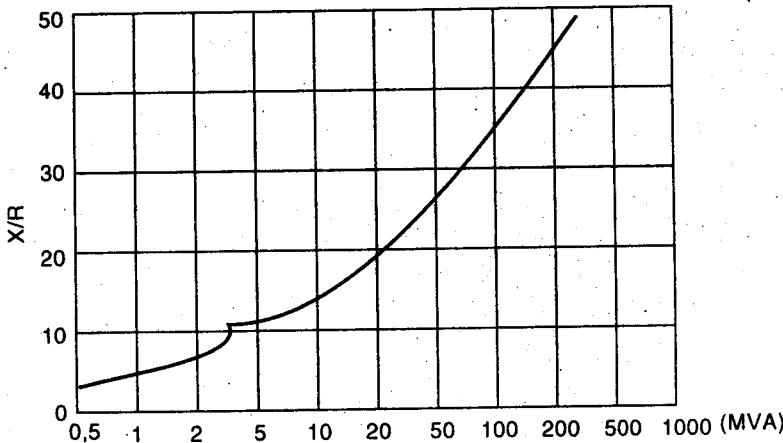


**Hình 2.4. Sơ đồ thay thế máy biến áp**

b. **Máy biến áp:** Sơ đồ thay thế của máy biến áp là một tổng trở ( $Z_T$ ) (H.2.4). Các thông số liên quan đến máy biến áp:

- Công suất định mức (kVA hoặc MVA)
- Tổng trở trên nhãn máy ( $U_N\%$  hay  $Z_{\text{đvtđ}}$ )
- Điện áp định mức (sơ cấp và thứ cấp)
- Tỉ số tổng trở ngắn mạch của hệ thống  $X/R$
- Tỷ đấu dây MBA ( $\Delta$  hay  $Y$ )
- Phương pháp nối đất.

Tỉ số  $X/R$  của các máy biến áp tiêu biểu cho ở H.2.5.



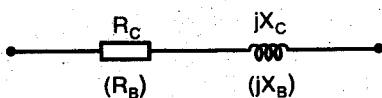
**Hình 2.5. Tỉ số  $X/R$  của máy biến áp**

c. **Cáp và thanh dẫn:** Sơ đồ thay thế của dây dẫn cáp như (H.2.6). Các thông số liên quan đến dây dẫn:

- Kích thước, chiều dài
- Số dây dẫn của mỗi pha
- Chất liệu của dây dẫn (dây đồng hay nhôm)
- Bố trí của dây dẫn
- Loại cách điện (từ tính hay không từ tính) hoặc cáp chôn trực tiếp trong đất
- Giá trị điện trở ( $R_C$ ) và kháng trở ( $jX_C$ ) tính trong đơn vị ohm trên một đơn vị chiều dài.

Thanh dẫn được thay thế bởi tổng trở ( $Z_B$ ) (H.2.6). Các thông số liên quan đến sơ đồ thay thế của thanh dẫn:

- Loại và chiều dài
- Khả năng tải
- Chất liệu của thanh dẫn
- Giá trị điện trở và kháng trở tính trong đơn vị ohm trên một đơn vị chiều dài. (PL-4).



**Hình 2.6. Sơ đồ thay thế của dây dẫn và thanh dẫn**



**Hình 2.7. Sơ đồ thay thế đường dây trên không**

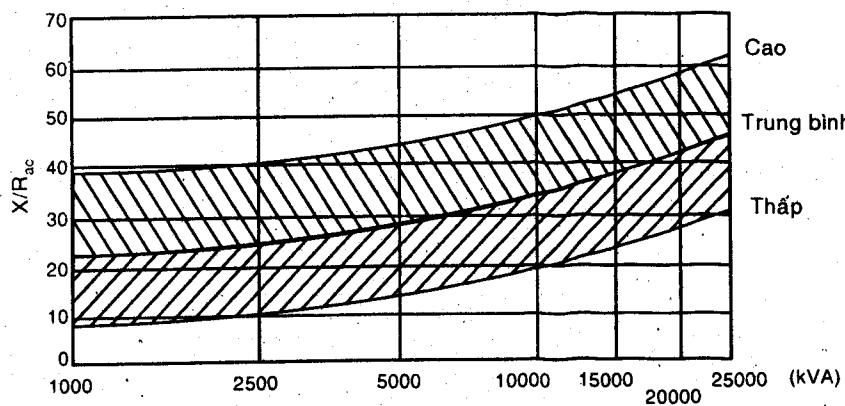
d. **Dây dẫn trên không:** Đường dây trên không được thay thế bởi một tổng trở ( $Z_L$ ) (H.2.7). Điện trở của đường dây trên không ( $R_L$ ) được xác định như các dây dẫn khác. Kháng trở bao gồm 2 thành phần ( $X_a$  và  $X_d$ ). Trong đó,  $X_a$  được cho trong sổ tay giống như dữ liệu các dây dẫn cáp và  $X_d$  là một

hàm phụ thuộc vào cách bố trí và khoảng cách của dây dẫn trên không,  $X_d$  phải được tính toán. Các thông số liên quan đến đường dây trên không:

- Kích cỡ và chiều dài
- Chất liệu của dây dẫn
- Số dây dẫn mỗi pha
- Cách bố trí và khoảng cách của dây dẫn
- Điện trở trên một đơn vị chiều dài ( $R_L$ )
- Nhiệt độ môi trường ( $t$  °C)
- Kháng trở trên mỗi đơn vị chiều dài ( $X_a$ )
- Kháng trở trên mỗi đơn vị chiều dài ( $X_d$ ) phụ thuộc vào khoảng cách và cách bố trí không gian dây dẫn.
- Hoặc kháng trở tính bằng ohm trên đơn vị chiều dài.

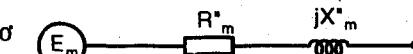
e. *Máy phát*: Máy phát cũng được thay thế bằng một nguồn tương ứng với điện áp  $E_g$ , và một tổng trở  $Z_g$  (H.2.8). Các thông số liên quan đến sơ đồ thay thế của máy phát.

- Công suất định mức kVA (MVA) hoặc kW và hệ số công suất.
- Điện kháng siêu quá độ ( $X_d$ ).
- Chọn gần đúng  $X_d = 15\%$  (nếu không biết) đối với các máy phát 4 cực và  $X_d = 9\%$  đối với các máy phát 2 cực.
- Điện áp định mức.
- Tỉ số  $X/R$  (H.2.9).



Hình 2.9. Tỉ số  $X/R$  cho các máy phát và động cơ đồng bộ

f. *Động cơ*: Sơ đồ thay thế của động cơ (H.2.10) kháng trở giống như máy phát. (H.2.10) kháng trở trong trường hợp không có số liệu có thể sử dụng trị số gần đúng sau:



Định mức	Tốc độ	X%	X/R	kVA
<b>Động cơ cảm ứng</b>				
$\leq 100 \text{ hp}$ $> 100 \text{ hp}$ $\leq 1000 \text{ hp}$ $> 1000 \text{ hp}$	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \leq 1800 \text{ vòng/phút}$	16,7	Hình 2.11	$\left. \begin{array}{l} \text{kVA} = \text{hp} \\ \text{kVA} = \text{hp}/0.95 \\ \text{kVA} = \text{hp}/0.9 \end{array} \right\}$
<b>Động cơ đồng bộ</b>				
$\cos \phi = 0,8$ $\cos \phi = 1$	$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} < 1200 \text{ vòng/phút}$	15	Hình 2.9	$\left. \begin{array}{l} \text{kVA} = \text{hp} \\ \text{kVA} = \text{hp}/0,8 \end{array} \right\}$
$\cos \phi = 0,8$ $\cos \phi = 1$	$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} \geq 1200 \text{ vòng/phút}$	20		$\left. \begin{array}{l} \text{kVA} = \text{hp} \\ \text{kVA} = \text{hp}/0,8 \end{array} \right\}$

### g. Điện trở, cuộn kháng tiếp đất và tụ điện:

Điện trở tiếp đất được thay thế như (H.2.12a). Các thông số liên quan đến điện trở tiếp đất là: điện áp; dòng định mức; điện trở; thời gian.

Cuộn kháng nối đất, hạn chế dòng và lọc được thể hiện như (H.2.12b). Các thông số liên quan đến cuộn kháng là:

- Đối với cuộn kháng tiếp đất: điện áp, tổng trở phần trăm, dòng điện, điện trở và thời gian

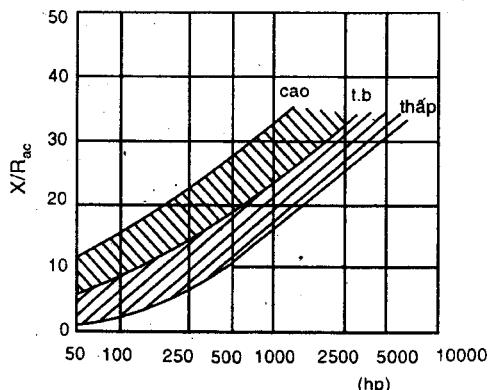
- Đối với cuộn kháng giới hạn dòng: điện áp, công suất hay dòng điện

- Đối với cuộn kháng lọc sóng hài: dòng điện, điện trở (ohm) và kháng trở (mH).

Tụ điện được thể hiện như (H.2.12c). Các thông số liên quan đến sơ đồ thay thế của tụ điện (chú ý: tụ điện không tham gia vào việc tính toán ngắn mạch) là:

- Điện áp

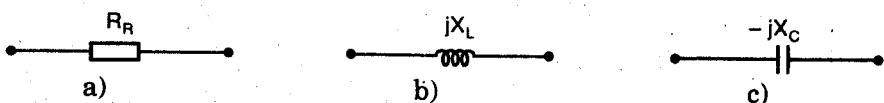
- Công suất (kVAR hoặc MVAR).



Hình 2.11. Tỉ số  $X/R$  của động cơ cảm ứng 3 pha

### Hình 2.12. Sơ đồ thay thế của điện trở, cuộn kháng và tụ điện

a) Điện trở      b) Cuộn kháng      c) Tụ điện



**Bước 4. Tính tổng trở trong đơn vị tương đối**

Các bước 3 và 4 thường được thực hiện một cách đồng thời.

**Nguồn:** Tổng trở nguồn tính trong đơn vị tương đối phụ thuộc vào các thông số sau: công suất ngắn mạch, dòng điện và điện trở được thể hiện trong các công thức sau:

$$Z_U = \frac{S_{cb}}{S_{NM}} = \frac{I_{cb}}{I_{NM}} = \frac{Z(\text{ohm})}{Z_{cb}} \quad (2.5)$$

với:  $S_{cb}$ ,  $S_{NM}$  - tính bằng kVA hoặc MVA.

$$R_u^* = Z_u \cos[\tan^{-1}(X/R)] \quad (2.6)$$

$$X_u^* = Z_u \sin[\tan^{-1}(X/R)] = (R_u^*)(X/R) \quad (2.7)$$

**Ví dụ 2.4.** Tính toán trở kháng của nguồn (H.2.2) trong đơn vị tương đối.

**Giải:**

1.  $Z_u^* = S_{cb} / S_{NM} = 100 / 950 = 0,1053$  (đvtđ)
2.  $R_u^* = Z_u \cos[\tan^{-1}(X/R)] = 0,1053 \cos[\tan^{-1}(11,4)] = 0,0092$  (đvtđ)
3.  $X_u^* = R_u^*(X/R) = (0,0092)(11,4) = j0,1049$  (đvtđ)
4.  $X_u^* = Z_u \sin[\tan^{-1}(X/R)] = 0,1053 \sin(\tan^{-1} 11,4) = j0,1049$  (đvtđ)

**Máy biến áp:** Tổng trở trên nhãn máy biến áp được cho trong đơn vị tương đối ( $Z_{\text{dvtđ(cũ)}}^*$ ) với công suất cơ bản định mức ( $S_{cb(cũ)}$ ) và điện áp cơ bản định mức ( $U_{cb(cũ)}$ ) của máy biến áp hoặc dưới dạng điện áp ngắn mạch phần trăm ( $U_N\%$ ). Để tính toán giá trị tổng trở của máy biến áp trong đơn vị tương đối theo giá trị công suất cơ bản và điện áp cơ bản được cho mới ta áp dụng các công thức thay đổi sau:

$$U_{\text{dvtđ(cũ)}}^* = \frac{U_N \%}{100} \quad (2.8)$$

$$Z_{\text{dvtđ(mới)}}^* = Z_{\text{dvtđ(cũ)}}^* (S_{cb(\text{mới})} / S_{cb(\text{cũ})}) (U_{cb(\text{cũ})} / U_{cb(\text{mới})})^2 = Z_T^*$$

hay:  $Z_{\text{dvtđ(mới)}}^* = Z_{\text{dvtđ(cũ)}}^* (S_{cb(\text{mới})} / S_{cb(\text{cũ})}) \quad (2.9)$

Với:  $S_{cb(\text{cũ})}$  = tính bằng kVA;  $S_{cb(\text{mới})}$  = tính bằng kVA.

$U_{cb(\text{cũ})}$  = tính bằng kV;  $U_{cb(\text{mới})}$  = tính bằng kV.

giả sử rằng:  $U_{cb(\text{cũ})} = U_{cb(\text{mới})}$

$$R_T^* = Z_T^* \cos[\tan^{-1}(X/R)] \quad (2.10)$$

$$X_T^* = (R_{\text{dvtđ}}^*)(X/R) \quad (2.11)$$

hay:  $X_T^* = Z_T^* \sin[\tan^{-1}(X/R)]$

**Ví dụ 2.5.** Tính toán tổng trở trong đơn vị tương đối của 3 máy biến áp (H.2.2).

- Giải:** 1.  $Z_{T1}^* = Z_{dvtd(cu)}^* (S_{cb(mới)} / S_{cb(cu)}) (U_{cb(cu)} / U_{cb(mới)})^2$   
 $Z_{T1}^* = (0,070)(100000/5000)(69/69)^2 = 1.40 \text{ (dvtd)}$   
 $Z_{T1}^* = (0,070)(100/5)(13,8/13,8)^2 = 1.40 \text{ (dvtd)}$   
 $R_{T1}^* = 1,4 \cos[\tan^{-1}(14)] = 0.0997 \text{ (dvtd)}$   
 $X_{T1}^* = (0,0997)(14) = j1,3958 \text{ (dvtd)}$
2.  $Z_{T2}^* = (0,0550)(100/0,750)(0,48/0,48)^2 = 7.333 \text{ (dvtd)}$   
 $R_{T2}^* = 7.333 \cos[\tan^{-1}(6)] = 1.2056 \text{ (dvtd)}$   
 $X_{T2}^* = (6)(1.2056) = j7,2336 \text{ (dvtd)}$
3.  $Z_{T3}^* = (0,0550)(100/2)(4,16/4,16)^2 = 2,500 \text{ (dvtd)}$   
 $R_{T3}^* = 2,500 \cos[\tan^{-1}(8)] = 0,3101 \text{ (dvtd)}$   
 $X_{T3}^* = (8)(0,3101) = j2,4808 \text{ (dvtd)}$

**Động cơ và máy phát:** Tổng trở của động cơ và máy phát cũng được cho trên nhãn máy trong đơn vị tương đối dựa trên công suất và điện áp định mức. Các giá trị kháng trở khi thay đổi các giá trị cơ bản tính dựa trên các công thức sau:

$$X_{dvtd(mới)}^{**} = X_{dvtd(cu)}^{**} (S_{cb(mới)} / S_{cb(cu)}) (U_{cb(cu)} / U_{cb(mới)})^2 \quad (2.12)$$

$$X_{dvtd(mới)}^{**} = X_{dvtd(cu)}^{**} (S_{cb(mới)} / S_{cb(cu)}) \quad (2.13)$$

Với  $S_{cb(cu)} =$  tính bằng kVA;  $S_{cb(mới)} =$  tính bằng kVA.

$U_{cb(cu)} =$  tính bằng kV;  $U_{cb(mới)} =$  tính bằng kV.

giả sử rằng:  $U_{cb(cu)} = U_{cb(mới)}$  (2.14)

$$R_{dvtd}^{**} = (X_{dvtd}) (X/R) \quad (2.15)$$

**Ví dụ 2.6.** Tính tổng trở của 3 động cơ trong đơn vị tương đối ở (H.2.2)

- Giải:** 1.  $X_{M1}^* = X_{dvtd(mới)}^{**} = X_{dvtd(cu)}^{**} (S_{cb(mới)} / S_{cb(cu)}) (U_{cb(cu)} / U_{cb(mới)})^2$   
 $X_{M1}^* = j(20/100)(100000/500)(0,46/0,48)^2 = j36,7361 \text{ (dvtd)}$   
 $R_{M1}^* = (X_{dvtd}) (X/R) = 36,736/10 = 3,6736 \text{ (dvtd)}$
2.  $X_{M2}^* = j(28/100)(100000/250)(0,46/0,48)^2 = j102,8611 \text{ (dvtd)}$   
 $R_{M2}^* = 102,8611/10 = 10,2861 \text{ (dvtd)}$
3.  $X_{M3}^* = j(17/100)(100000/1000)(4/4,16)^2 = j15,7174 \text{ (dvtd)}$   
 $R_{M3}^* = 15,7174/20 = 0,7859 \text{ (dvtd)}$

**Ví dụ 2.7.** Giả sử rằng:  $U_{cb(\text{cũ})} = U_{cb(\text{mới})}$ ; tính lại ví dụ trên.

$$1. X_{M1}^* = j0,20(100/0,5) = j40 \text{ (đvtđ)}; R_{M1}^* = 40/10 = 4 \text{ (đvtđ)}$$

$$2. X_{M2}^* = j0,28(100/0,25) = j112 \text{ (đvtđ)}; R_{M2}^* = 112/10 = 11,2 \text{ (đvtđ)}$$

$$3. X_{M3}^* = j0,17(100/1) = j17 \text{ (đvtđ)}; R_{M3}^* = 17/20 = 0,85 \text{ (đvtđ)}$$

### Đường dây:

Tổng trở đường dây được tính hoặc tra bảng số liệu trong đơn vị có tên Ohm trên mọi đơn vị chiều dài (km) hay trong đơn vị phần trăm (Phụ lục).

- Điện trở dây dẫn trong bảng thường được cho trị số ở nhiệt độ trong bảng thường được cho trị số ở nhiệt độ  $t_1$  ( $25^\circ\text{C}$ ), khi đường dây ở nhiệt độ  $t_2$ , điện trở được tính lại:

$$R_2(t_2) = R_1(t_1) \left[ (T + t_2) / (T + t_1) \right] \Omega/\text{km} \quad (2.16)$$

với:  $T = 234,5$  - dây đồng 1 sợi.

$T = 241,0$  - dây đồng cứng.

$T = 228,0$  - dây nhôm cứng.

Kháng trở dây dẫn trên mỗi đơn vị chiều dài được tính theo công thức:

$$X(\Omega) = K \log \frac{D_{tb}}{r_{tb}} \quad (2.17)$$

$$= K \log \frac{1}{r_{tb}} + K \log D_{tb} \quad (2.18)$$

$$X = X_a + X_d \Omega/\text{km} \quad (2.19)$$

trong đó:  $r_{td}$  - bán kính tương đương dây dẫn.

$D_{tb} = \sqrt[3]{D_{ab} D_{bc} D_{ca}}$  - khoảng cách trung bình hình học giữa các pha đường dây (H.2.13) các bố trí tiêu biểu cho ở bảng PL.1

$K$  - hằng số phụ thuộc vào tần số, đơn vị tính.

$X_a$  - Thành phần kháng trở phụ thuộc vào loại dây, cỡ dây.

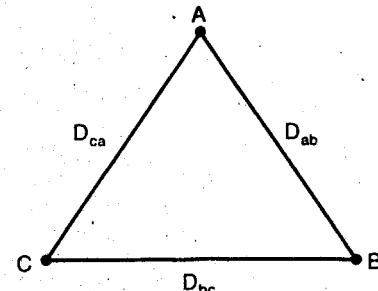
$X_d$  - Thành phần kháng trở phụ thuộc vào cách bố trí dây dẫn.

Tính tổng trở dây dẫn trong đơn vị tương đối bằng cách tính tỉ số của tổng trở đường dây trong đơn vị có tên Ohm chia cho tổng trở cở bản.

$$Z_{dd}(\Omega) = Z_{dd}(\Omega/\text{km}) l(\text{km}) \quad (2.20)$$

với  $l$  - chiều dài đường dây (km)

$$Z_{dvt\ddot{d}}^* = \frac{Z_{dd}(\Omega)}{Z_{cb}(\Omega)} \text{ đvtđ} \quad (2.21)$$



Hình 2.13. Cách bố trí các dây dẫn

**Ví dụ 2.8.** Tính tổng trở đoạn cáp C và đường dây trên không L (H.2.2)

**Giải:**

- Đường dây cáp C

$$Z_c = (0,66 + j0,172) \Omega/km$$

$$Z_c(\Omega) = (0,66 + j0,172) \cdot 0,152 = (0,10032 + j0,026144) \Omega$$

$$Z_c^* = \frac{Z_c(\Omega)}{Z_{cb}} = \frac{0,10032 + j0,026144}{1,9044} = (0,0527 + j0,0138) \text{ dvtđ}$$

- Đường dây trên không L:

$$R_L \text{ ở nhiệt độ } 25^\circ C \text{ là } 0,552 \Omega/km$$

$$R_L \text{ ở nhiệt độ } 40^\circ C$$

$$R_L = 0,552 \left[ (228+40)/(228+25) \right] = 0,585 \Omega/km$$

$$X_L = 0,451 \Omega/km$$

$$Z_L(\Omega) = (0,585 + j0,451) \cdot 2,011 = (1,176 + j1,045) \Omega$$

$$Z_L^* = \frac{1,176 + j1,045}{1,9044} = (0,6175 + j0,5487) \text{ dvtđ}$$

**Điện trở nối đất, cuộn kháng và tụ điện:**

Tổng trở của một điện trở nối đất hay một cuộn kháng trong đơn vị tương đối được tính theo công thức sau:

$$Z_{\text{dvtđ}}^* = Z_\Omega / Z_{cb} \text{ hay } Z_{\text{dvtđ}}^* = I_{cb} / I \quad (2.22)$$

**Ví dụ 2.9.** Tính tổng trở tương đối của 1 điện trở nối đất trung tính MBA T3  $6\Omega$ ,  $400A$  ( $Z_R$ ) (H.2.2)

$$\text{Giải: 1. } Z_R^* = Z_\Omega / Z_{cb} = 6/0,173 = 34,6821 \text{ (dvtđ)}$$

$$2. \quad Z_R^* = I_{cb} / I = 13878,6/400 = 34,6965 \text{ (dvtđ)}$$

Tổng trở của một tụ điện trong đơn vị tương đối được tính theo công thức sau:

$$Z_\Omega = U^2 / Q \text{ (}\Omega\text{)} \quad (2.23)$$

$$Z_{tu}^* = Z_\Omega / Z_{cb} \text{ (dvtđ)} \quad (2.24)$$

Với:  $U$  = tính bằng kV;  $Q$  = tính bằng MVAR.

**Ví dụ 2.10.** Tính tổng trở của tụ điện (1200 kVAR) (H.2.2)

$$\text{Giải: 1. } Z_\Omega = (13,8)^2 / (1,2) = 158,7 \Omega$$

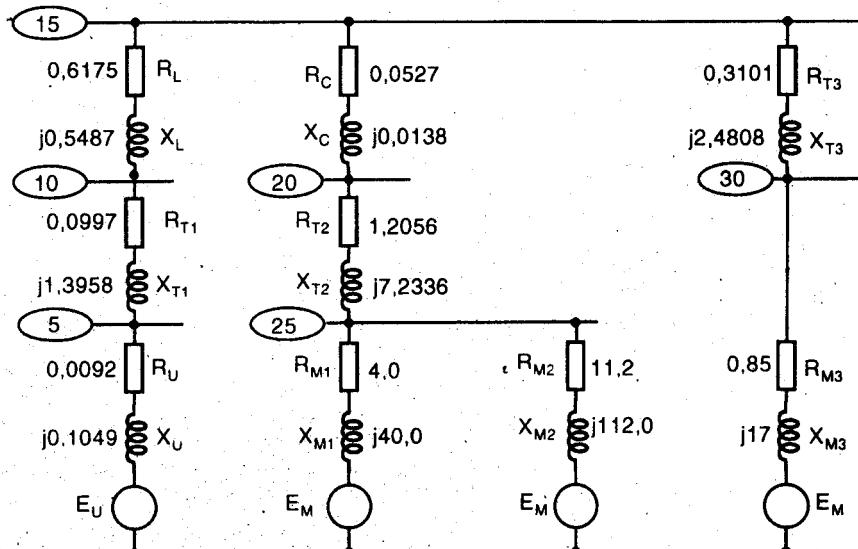
$$2. \quad Z_{tu}^* = 158,7 / 1,9044 = -j83,3333 \text{ dvtđ}$$

**Bước 5. Sơ đồ thay thế**

**Sơ đồ tổng trở ( $R + jX$ ):** Bước cuối cùng của phương pháp tính trong đơn vị tương đối của một hệ thống điện là vẽ ra các nhánh liên kết các tổng trở của các phần tử trong sơ đồ.

**Ví dụ 2.11.** Vẽ sơ đồ tổng trở dây đú của hệ thống điện (H.2.2). Bỏ qua ảnh hưởng của điện trở nối đất và tụ điện.

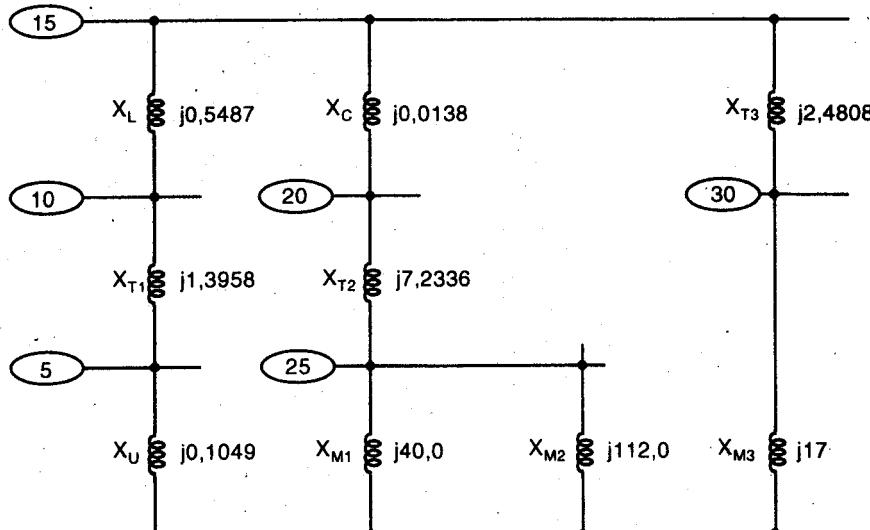
**Giải:** Sơ đồ được vẽ ở H.2.14.



Hình 2.14. Sơ đồ thay thế tổng trở

**Sơ đồ kháng trở ( $R=0$ ) (H.2.15):**

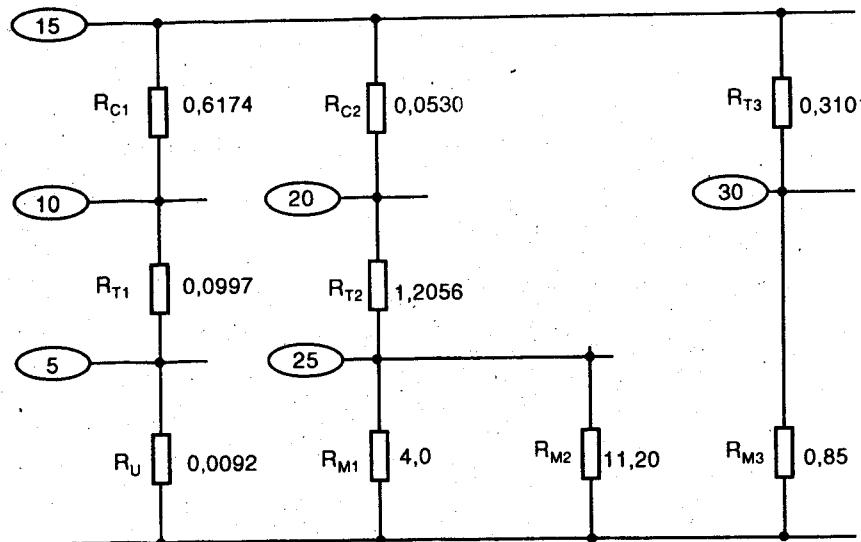
Sơ đồ kháng trở được vẽ từ sơ đồ tổng trở với giả thiết  $R = 0$



Hình 2.15. Sơ đồ kháng trở

**Sơ đồ điện trở ( $X=0$ ) (H.2.16):**

Sơ đồ điện trở được vẽ theo sơ đồ tổng trở với giả thiết  $X = 0$

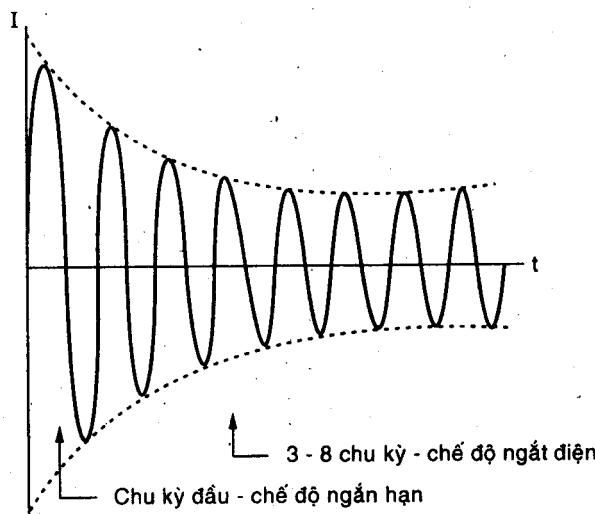


Hình 2.16. Sơ đồ điện trở.

**Bước 6: Kháng trở máy điện hiệu chỉnh****Bảng 2.3. Kháng trở máy điện của chế độ ngắt điện và ngắn hạn (chu kỳ đầu)**

Loại máy điện quay	Chế độ ngắt điện (dvtđ)	Chế độ ngắn hạn (dvtđ)
Tất cả máy phát hơi nước, máy phát thủy điện với cuộn dây giảm xóc, và máy ngưng nước đồng bộ.	$1,0 X_d$	$1,0 X_d$
Máy phát thủy điện không có cuộn dây giảm xóc.	$0,75 X_d$	$0,75 X_d$
Động cơ đồng bộ.	$1,5 X_d$	$1,0 X_d$
Động cơ cảm ứng:		
- Trên 1000hp với tốc độ 1800 vòng/phút hoặc nhỏ hơn	$1,5 X_d$	$1,0 X_d$
- Trên 250hp với tốc độ 3600 vòng/phút		
- $50 + 100hp$ , tốc độ $1800 \leq$ vòng/phút	$3,0 X_d$	$1,2 X_d$
- $50 + 250hp$ , tốc độ 3600 vòng/phút		
Tất cả các động cơ nhỏ hơn 50 hp	bỏ qua	bỏ qua
$X_d$ – Kháng trở siêu quá độ dọc trực		
$X_d'$ – Kháng trở quá độ dọc trực		

Bước này chỉ dùng cho trường hợp tính toán chọn máy cắt trung thế ( $2,4 + 6,9$  kV). Việc hiệu chỉnh này để xác định khả năng cắt của máy cắt phụ thuộc vào tốc độ mở máy cắt, tỉ số  $X/R$  của mạch và vị trí của nguồn với điểm ngắn mạch. Khi tính toán ở nhiều cấp điện áp, kháng trở của máy điện phải được thay đổi cho phù hợp, phản ánh chế độ hoạt động ngắn hạn và ngắt điện của máy cắt trung thế (H.2.17), theo bảng 2.3.

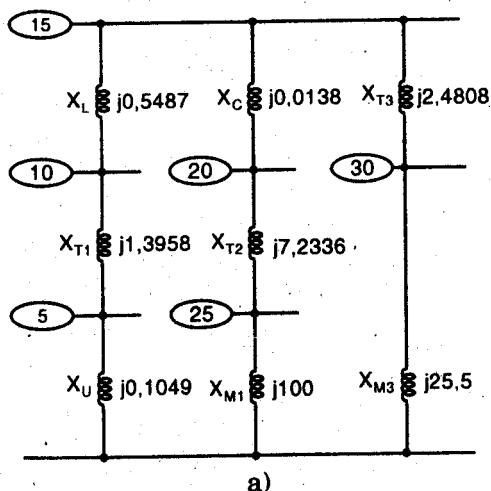


Hình 2.17. Chế độ làm việc của máy cắt trung thế

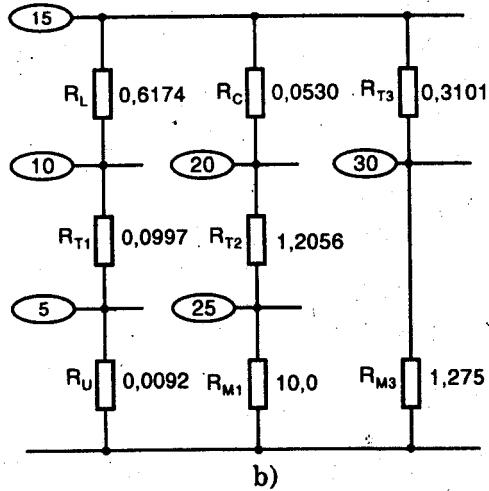
**Ví dụ 2.12.** Dựa theo sơ đồ (H.2.2) và bảng 2.3 hệ số nhân kháng trở máy điện. Tính kháng trở cho các động cơ M1, M2, và M3. Vẽ các sơ đồ điện trở R và kháng trở X.

**Giải:**

- $X_{M1}^* = (0,50)(100/0,500) = j100,0 \text{ đvtđ}; R_{M1}^* = 100/10 = 10,0 \text{ đvtđ}$
- Bỏ qua  $X_{M2}$  và  $R_{M2}$  ( $< 50 \text{ hp}$ )
- $X_{M3}^* = (1,5 \times 0,17)(100/1) = j25,5 \text{ đvtđ}$   
 $R_{M3}^* = 25,5/20 = 1,275 \text{ đvtđ}$
- Sơ đồ kháng trở cho  $\delta$  (H.2.18).



a)



b)

Hình 2.18. Sơ đồ chế độ ngắt điện.

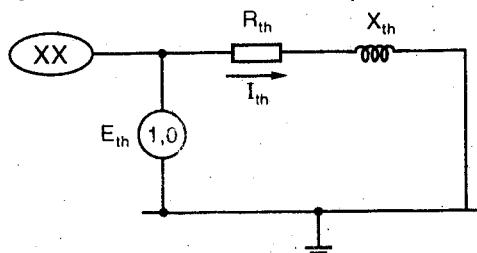
a) Sơ đồ điện kháng X.; b) Sơ đồ điện trở (R)

### Bước 7: Sơ đồ tương đương Thevenin

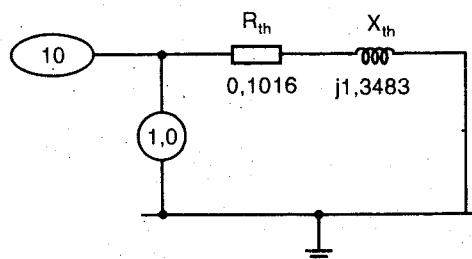
**Sơ đồ tương đương Thevenin:** Xây dựng sơ đồ tương đương Thevenin (H.2.19) bằng cách kết hợp của các tổng trở nối tiếp, song song và biến đổi thành một sơ đồ tổng trở tương đương Thevenin đơn giản.

Chế độ ngắt điện của cầu chì hạ, trung thế và các máy cắt hạ áp (MCCB); và khả năng đóng, cắt ngắn hạn của các máy cắt trung thế phải được tính toán bằng cách dùng trên các kháng trở của tất cả các máy điện ở chế độ ngắn hạn. Chế độ ngắt điện của các máy cắt trung thế được tính toán tương tự nhưng thay thế các kháng trở ở chế độ ngắt điện.

#### Các cách thức tính toán sự cố



Hình 2.19. Mạch tương đương  
Thevenin



Hình 2.20. Sơ đồ tương đương  
Thevenin thanh cát 10

Cách tính toán là "nối tắt" tất cả các nguồn (nguồn, máy phát, động cơ...) và thay vào điểm sự cố bằng nguồn điện áp chạm 1,0 dvtd.

Công thức tính như sau:

$$I_{th} = I_N = E^* / |Z_{th}^*| = 1,0 / (R_{th}^{*2} + X_{th}^{*2})^{1/2} = I_{dvtd} \quad (2.25)$$

hoặc:  $I_{th} = I_N = E^* / X^*$ , sử dụng cho cấp trung thế trở lên (có nghĩa là, giả sử rằng  $R \approx 0$  đối với hệ thống điện có cấp điện áp lớn hơn 1000V).

với:

$$I_{th} = I_{thevenin}$$

$$I_{amps} = I_{dvtd} \times I_{cb} \quad (2.26)$$

dùng để chọn các loại thiết bị được định mức với dòng điện hiệu dụng đối xứng

với:

$$I_{amps} = I_{cô tê}$$

$$I_{mom} = I_{dvtd} \times I_{cb} \times 1,6 \quad (2.27)$$

dùng để chọn các loại máy cắt trung thế mà được định mức với dòng điện hiệu dụng đối xứng

với:

$$I_{mom} = I_{ngắn hạn}$$

$$I_{mom} = I_{dvtd} \times I_{cb} \times 2,7 \quad (2.28)$$

dùng để chọn các loại máy cắt trung thế mà được định mức với dòng điện định:

$$I_{int} = I_{dvtd} \times I_{cb} \quad (2.29)$$

dùng để chọn các loại máy cắt trung thế mà được định mức theo dòng hiệu

dụng đối xứng

với:

$$I_{int} = I_{ng\acute{a}t}$$

Chú ý: Phép tính này sử dụng các điện kháng trong chế độ ngát điện cho tất cả các máy điện:

$$I_{asy} = I_{amps} \times A.F, \text{ hoặc: } I_{int} \times A.F \quad (2.30)$$

dòng điện hiệu dụng không đối xứng

với: A.F - là hệ số bất đồng bộ  $M_a$  hoặc  $M_m$  (bảng 1 – phần phụ lục).

**Ví dụ 2.13.** Dựa vào (H.2.15) và (H.2.16), tính khả năng đóng, cắt ( $I_{int}$ ) cho các máy cắt trung thế đặt tại thanh cái 10.

**Giải:** 1. *Tính toán Thevenin:*

$$\begin{aligned}
 R_1 &= R_u + R_{T1} &= 0,0092 + 0,0997 = 0,1089 \\
 R_2 &= R_{M3} + R_{T3} &= 0,8500 + 0,3101 = 1,1601 \\
 R_3 &= R_{M1} // R_{M2} &= (4,0)(11,20)/(4,0 + 11,20) = 2,9474 \\
 R_4 &= R_3 + R_{T2} + R_{C2} &= 2,9474 + 1,2056 + 0,0530 = 4,2060 \\
 R_5 &= R_4 // R_2 &= (4,2060)(1,1601)/(4,2060 + 1,1601) = 0,9093 \\
 R_6 &= R_5 + R_{C1} &= 0,9093 + 0,6174 = 1,5267 \\
 R_{th} &= R_6 // R_1 &= (1,5267)(0,1089)/(1,5267 + 0,1089) = 0,1016 \text{ (dvtđ)} \\
 X_1 &= X_u + X_{T1} &= 0,1049 + 1,3958 = 1,5007 \\
 X_2 &= X_{M3} + X_{T3} &= 17,00 + 2,4808 = 19,4808 \\
 X_3 &= X_{M1} // X_{M2} &= (40)(112)/(40 + 112) = 29,4737 \\
 X_4 &= X_3 + X_{T2} + X_{C2} &= 29,4737 + 7,2336 + 0,0138 = 36,7211 \\
 X_5 &= X_4 // X_2 &= (36,7211)(19,4808)/(36,7211 + 19,4808) = 12,7283 \\
 X_6 &= X_5 + X_{C1} &= 12,7283 + 0,5487 = 13,2770 \\
 X_{th} &= X_6 // X_1 &= (13,2770)(1,5007)/(13,2770 + 1,5007) = 1,3483 \text{ (dvtđ)}
 \end{aligned}$$

2. *Sơ đồ Thevenin:* (H.2.20)

3. *Tính toán sự cố:*

$$\begin{aligned}
 Z_{th} &= (R_{th}^2 + X_{th}^2)^{1/2} &= (0,1016^2 + 1,3483^2)^{1/2} = 1,3521 \text{ (dvtđ)} \\
 I_{th} &= I_N = E_{th} / Z_{th} &= 1,0 / 1,3521 = 0,7396 \text{ (dvtđ)} = I_{dvtđ} \\
 I_{amps} &= I_{dvtđ} \times I_{cb} &= (0,7396)(4183,7) = 3094 \text{ A} \\
 I_{mom} &= I_{dvtđ} \times I_{cb} \times 1,6 &= (0,7396)(4183,7)(1,6) = 4951 \text{ A} \\
 X/R &= X_{th}/R_{th} &= 1,3483 / 0,1016 = 13,3 \quad (\theta = \tan^{-1} 13,3 = -85,7^\circ) \\
 I_{asy} &= I_{amps} \times M_m &= (3094)(1,5) = 4641 \text{ A (không đối xứng).}
 \end{aligned}$$

**Ví dụ 2.14.** Giả sử rằng  $R = 0$  (bỏ qua  $R$ ), tính  $I_{mom}$  tại thanh cái 10.

**Giải:** 1.  $X_{th} = 1,3483 \text{ (dvtđ)}$

$$2. I_N = 1,0 / 1,3483 = j 0,7417 \text{ (dvtđ)} = I_{dvtđ}$$

$$3. I_{amps} = I_{dvtđ} \times I_{cb} = (0,7417)(4183,7) = 3103 \text{ A}$$

$$4. I_{mom} = I_{dvtđ} \times I_{cb} \times 1,6 = (0,7417)(4183,7)(1,6) = 4965 \text{ A}$$

**Kết luận:** Nếu giả sử rằng  $R = 0$ , thì kết quả sai số 0,3%; do đó có thể bỏ qua  $R$  khi tính toán sự cố cho tất cả các nút khác.

**Ví dụ 2.15.** Dựa vào (H.2.18a), tính dòng ngắn ( $I_{int}$ ) khi sự cố tại nút 10.

**Giải:**

1. *Tính toán theo sơ đồ Thevenin:*

$$X_7 = X_{M1} + X_{T2} + X_{C2} = 100 + 7,2336 + 0,0138 = 107,2474$$

$$X_8 = X_{T3} + X_{M3} = 2,4808 + 25,5 = 27,9808$$

$$X_9 = X_7//X_8 = (107,2474)(27,9808)/(107,2474 + 27,9808) = 22,1911$$

$$X_{10} = X_9 + X_{C1} = 22,1911 + 0,5487 = 22,7398$$

$$X_{th} = X_{10}//X_1 = (22,7398)(1,5007)/(22,7398 + 1,5007) = j 1,4081 \text{ (đvtđ)}$$

2. *Tính toán sự cố:*

$$I_{th} = I_N = E_{th}/X_{th} = 1,0/1,4081 = 0,7102 \text{ (đvtđ)}$$

$$I_{amps} = I_{th} \times I_{cb} = (0,7102)(4183,7) = 2971 \text{ A}$$

**Ví dụ 2.16.** Dựa vào (H.2.16) và (H.2.19a) tính toán sự cố tại các nút 15, 20, 25, và 30.

**Giải:**

1. *Tính toán sơ đồ Thevenin (nút 15 – ngắn hạn):*

$$X_{11} = X_1 + X_{C1} = 1,5007 + 0,5487 = 2,0494$$

$$X_{th} = X_{11}//X_5 = (2,0494)(12,7283)/(2,0494 + 12,7283) = j 1,7652 \text{ (đvtđ)}$$

$$I_{th} = I_N = E_{th}/X_{th} = 1,0/1,7652 = 0,5665 \text{ (đvtđ)}$$

$$I_{amps} = I_{th} \times I_{cb} = (0,5665)(4183,7) = 2370 \text{ A}$$

$$I_{mom} = I_{amps} \times 1,6 = (2,370)(1,6) = 3792 \text{ A}$$

2. *Tính toán sơ đồ Thevenin (nút 20):*

$$X_{12} = X_{11}//X_2 = (2,0494)(19,4808)/(2,0494 + 19,4808) = 1,8543$$

$$X_{13} = X_3 + X_{T2} = 29,4737 + 7,2336 = 36,7073$$

$$X_{14} = X_{12} + X_{C2} = 1,8543 + 0,0138 = 1,8681$$

$$X_{th} = X_{13}//X_{14} = (36,7073)(1,8681)/(36,7073 + 1,8681) = 1,7776 \text{ (đvtđ)}$$

$$I_{th} = E_{th}/X_{th} = 1,0/1,7776 = 0,5625 \text{ (đvtđ)}$$

$$I_{amps} = I_{th} \times I_{cb} = (0,5625)(4183,7) = 2353 \text{ A}$$

3. *Tính toán sơ đồ Thevenin (nút 25):*

$$X_{15} = X_{14} + X_{T2} = 1,8681 + 7,2336 = 9,1017$$

$$X_{th} = X_{15}//X_3 = (9,1017)(29,4737)/(9,1017 + 29,4737) = 6,9542 \text{ (đvtđ)}$$

$$I_N = I_{th} = E_{th}/X_{th} = 1,0/6,9542 = 0,1438 \text{ (đvtđ)}$$

$$I_{amps} = I_{th} \times I_{cb} = (0,1438)(120281,3) = 17296 \text{ A}$$

4. *Tính toán sơ đồ Thevenin (nút 30 – ngắn hạn):*

$$X_{16} = X_{11}//X_4 = (2,0494)(36,7211)/(2,0494 + 36,7211) = 1,9411$$

$$X_{17} = X_{16} + X_{T3} = 1,9411 + 2,4808 = 4,4219$$

$$X_{th} = X_{17}//X_{M3} = (4,4219)(17,0)/(4,4219 + 17,0) = 3,5091 \text{ (đvtđ)}$$

$$I_N = I_{th} = E_{th}/X_{th} = 1,0/3,5091 = 0,2850 \text{ (đvtđ)}$$

$$I_{amps} = I_{th} \times I_{cb} = (0,2850)(13878,6) = 3955 \text{ A}$$

$$I_{mom} = I_{amps} \times 1,6 = (3955)(1,6) = 6328 \text{ A}$$

## 5. Tính toán sơ đồ Thevenin (nút 15 – ngắn):

$$\begin{aligned} X_{th} &= X_9/X_{11} = (22,1911)(2,0494)/(22,1911 + 2,0494) = 1,8761 \text{ (dvtd)} \\ I_N &= I_{th} = E_{th}/X_{th} = 1,0/1,8761 = 0,5330 \text{ (dvtd)} \\ I_{int} &= I_{th} \times I_{cb} = (0,5330)(4183,7) = 2230 \text{ A} \end{aligned}$$

## 6. Tính toán sơ đồ Thevenin (nút 30 – ngắn):

$$\begin{aligned} X_{18} &= X_7/X_{11} = (107,2474)(2,0494)/(107,2474 + 2,0494) = 2,0110 \\ X_{19} &= X_{18} + X_{T3} = 2,0110 + 2,4808 = 4,4918 \\ X_{th} &= X_{19}/X_{M3} = (4,4918)(25,5)/(4,4918 + 25,5) = 3,8191 \text{ (dvtd)} \\ I_N &= I_{th} = E_{th}/X_{th} = 1,0/3,8191 = 0,2618 \text{ (dvtd)} \\ I_{int} &= I_{th} \times I_{cb} = (0,2618)(13878,6) = 3633 \text{ A} \end{aligned}$$

Kết quả tính toán được cho ở bảng tóm tắt sau:

Bảng 2.4. Tóm tắt giá trị các dòng sự cố

Thanh cái số	Điện áp thanh cái (kV)	Giá trị hiệu dụng dòng sự cố (A)*
10	13,80	3103 (đổi xứng)
		4965 (ngắn hạn)
		2971 (ngắn)
15	13,80	2370 (đổi xứng)
		3792 (ngắn hạn)
		2230 (ngắn)
20	3,80	2353 (đổi xứng)
25	0,48	17296 (đổi xứng)
30	4,16	3955 (đổi xứng)
		6328 (ngắn hạn)
		3633 (ngắn)

\* bỏ qua R

## Tính toán đối với thanh cái vô cùng lớn

Khái niệm thanh cái vô cùng lớn với giả sử rằng dòng sự cố cực đại tại bất kỳ thanh cái thứ cấp biến áp (H.2.21) chỉ bị giới hạn bởi tổng trở của biến áp. Giá trị dòng sự cố có thể không bao giờ lớn hơn giá trị dòng của thanh cái vô hạn nếu không có nguồn khác (động cơ hoặc máy phát) nối với thanh cái.

Dòng của thanh cái vô cùng lớn là dòng đầy tải thứ cấp biến áp (FLA) được chia cho tổng trở biến áp.

$$S_{cb} = S_{MBA} \quad I_{cb} = S_{cb} / (\sqrt{3} \times U_{cb}) \quad (2.31)$$

$$U_{cb} = U_{thu} \quad I_{cb} = (S_{MBA} / \sqrt{3} \times U_{thu}) \quad (2.32)$$

với:  $S_{cb}$ ,  $S_{MBA}$  = tính bằng kVA;  $U_{cb}$ ,  $U_{thu}$  = tính bằng kV.

$$Z_{cb} = (U_{cb})^2/S = Z_T; \quad I_{cb} = I_{FLA.thu} = \text{dòng đầy tải thứ cấp} \quad (2.33)$$

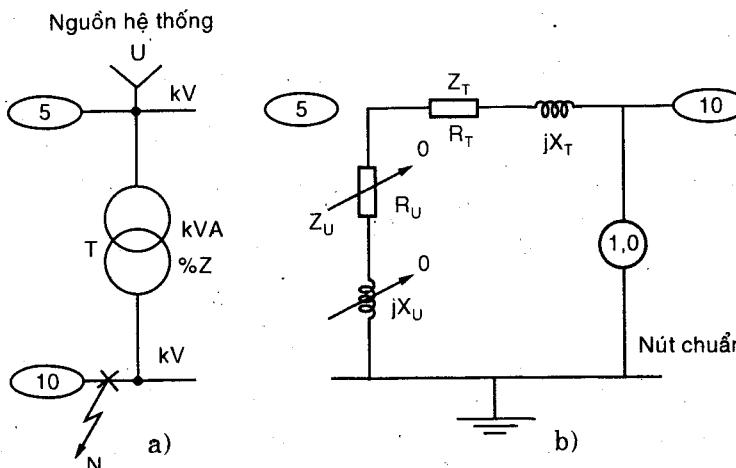
với:  $U_{cb}$  = tính bằng kV;  $S$  = tính bằng MVA.

$$I_N^* = I_{th}^* = 1,0 / (Z_u^* + Z_T^*) = 1,0 / Z_T^* \text{ với giả sử rằng } Z_u = 0 \quad (2.34)$$

$$I_{amps} = I_{th}^* \times I_{cb} = (1,0 / Z_T) (I_{FLA.Thu} / Z_T) = (I_{FLA.Thu} / Z_T) \quad (2.35)$$

**Ví dụ 2.17.** Dựa vào (H.2.21), tính giá trị dòng của thanh cái vô cùng lớn tại thanh cái 10.

**Giải:**  $I_N = I_{FLA\text{thứ}} / Z_T = (5000 / \sqrt{3} \times 13,8 \times 0,7) = 2988\text{A}$



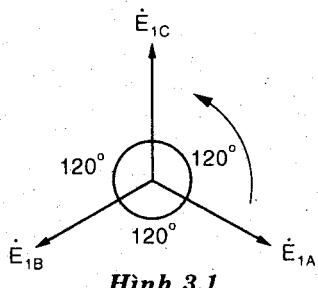
**Hình 2.21. Sơ đồ thay thế thanh cái vô cùng lớn.**

a) Sơ đồ một dây; b) Sơ đồ kháng trở

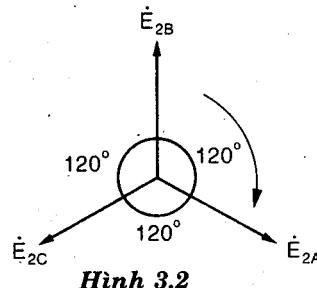
## PHÂN TÍCH CÁC THÀNH PHẦN ĐỐI XỨNG

Ngắn mạch không đối xứng, cũng như mọi chế độ làm việc với ba pha không đối xứng, đối với trường hợp này không cho phép tính toán lưới điện ba pha trên sơ đồ một pha. Và chỉ có thể giải quyết vấn đề này bằng cách phân tích các thành phần bất đối xứng của hệ thống ba pha thành ba thành phần đối xứng là thành phần thứ tự thuận, thứ tự nghịch và thứ tự không. Hệ thống vectơ pha không cân bằng này có thể là dòng hay áp.

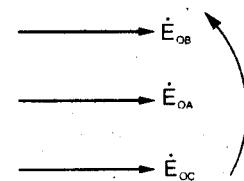
### 3.1. KHÁI NIỆM THÀNH PHẦN THỨ TỰ THUẬN, THỨ TỰ NGHỊCH VÀ THỨ TỰ KHÔNG



Hình 3.1



Hình 3.2



Hình 3.3

Sơ đồ vectơ các thành phần thứ tự thuận

Sơ đồ vectơ các thành phần thứ tự nghịch

Sơ đồ vectơ các thành phần thứ tự không

**Thành phần thứ tự thuận (H.3.1):** bao gồm ba vectơ pha bằng nhau về độ lớn và lệch nhau một góc  $120^\circ$  và ngược chiều kim đồng hồ.

**Thành phần thứ tự nghịch (H.3.2):** bao gồm ba vectơ pha bằng nhau về độ lớn và lệch nhau một góc  $120^\circ$  và cùng chiều kim đồng hồ.

**Thành phần thứ tự không (H.3.3):** bao gồm ba vectơ pha bằng nhau về độ lớn và cùng pha với nhau.

### 3.2. PHÂN TÍCH CÁC THÀNH PHẦN ĐỐI XỨNG

Nếu gọi điện áp pha của ba pha không cân bằng là  $\dot{E}_a$ ,  $\dot{E}_b$ ,  $\dot{E}_c$  thì chúng có thể được biểu diễn bằng các thành phần đối xứng của chúng:

$$\dot{E}_a = \dot{E}_1 + \dot{E}_2 + \dot{E}_0; \quad \dot{E}_b = a^2 \dot{E}_1 + a \dot{E}_2 + \dot{E}_0; \quad \dot{E}_c = a \dot{E}_1 + a^2 \dot{E}_2 + \dot{E}_0 \quad (3.1)$$

Hoặc các thành phần đối xứng có thể được biểu diễn theo các thành phần không cân bằng:

$$\dot{E}_1 = \frac{1}{3a}(\dot{E}_a + a\dot{E}_b + a^2\dot{E}_c); \quad \dot{E}_2 = \frac{1}{3}(\dot{E}_a + a^2\dot{E}_b + a\dot{E}_c); \quad \dot{E}_0 = \frac{1}{3}(\dot{E}_a + \dot{E}_b + \dot{E}_c) \quad (3.2)$$

trong đó:  $a, a^2$  - là các toán tử.

Các thành phần trên đều được quy về pha chuẩn là pha A. Các hàm tương tự có thể được viết cho dòng điện.

Khi một sự cố xảy ra trong hệ thống điện, các tổng trở pha không giống nhau (ngoại trừ trường hợp ngắn mạch ba pha) và kết quả là dòng và áp pha mất cân bằng, điểm mất cân bằng lớn nhất là điểm xảy ra sự cố. Như đã biết đại lượng ngắn mạch được tính trên sơ đồ ngắn mạch, nguồn áp được thay thế bằng nguồn trước sự cố tại điểm ngắn mạch. Vì thế tổng trở hệ thống vẫn còn đối xứng nhìn từ sự cố và điểm sự cố bây giờ có thể được xem như là điểm gây ra điện áp và dòng mất cân bằng vào hệ thống.

Đây là điểm quan trọng nhất để xác định điều kiện sự cố, nó cho phép hệ thống được biểu diễn bằng các sơ đồ thứ tự sử dụng các phương pháp tính toán của các thành phần thứ tự.

Hệ thống điện được mô tả bằng các sơ đồ thứ tự thuận, thứ tự nghịch và thứ tự không; và chỉ có dòng và áp thứ tự xuất hiện trong sơ đồ, không có sự ảnh hưởng qua lại của các điểm nối kết nào giữa các sơ đồ.

### 3.3. CÁC HỆ THỐNG THỨ TỰ

#### Hệ thống thứ tự thuận

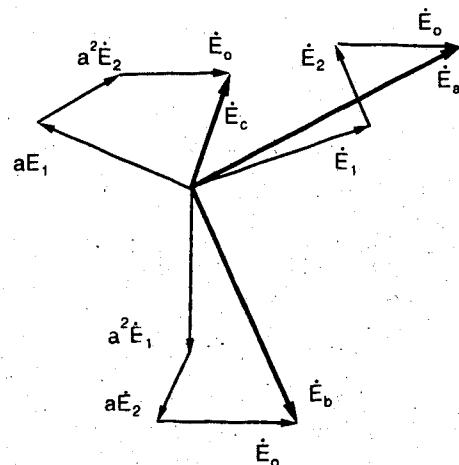
Trong trạng thái hoạt động đối xứng bình thường của hệ thống chỉ có thành phần dòng và áp thứ tự thuận có thể tồn tại trong hệ thống, vì thế mạng kháng trở hệ thống là mạng thứ tự thuận.

Khi có một sự cố xảy ra, dòng trong nhánh sự cố thay đổi từ 0 đến  $\dot{I}_1$  và điện áp thứ tự thuận đặt trên nhánh thay đổi từ  $\dot{V}$  đến  $\dot{V}_1$ ; ta thay thế nhánh bị sự cố bằng một nguồn tương đương sự thay đổi điện áp và nối tắt tất cả điện áp nguồn trong hệ thống, kết quả là có dòng ngắn mạch  $\Delta \dot{I}$  chạy trong hệ thống:

$$\Delta \dot{I} = - \frac{\dot{V} - \dot{V}_1}{\dot{Z}_1} \quad (3.3)$$

$\dot{Z}_1$  - là tổng trở thứ tự thuận của hệ thống 3 pha nhìn từ điểm ngắn mạch

Trước khi có sự cố, không có dòng sự cố từ điểm NM đi vào hệ thống,

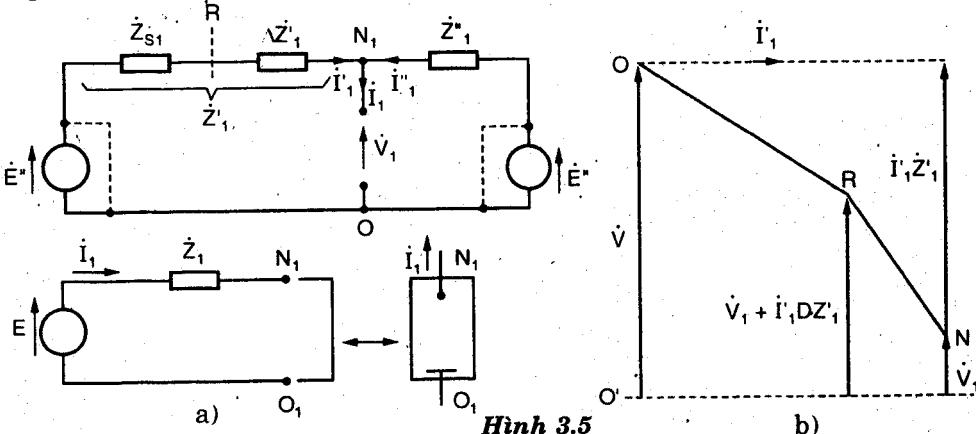


Hình 3.4. Sơ đồ phân tích các vectơ không cân bằng của hệ thống ba pha

nên dòng  $\dot{I}_1$  là dòng sự cố chạy từ hệ thống đến điểm xáy ra NM và tương đương với  $-\Delta I$ , do đó:

$$\dot{V}_1 = \dot{V} - \dot{I}_1 \dot{Z}_1 \quad (3.4)$$

Đây là mối quan hệ giữa dòng thứ tự thuận và điện áp thứ tự thuận trong nhánh xáy ra sự cố:



a) *Mạng thứ tự thuận;* b) *Sơ đồ vecto*

Ở H.3.5 là một hệ thống đơn giản điện áp rời:  $I'_1 Z'_1; I''_1 Z''_1$  tương đương  $\dot{V} - \dot{V}_1$  với dòng  $I'_1$  và  $I''_1$  đi vào chỗ sự cố từ nhánh trái và phải; tổng trở  $Z'_1$  và  $Z''_1$  là tổng trở hệ thống được nhìn từ hai phía của nhánh sự cố. Điện áp  $\dot{V}$  tương đương với điện áp không tải trong hệ thống và nó có giá trị là  $\dot{V} \approx \dot{E}' \approx \dot{E}$ . Vì thế, điện áp thứ tự thuận trong hệ thống có ngắn mạch thì lớn nhất tại nguồn và được biểu diễn trên (H.3.5b).

#### Hệ thống thứ tự nghịch

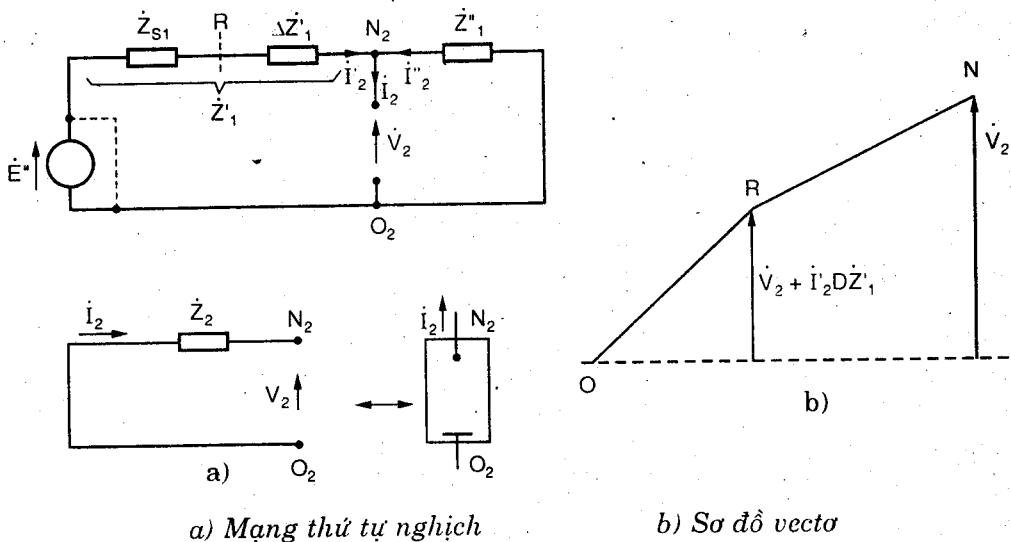
Trên cơ sở ban đầu là chỉ có thành phần thứ tự thuận xuất hiện trong hệ thống điện với điều kiện vận hành bình thường, sau đó thành phần thứ tự nghịch chỉ có thể tồn tại trong suốt quá trình mất cân bằng.

Nếu không có thành phần thứ tự nghịch xuất hiện trước sự cố thì khi sự cố xảy ra, sự thay đổi điện áp là  $\dot{V}_2$ , và kết quả là dòng  $I_2$  chạy từ mạng đến nơi sự cố:  $\dot{I}_2 = -\dot{V}_2 / \dot{Z}_2$  hoặc:  $\dot{V}_2 = -\dot{I}_2 \dot{Z}_2$  (3.5)

với:  $Z_2$  - là tổng trở thứ tự nghịch của hệ thống điện 3 pha nhìn từ điểm ngắn mạch.

Thông thường tổng trở thứ tự nghịch tương đương với tổng trở thứ tự thuận. Đối với máy điện  $\dot{Z}_1 \neq \dot{Z}_2$  nhưng khác nhau không đáng kể, có thể bỏ qua, nhất là đối với hệ thống điện lớn.

Sơ đồ thứ tự nghịch (H.3.6) giống như sơ đồ thứ tự thuận, nhưng có hai điểm khác nhau quan trọng là:

a) *Mạng thử tự nghịch*b) *Sơ đồ vectơ*

Hình 3.6

- Không có điện áp tồn tại trước lúc xảy ra sự cố
- Điện áp thứ tự nghịch là lớn nhất tại điểm sự cố.

#### Hệ thống thứ tự không

Mỗi quan hệ dòng và áp trong hệ thống thứ tự không cũng giống như trong hệ thống thứ tự nghịch trong điều kiện sự cố. Vì vậy:

$$\dot{V}_o = -\dot{I}_o \dot{Z}_o \quad (3.6)$$

$Z_o$  - là tổng trở thứ tự không của hệ thống ba pha nhìn từ điểm ngắn mạch

Sơ đồ hệ thống thứ tự không cũng được thể hiện như (H.3.6) nhưng thay thế bằng  $\dot{I}_2$  và tương tự. Dòng và áp trong hệ thống thứ tự không là cùng pha trong tất cả các pha. Vì thế dòng thứ tự không chạy trong hệ thống phải trở về điểm nối kết qua dây trung tính hoặc điểm nối đất. Thông thường  $\dot{Z}_1 \neq \dot{Z}_o$  và giá trị  $\dot{Z}_o$  thay đổi phụ thuộc vào kiểu nhà máy điện, tổ đấu dây và phương pháp nối đất trung tính.

## TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH BẤT ĐỐI XỨNG

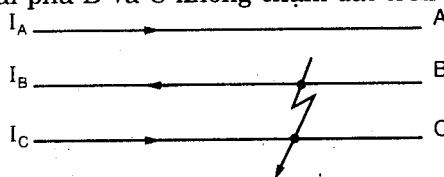
Các dạng ngắn mạch gây ra tình trạng không đối xứng gọi là ngắn mạch không đối xứng. Khảo sát các dạng ngắn mạch sau:

- Ngắn mạch hai pha không chạm đất ( $N^2$ )
- Ngắn mạch hai pha chạm đất ( $N^{1.1}$ )
- Ngắn mạch một pha ( $N^1$ )

Để thuận lợi cho việc tính toán người ta đưa ra qui ước pha A là pha đặc biệt trong tình trạng NM không đối xứng. Với qui ước này, khi ngắn mạch một pha cần ký hiệu pha A là pha bị NM còn khi NM 2 pha hoặc 2 pha chạm đất thì pha A là pha không bị chạm. Chọn pha chuẩn tính toán là pha A ( $I_1 = I_{a1}; I_2 = I_{a2}; I_o = I_{ao} \dots$ ).

### 4.1. NGẮN MẠCH HAI PHA KHÔNG CHẠM ĐẤT

Khi ngắn mạch hai pha B và C không chạm đất trên hệ thống (H.4.1).



**Hình 4.1.** Sơ đồ ngắn mạch hai pha không chạm đất

Ta có:  $\dot{V}_B = \dot{V}_C; \dot{I}_A = 0; \dot{I}_B = -\dot{I}_C$  (4.1)

Suy ra:  $\begin{cases} \dot{V}_B - \dot{V}_C = \dot{V}_1 - \dot{V}_2 = 0 \\ 3\dot{I}_o = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \dot{V}_1 = \dot{V}_2 \\ \dot{I}_o = 0 \Rightarrow \dot{V}_o = \dot{I}_o \dot{Z}_o = 0 \end{cases}$  (4.2)

Vậy:  $\dot{I}_A = \dot{I}_1 + \dot{I}_2 + \dot{I}_o \Rightarrow \dot{I}_1 = -\dot{I}_2$  (4.3)

$\dot{I}_B = a^2 \dot{I}_1 + a \dot{I}_2 = (a^2 - a) \dot{I}_1$  (4.4)

$\dot{I}_C = a \dot{I}_1 + a^2 \dot{I}_2 = (a - a^2) \dot{I}_1$  (4.5)

Mặt khác, ta lại có:  $\dot{V}_1 = \dot{E} - \dot{I}_1 \dot{Z}_1$  (4.6)

$\dot{V}_2 = -\dot{I}_2 \dot{Z}_2$  (4.7)

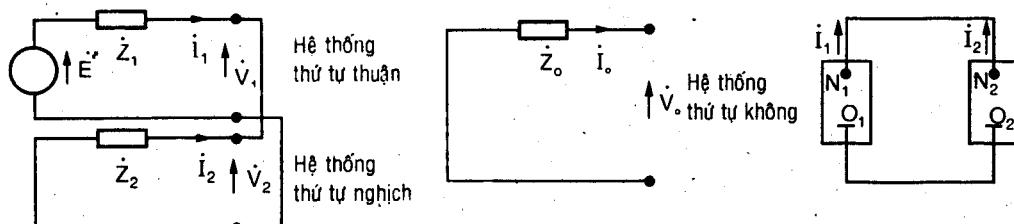
$\dot{V}_o = -\dot{I}_o \dot{V}_o$  (4.9)

vì:  $\dot{U}_1 = \dot{U}_2; \dot{I}_1 = -\dot{I}_2$  nên:  $\dot{E} = \dot{I}_1 (\dot{Z}_1 + \dot{Z}_2)$  (4.10)

Suy ra:  $\dot{I}_1 = \frac{\dot{E}}{\dot{I}_1 + \dot{I}_2} \Rightarrow \dot{I}_2 = -\frac{\dot{E}}{\dot{Z}_1 + \dot{Z}_2}$  (4.11)

Vậy dòng điện trên các pha khi có ngắn mạch giữa hai pha B và C là:

$$\dot{I}_A = 0; \quad \dot{I}_B = \frac{(a^2 - a)\dot{E}}{\dot{Z}_1 + \dot{Z}_2} = -\frac{j\sqrt{3}\dot{E}}{\dot{Z}_1 + \dot{Z}_2}; \quad \dot{I}_C = \frac{(a - a^2)\dot{E}}{\dot{Z}_1 + \dot{Z}_2} = \frac{j\sqrt{3}\dot{E}}{\dot{Z}_1 + \dot{Z}_2} \quad (4.12)$$



**Hình 4.2.** Sơ đồ thay thế của hệ thống thành phần đối xứng cho ngắn mạch hai pha không chạm đất

Với  $\dot{E}'$  = suất điện động ban đầu được xem như là điện áp tương đương Thevenin.

$$\text{Chú ý: } a = 1\angle 120^\circ = -0,5 + j0,866; \quad -a = 1\angle 300^\circ = +0,5 - j0,866$$

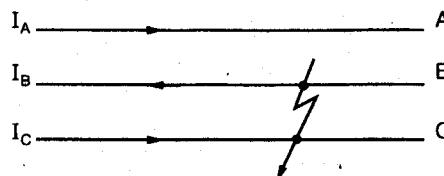
$$a^2 = 1\angle 240^\circ = -0,5 - j0,866; \quad -a^2 = 1\angle 60^\circ = +0,5 + j0,866$$

$$a^3 = 1\angle 360^\circ = +1; \quad -a^3 = 1\angle 180^\circ = -1$$

Từ biểu thức (4.9) ta thấy mạch tương đương khi ngắn mạch 2 pha không chạm gồm 2 mạch thành phần thứ tự thuận và nghịch ghép song song (H.4.2).

## 4.2. NGẮN MẠCH HAI PHA CHẠM ĐẤT

Khi xảy ra sự cố ngắn mạch hai pha chạm đất, giả sử pha B và pha C chạm đất (H.4.3).



**Hình 4.3.** Sơ đồ ngắn mạch hai pha chạm đất

$$\dot{V}_B = \dot{V}_C = 0; \quad \dot{I}_A = 0 \quad (4.13)$$

Suy ra: 
$$\begin{cases} \dot{I}_A = \dot{I}_1 + \dot{I}_2 + \dot{I}_o = 0 \Rightarrow \dot{I}_1 = -\dot{I}_2 - \dot{I}_o \\ 3\dot{V}_1 = \dot{V}_A + a\dot{V}_B + a^2\dot{V}_C = \dot{V}_A \\ 3\dot{V}_2 = \dot{V}_A + a^2\dot{V}_B + a\dot{V}_C = \dot{V}_A \\ 3\dot{V}_o = \dot{V}_A + \dot{V}_B + \dot{V}_C = \dot{V}_A \end{cases} \quad (4.14)$$

Suy ra:  $\dot{V}_1 = \dot{V}_2 = \dot{V}_o \quad (4.15)$

Mặt khác, ta lại có:

$$\dot{V}_1 = \dot{E} - \dot{I}_1 \dot{Z}_1; \quad \dot{V}_2 = -\dot{I}_2 \dot{Z}_2; \quad \dot{V}_o = -\dot{I}_o \dot{Z}_o \quad (4.16)$$

vì:  $\dot{I}_R = \dot{I}_1 + \dot{I}_2 + \dot{I}_o$  và  $\dot{V}_1 = \dot{V}_2 = \dot{V}_o$

nên:  $I_R = \frac{\dot{E}}{Z_1} - \dot{V}_1 \frac{\dot{Z}_1 \dot{Z}_2 + \dot{Z}_2 \dot{Z}_o + \dot{Z}_o \dot{Z}_1}{\dot{Z}_1 \dot{Z}_2 \dot{Z}_o} = 0 \Rightarrow \dot{V}_1 = \dot{E} \frac{\dot{Z}_2 \dot{Z}_o}{\dot{Z}_1 \dot{Z}_2 + \dot{Z}_2 \dot{Z}_o + \dot{Z}_o \dot{Z}_1} \quad (4.17)$

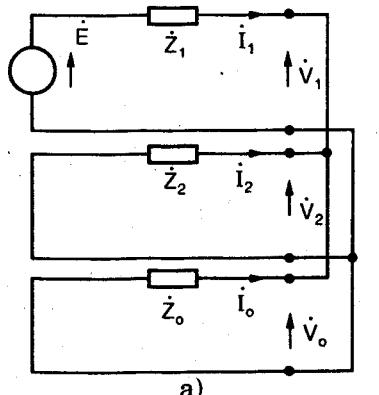
hơn nữa:  $\dot{I}_1 = \dot{E} \frac{\dot{Z}_2 + \dot{Z}_o}{Msô}; \quad \dot{I}_2 = -\dot{E} \frac{\dot{Z}_o}{Msô}; \quad \dot{I}_o = -\dot{E} \frac{\dot{Z}_2}{Msô} \quad (4.18)$

trong đó:  $Msô = \dot{Z}_1 \dot{Z}_2 + \dot{Z}_2 \dot{Z}_o + \dot{Z}_o \dot{Z}_1$

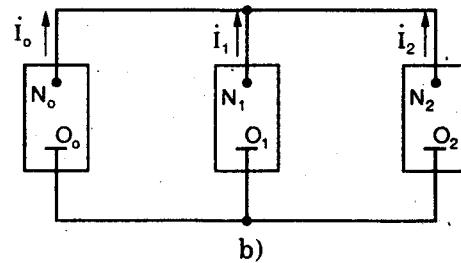
Vậy dòng điện trên các pha A, B, C khi xảy ra sự cố ngắn mạch hai pha chạm đất là:

$$\dot{I}_A = 0; \quad \dot{I}_B = j\sqrt{3} \dot{E} \frac{a \dot{Z}_2 - \dot{Z}_o}{\dot{Z}_1 \dot{Z}_2 + \dot{Z}_2 \dot{Z}_o + \dot{Z}_o \dot{Z}_1}; \quad \dot{I}_C = -j\sqrt{3} \dot{E} \frac{a^2 \dot{Z}_2 - \dot{Z}_o}{\dot{Z}_1 \dot{Z}_2 + \dot{Z}_2 \dot{Z}_o + \dot{Z}_o \dot{Z}_1} \quad (4.19)$$

Từ các biểu thức trên nhận thấy khi ngắn mạch 2 pha chạm đất mạch tương đương tính toán được biểu diễn bằng 3 mạch thứ tự ghép song song (H.4.4).



a)

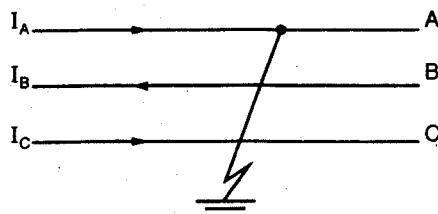


b)

**Hình 4.4. Hệ thống thành phần đối xứng cho ngắn mạch hai pha không chạm đất**

### 4.3. NGẮN MẠCH MỘT PHA CHẠM ĐẤT

Khi xảy ra sự cố ngắn mạch một pha chạm đất, giả sử pha A chạm đất (H.4.5).



**Hình 4.5. Sơ đồ ngắn mạch một pha**

Ta có:  $\dot{V}_A = 0; \dot{I}_B = 0; \dot{I}_C = 0$  (4.20)

suy ra:  $\begin{cases} 3\dot{I}_1 = \dot{I}_A + a\dot{I}_B + a^2\dot{I}_C = \dot{I}_A \\ 3\dot{I}_2 = \dot{I}_A + a^2\dot{I}_B + a\dot{I}_C = \dot{I}_A \Rightarrow \dot{I}_1 = \dot{I}_2 = \dot{I}_o = \dot{I}_A \\ 3\dot{I}_o = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = \dot{I}_A \end{cases}$  (4.21)

và:  $\dot{V}_A = \dot{V}_1 + \dot{V}_2 + \dot{V}_o = 0 \Rightarrow \dot{V}_1 = -\dot{V}_2 - \dot{V}_o$  (4.22)

Mặt khác, ta lại có:

$$\dot{V}_1 = \dot{E} - \dot{I}_1 \dot{Z}_1; \quad \dot{V}_2 = -\dot{I}_2 \dot{Z}_2; \quad \dot{V}_o = -\dot{I}_o \dot{Z}_o \quad (4.23)$$

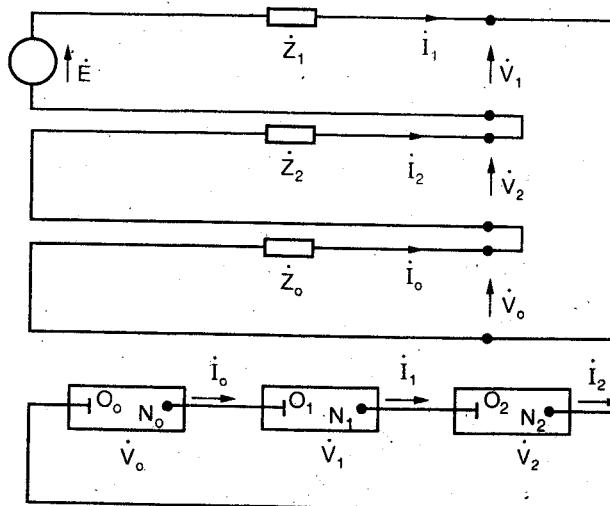
$$\Rightarrow \dot{V}_A = \dot{V}_1 + \dot{V}_2 + \dot{V}_o = \dot{E} - \dot{I}_1 \dot{Z}_1 - \dot{I}_2 \dot{Z}_2 - \dot{I}_o \dot{Z}_o = 0 \quad (4.24)$$

suy ra:  $\dot{I}_1 = \dot{I}_2 = \dot{I}_o = \frac{\dot{E}}{\dot{Z}_1 + \dot{Z}_2 + \dot{Z}_o}$  (4.25)

Vậy dòng điện trên các pha A, B, C khi xảy ra sự cố ngắn mạch một pha chạm đất là:

$$\dot{I}_B = \dot{I}_C = 0; \quad \dot{I}_A = \frac{3\dot{E}}{\dot{Z}_1 + \dot{Z}_2 + \dot{Z}_o} \quad (4.26)$$

Từ các biểu thức (4.24) và (4.25), sơ đồ mạch thay thế tương đương khi ngắn mạch chạm đất 1 pha được biểu diễn là mạch nối tiếp 3 mạch thứ tự như H.4.6.



**Hình 4.6. Sơ đồ liên kết thành phần đối xứng khi ngắn mạch chạm đất một pha**

## TÍNH TOÁN NGẮN MẠCH QUA ĐIỆN TRỞ TRUNG GIAN $Z_N$ VÀ ĐIỆN TRỞ ĐẤT $Z_G$

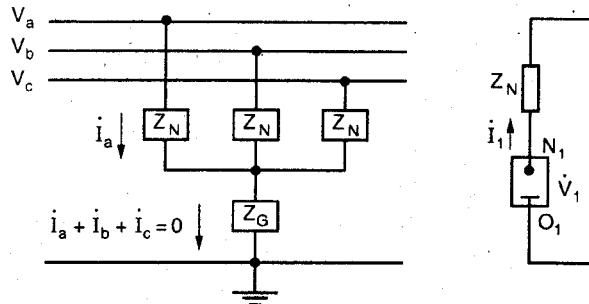
Dòng sự cố lớn nhất sẽ xuất hiện khi hệ thống có nhiều máy phát tham gia trong hệ thống nhất, thường là xuất hiện vào lúc tải đỉnh. Dòng sự cố tại một điểm bất kỳ trong hệ thống phụ thuộc vào tổng trở tương đương Thevenin của hệ thống nhìn từ vị trí sự cố.

Dòng sự cố cực tiểu xảy ra khi phụ tải không phải ở đỉnh của đồ thị phụ tải, tương ứng với trường hợp số máy hoạt động trong hệ thống là nhỏ, tổng trở tương đương Thevenin là lớn. Thông thường trong trường hợp này còn phải kể đến điện trở sự cố (diện trở hồ quang) sẽ làm giảm giá trị dòng sự cố. Các giá trị dòng sự cố tối thiểu này sẽ được tính toán cho các nút của hệ thống để chỉnh định và phối hợp bảo vệ. Giá trị dòng sự cố tối thiểu cần phải được so sánh với dòng tải cực đại để đảm bảo phân biệt được các trạng thái chính xác.

Các loại sự cố được xem xét bao gồm: sự cố 3 pha (3PH), 2 pha (không chạm đất - LL), 2 pha chạm đất (2LG) và 1 pha chạm đất (1LG).

### 1. Sự cố 3 pha (3PH): $N^3$

Sơ đồ tính toán như sau:



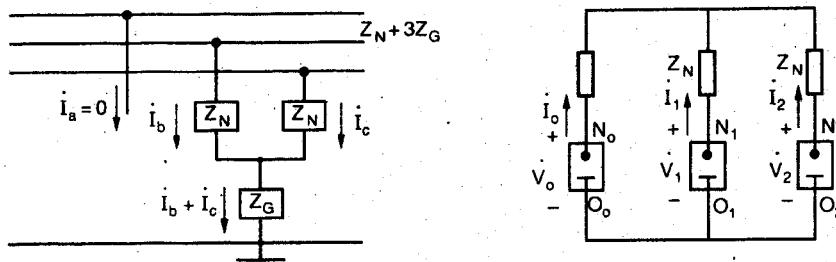
Hình 5.1. Sơ đồ ngắn mạch 3 pha qua điện trở

Nhận thấy rằng trong sơ đồ không có thành phần thứ tự nghịch và thứ tự không do sự cố hoàn toàn cân bằng (đối xứng), tức là không có dòng đi qua tổng trở  $Z_G$ :  $I_a = I_{a1} = \frac{E}{Z_1 + Z_N}$  (5.1)

với:  $Z_N$  - tổng trở sự cố;  $Z_G$  - tổng trở đất

### 2. Sự cố 2 pha chạm đất (2LG): $N^{1,1}$

Sơ đồ tương đương như sau:



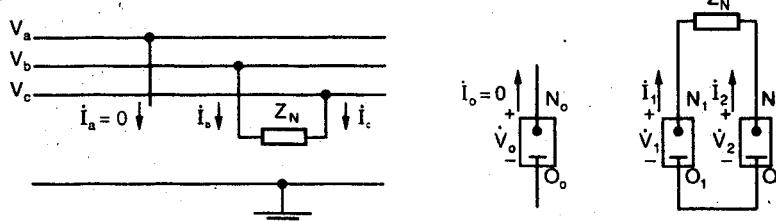
Hình 5.2. Sơ đồ ngắn mạch 2 pha chạm đất qua tổng trớ

$$\begin{cases} \dot{I}_1 = \frac{E}{Z_1 + Z_N + \frac{(Z_2 + Z_N)(Z_0 + Z_N + 3Z_G)}{Z_0 + Z_2 + 2Z_N + 3Z_G}} \\ \dot{I}_2 = -\frac{Z_0 + Z_N + 3Z_G}{Z_0 + Z_2 + 2Z_N + 3Z_G} \dot{I}_1 \\ \dot{I}_o = \frac{Z_2 + Z_N}{Z_1 + Z_2 + 2Z_N + 3Z_G} \dot{I}_1 \end{cases} \quad (5.2)$$

### 3. Sự cố 2 pha (LL): N<sup>2</sup>

$$\dot{I}_a = 0; \quad \dot{I}_b = -\dot{I}_c = -j\sqrt{3}\dot{I}_1 \quad (5.3)$$

$$\dot{I}_1 = \frac{E}{Z_1 + Z_2 + Z_N}; \quad \dot{I}_2 = -\dot{I}_{a1}; \quad \dot{I}_o = 0 \quad (5.4)$$

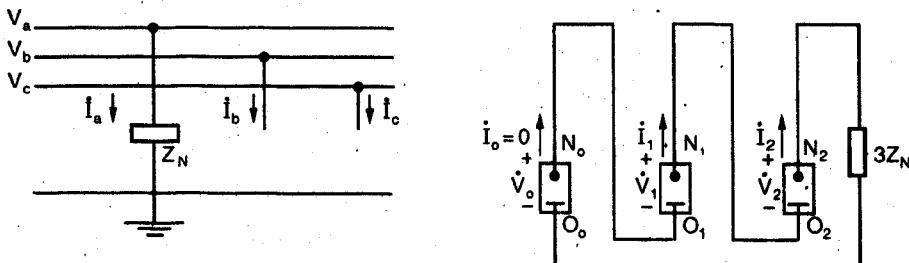


Hình 5.3. Sơ đồ ngắn mạch 2 pha qua điện trớ.

### 4. Sự cố một pha chạm đất (1LG): N<sup>1</sup>

$$\dot{I}_a = 3\dot{I}_{a0}; \quad \dot{I}_b = \dot{I}_c = 0 \quad (5.5)$$

$$\dot{I}_o = \dot{I}_1 = \dot{I}_2 = \frac{E}{Z_0 + Z_1 + Z_2 + 3Z_N} \quad (5.6)$$



Hình 5.4. Sơ đồ ngắn mạch 1 pha chạm đất qua điện trớ.

# ẢNH HƯỞNG CỦA HỆ THỐNG NỐI ĐẤT LÊN THÀNH PHẦN THỨ TỰ KHÔNG

Trong hệ thống điện, điểm chung của ba cuộn dây nối hình sao của máy phát hay máy biến áp thì được gọi là điểm trung tính. Điểm trung tính có thể cách điện đối với đất, nối đất qua điện trở hay nối đất trực tiếp. Dòng thứ tự không chảy trong đất trong quá trình sự cố chạm đất phụ thuộc vào phương pháp nối đất.

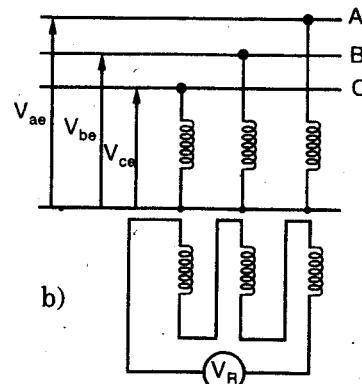
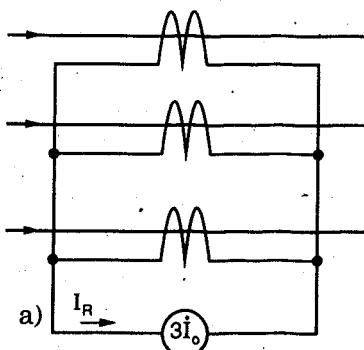
## 6.1. ĐO DÒNG ĐIỆN VÀ ĐIỆN ÁP THỨ TỰ KHÔNG

Dòng điện và điện áp thứ tự không phụ thuộc vào hai yếu tố:

- Một hệ thống nối đất tại một điểm hay nhiều hơn.
- Điện áp khác nhau giữa các điểm nối đất dẫn đến có dòng chảy trong đất.

Khi hệ thống hoạt động bình thường có các dung kháng giữa các pha với nhau, giữa các pha với đất; các dung kháng này được xem như đối xứng và phân bố đều trên toàn bộ hệ thống. Vì thế tổng số các vectơ dòng sẽ bằng không và không có dòng chảy giữa hai điểm nối đất nào trong hệ thống. Khi sự cố chạm đất xảy ra làm hệ thống bị mất cân bằng dẫn đến có dòng và áp thứ tự không, nó là tổng số các vectơ dòng và áp pha.

Sự đo lường của thành phần thứ tự không dùng các máy biến dòng và máy biến áp được kết nối như H.6.1 và nếu rơ le được nối vào mạch ở nơi đo dòng và đo áp, cho phép dò tìm sự cố chạm đất trong hệ thống.



**Hình 6.1. Đo lường của các thành phần thứ tự không**  
 a) Dòng thứ tự không; b) Điện áp thứ tự không

Ta có: Từ (H.6.1)

$$\dot{I}_R = \dot{I}_a + \dot{I}_b + \dot{I}_c; \quad \dot{V}_R = \dot{V}_{ae} + \dot{V}_{be} + \dot{V}_{ce} \quad (6.1)$$

từ (6.1) suy ra:  $\dot{I}_R = 3\dot{I}_o; \quad \dot{V}_R = 3\dot{V}_o \quad (6.2)$

mặt khác:  $\dot{V}_{ae} = \dot{V}_{aT} + \dot{V}_{Te}; \quad \dot{V}_{be} = \dot{V}_{bT} + \dot{V}_{Te}; \quad \dot{V}_{ce} = \dot{V}_{cT} + \dot{V}_{Te} \quad (6.3)$

vì thế, nếu:  $\dot{V}_{bT} = a^2 \dot{V}_{aT}; \quad \dot{V}_{cT} = a \dot{V}_{aT}; \quad$  thì:  $\dot{V}_R = 3\dot{V}_{Te} \quad (6.4)$

với  $\dot{V}_{Te}$  - là điện áp lệch trung tính.

## 6.2. TỈ SỐ $Z_0/Z_1$ HỆ THỐNG

$Z_0/Z_1$  được xác định là tỉ số của kháng trở thứ tự không và thứ thuận nhinn từ sự cố, nó là tỉ số thay đổi phụ thuộc vào phương pháp nồi đất, vị trí sự cố và chế độ vận hành của hệ thống.

Tổng trở thứ tự thuận của một hệ thống chủ yếu là kháng trở, trong khi tổng trở thứ tự không bị ảnh hưởng bởi các phương pháp nồi đất có thể bao gồm cả hai thành phần điện trở và kháng trở. Vì thế có thể biểu diễn gần đúng tỉ số  $Z_0/Z_1$  như sau:

$$\frac{\dot{Z}_0}{\dot{Z}_1} = \frac{X_o}{X_1} - j \frac{R_o}{X_1} \quad (6.5)$$

Biểu diễn dòng điện thứ tự không theo dòng ba pha và tỉ số  $\dot{Z}_0/\dot{Z}_1$ .

a. Một pha chạm đất:

$$\dot{I}_R = \frac{3\dot{V}}{2\dot{Z}_1 + \dot{Z}_0} = \frac{3}{(2 + K)} \frac{\dot{V}}{\dot{Z}_1}$$

với:  $K = \dot{Z}_0/\dot{Z}_1; \quad \dot{I}_{3-\phi} = \frac{\dot{V}}{\dot{Z}_1}$

vì thế:  $\frac{\dot{I}_R}{\dot{I}_{3-\phi}} = \frac{3}{(2 + K)} \quad (6.6)$

b. Ngắn mạch hai pha:

$$\dot{I}_R = 3\dot{I}_o = -\frac{3\dot{Z}_1}{\dot{Z}_1 + \dot{Z}_0} \dot{I}_1; \quad \dot{I}_1 = \frac{\dot{V}(\dot{Z}_1 + \dot{Z}_0)}{2\dot{Z}_1 \dot{Z}_0 + \dot{Z}_1^2}$$

do đó:  $\dot{I}_R = -\frac{3\dot{V}\dot{Z}_1}{2\dot{Z}_1 \dot{Z}_0 + \dot{Z}_1^2} = \frac{-3}{(2K+1)} \frac{\dot{V}}{\dot{Z}_1}$

vì thế:  $\frac{\dot{I}_R}{\dot{I}_{3-\phi}} = \frac{-3}{(2K+1)} \quad (6.7)$

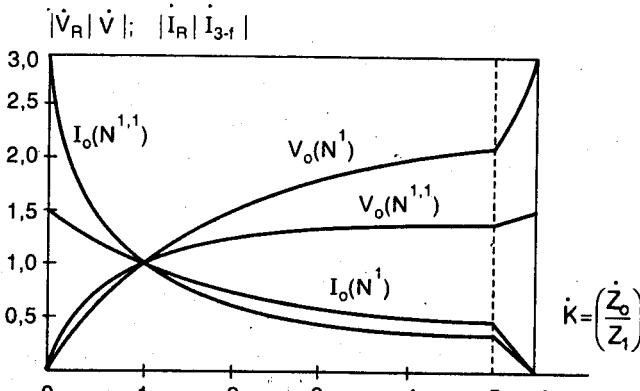
Tương tự, điện áp thứ tự không cũng có thể tìm được bằng cách nhân

biểu thức (6.6) và (6.7) với  $-KV$ . Khi đó, ta có:

a. Một pha chạm đất:  $\dot{V}_R = -\frac{3K}{(2+K)} \dot{V}$  (6.8)

b. Ngắn mạch hai pha chạm đất:  $\dot{V}_R = -\frac{3K}{(2K+1)} \dot{V}$  (6.9)

Các đường cong của (H.6.2) minh họa sự thay đổi của các thành phần thứ tự không  $|\dot{V}_R/\dot{V}|$  và  $|\dot{I}_R/\dot{I}_{3-\phi}|$  theo tỉ số  $\dot{Z}_o/\dot{Z}_1$ .



Hình 6.2. Đại lượng thứ tự không tại điểm ngắn mạch

### 6.3. SỰ THAY ĐỔI CỦA CÁC ĐẠI LƯỢNG THỨ TỰ KHÔNG

Sự thay đổi của các đại lượng thứ tự không trong hệ thống với các cách nối đất khác nhau có thể tìm được dễ dàng bằng cách sử dụng giản đồ vectơ. Có 3 trường hợp khảo sát là mạng với trung tính cách ly hoàn toàn với đất, trung tính nối đất qua điện trở và trung tính nối đất trực tiếp.

#### a. Trung tính cách ly:

Từ (H.6.3) ta có thể thấy rằng điện dung so với đất của pha sự cố bị nối tắt và kết quả là có dòng điện dung mất cân bằng chạy vào sự cố, và trở lại theo đường dây pha không sự cố để xuống đất. Tại chỗ sự cố:

$$\dot{V}_{aN} = 0 \quad (6.10)$$

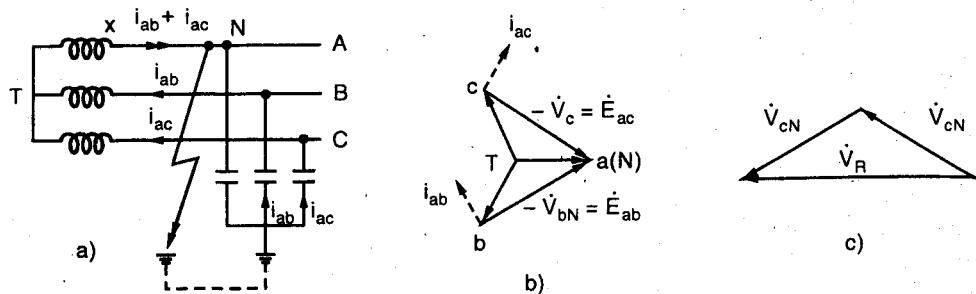
và:  $\dot{V}_R = \dot{V}_{bN} + \dot{V}_{cN} = -3\dot{E}_{aT}$  (6.11)

tại nguồn:  $\dot{V}_R = 3\dot{V}_{Te} = -3\dot{E}_{aT}$  (6.12)

Từ đó rút ra được:  $\dot{E}_{aT} + \dot{E}_{bT} + \dot{E}_{cT} = 0$  (6.13)

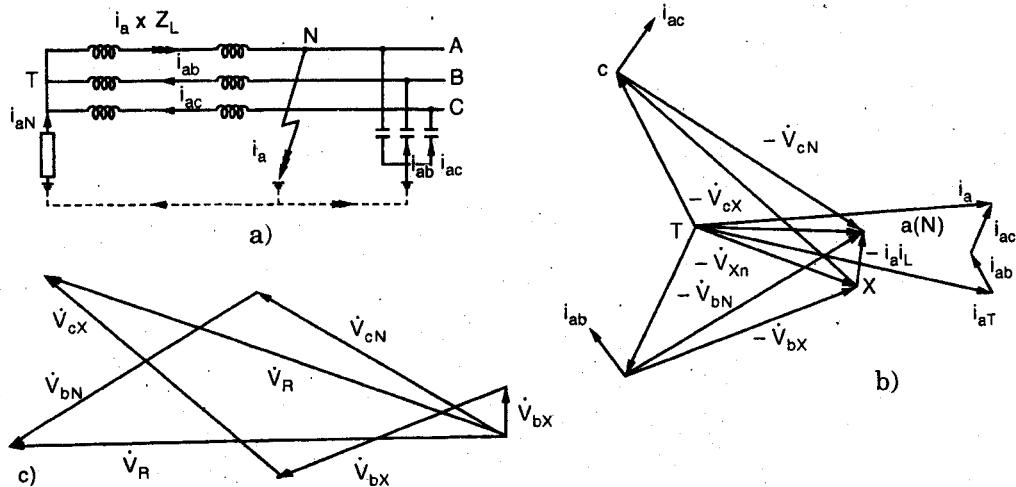
Vì vậy, với một hệ thống cách ly trung tính với đất, điện áp thứ tự không gấp ba lần điện áp pha định mức của pha có sự cố và không có sự thay đổi giữa  $V_R$  tại nguồn và tại nơi sự cố xảy ra.

Thực tế có tổng trở rò giữa trung tính và đất và có một dòng thứ tự không nhỏ được tìm thấy nếu rò le tại vị trí X có độ nhạy cao.



Hình 6.3. Sự cố trung tính cách điện

## b. Trung tính qua điện trở:



Hình 6.4. Sự cố trung tính nối đất qua điện trở

Hình 6.4 cho ta thấy điện dung của pha sự cố bị nối tắt bởi dòng sự cố và dòng trung tính kết hợp với dòng điện dung của pha không sự cố tạo thành dòng  $\dot{I}_a$  chạy trong pha sự cố. Với rơ le đặt tại X đo lường của các thành phần thứ tự không được mắc như H.6.1, dòng điện thứ tự không sẽ là  $\dot{I}_{aT}$ , đó chính là dòng điện trung tính đất.

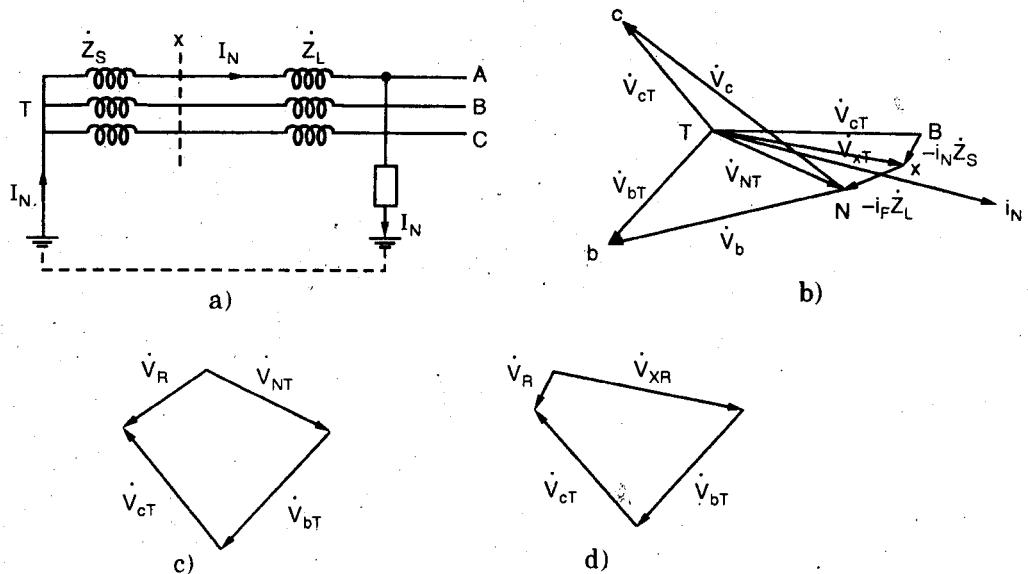
$$\text{Tại nơi sự cố: } \dot{V}_R = \dot{V}_{bN} + \dot{V}_{cN} \quad (6.14)$$

$$\text{vì: } \dot{V}_{NE} = 0. \text{ Tại nguồn: } \dot{V}_R = \dot{V}_{aX} + \dot{V}_{bX} + \dot{V}_{cX} \quad (6.15)$$

Từ giản đồ điện áp thứ tự không cho ta thấy có sự khác nhau giữa điện áp thứ tự không tại nguồn và vị trí sự cố, hầu hết điện áp rơi trên điện trở trung tính. Mức độ khác nhau của đại lượng thứ tự không phụ thuộc vào giá trị của điện trở trung tính.

## c. Trung tính nối đất trực tiếp (H.6.5):

Điện dung trong trường hợp này có thể bỏ qua, bởi vì điện dung của pha sự cố không bị ngắn mạch thì sự tính toán dòng điện dung được bỏ qua.



Hình 6.5. Trung tính hệ thống nối đất trực tiếp

a) Sơ đồ mạch; b) Sơ đồ vectơ; c) điện áp thứ tự không tại nơi sự cố; d) điện áp thứ tự không tại điểm ngắt

Tại nơi sự cố:  $\dot{V}_R = \dot{V}_{NT} + \dot{V}_{bT} + \dot{V}_{cT}$  (6.16)

Tại điểm đặt rơ le X:  $\dot{V}_R = \dot{V}_{XT} + \dot{V}_{bT} + \dot{V}_{cT}$  (6.17)

Từ giản đồ điện áp thứ tự không được cho trên (H.6.5), cho thấy rằng điện áp thứ tự không là lớn nhất tại nơi sự cố và giảm dần về phía nguồn. Nếu điện trở ngắn mạch  $Z_N$  giảm dần về không, điều đó có nghĩa là chạm đất trực tiếp, khi đó  $\dot{V}_{NT}$  tiến đến không và điện áp rơi ở  $\dot{Z}_S$  và  $\dot{Z}_L$  sẽ trở nên lớn hơn. Giá trị của  $\dot{V}_{NT}$  sẽ phụ thuộc vào điện trở đất, nghĩa là tỉ số  $\dot{Z}_o / \dot{Z}_1$ .

# XÁC ĐỊNH TỔNG TRỞ CHO TỪNG PHẦN TỬ TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN

## 7.1. NGUỒN HỆ THỐNG

Đối với nguồn hệ thống, yếu tố quyết định đến dòng ngắn mạch là công suất ngắn mạch của hệ thống tại điểm nối Q.

$$S_{NMQ} = \sqrt{3}U_{dmQ}I_{NMQ}; \text{ và: } I_{NMQ} = \frac{1,1U_{dmQ}}{\sqrt{3}Z_Q} \quad (7.1)$$

Tổng trở ngắn mạch của hệ thống tới điểm Q có thể xác định từ:

$$Z_Q = 1,1 \frac{U_{dmQ}^2}{S_{NMQ}} \quad (\Omega) \quad (7.2)$$

trong đó:

$$Z_Q^* = \frac{S_{cb}}{S_{NMQ}} \quad (\text{đvtđ})$$

$U_{dmQ}$  - điện áp định mức của hệ thống tại điểm Q (kV)

$S_{NMQ}$  - công suất ngắn mạch tại Q (kVA)

$I_{NMQ}$  - dòng điện ngắn mạch tại Q (A);  $S_{cb}$  - điện áp cơ bản (kV)

Chú ý: khi điện trở không được nêu, có thể giả thiết rằng

$$R_Q = 0,1X_Q \quad \text{và: } X_Q = 0,995Z_Q \quad (7.3)$$

## 7.2. MÁY PHÁT ĐIỆN ĐỒNG BỘ

### Thứ tự thuận

Kháng trở siêu quá độ  $X_d$  của máy phát điện đồng bộ xác định giá trị dòng ngắn mạch xoay chiều ban đầu. Tổng trở của máy phát trong đơn vị có tên:

$$Z_G \equiv R_G + jX_d \quad (7.4)$$

$$\text{trong đó: } X_d = \frac{X_d \%}{100} \frac{U_{dmG}^2}{S_{dmG}} = X_d^* \frac{U_{dmG}^2}{S_{dmG}} \quad (\Omega) \quad (7.5)$$

trong đó:  $S_{dmG}$  - công suất định mức của máy phát (MVA)

$U_{dmG}$  - điện áp định mức máy phát (kV)

$X_d^*$  - kháng trở siêu quá độ (đvtđ);  $X_d \% =$  kháng trở siêu quá độ (%)

Các giá trị sau đây có thể gán cho  $R_G$  với độ chính xác vừa đủ:

$R_G$	$U_{dmG}$ (dv)	$S_{dmG}$ (MVA)
$0,05 X_d''$	$> 1$	$\geq 100$
$0,07 X_d''$	$> 1$	$< 100$
$0,15 X_d''$	$< 1$	

Các máy phát mắc song song đặt gần nhau với công suất định mức khác nhau nhưng có kháng trở siêu quá độ tương tự có thể gộp thành một máy phát tương đương với tham số của nó bằng giá trị hợp thành của tất cả các máy phát riêng rẽ.

#### Thứ tự nghịch

Giá trị điện kháng thứ tự nghịch  $X_2$  của máy phát đồng bộ khác với thứ tự thuận, thông thường nó được lấy ra từ sổ tay tra cứu nếu không thì có thể tính theo công thức sau:

Máy phát điện đồng bộ có cuộn cản:

$$X_2 = \frac{X_d' + X_q''}{2} \approx 1,22X_d' \quad (7.6)$$

Máy phát điện đồng bộ không có cuộn cản:

$$X_2 = \frac{X_d' X_q}{X_d' + X_q} \approx 1,45X_d' \quad (7.7)$$

#### Thứ tự không

Nói chung máy phát nối với máy biến áp tăng, cuộn dây đấu tam giác ở phía máy phát. Vậy khi điểm ngắn mạch xảy ra từ phía cao áp thì không tồn tại dòng  $I_0$  ở đầu cực máy phát, nên trong sơ đồ thay thế thứ tự không máy phát không tồn tại. Trong trường hợp có dòng  $I_0$  chạy qua máy phát thì sơ đồ thay thế của nó trong sơ đồ thay thế thứ tự không sẽ là:

Trong đó:  $X_1$  là điện kháng thứ tự thuận mà đã được xác định ở trên

Để tính toán dòng ngắn mạch của động cơ đồng bộ và máy bù đồng bộ cũng tiến hành giống như máy phát đồng bộ.

### 7.3. ĐỘNG CƠ KHÔNG ĐỒNG BỘ

Tổng trở hiệu dụng của động cơ được xác định như sau:

$$Z_M = R_M + jX_M \quad (7.9)$$

và:

$$Z_M = \frac{U_{dmM}}{\sqrt{3}I_{NM}} = \frac{1}{(I_{NM}/I_{dmM}) S_{dmM}} \frac{U_{dmM}^2}{U_{dmM}} \quad (7.10)$$

trong đó:  $U_{dmM}$  - điện áp định mức của động cơ (kV)

$I_{NM}$  - dòng của động cơ khi có ngắn mạch (A)

$I_{dmM}$  - dòng điện định mức của động cơ (A)

$S_{dmM}$  - công suất định mức của động cơ (kVA)

Các giá trị sau đây có thể gán cho  $R_M$  với độ chính xác vừa đủ:

$R_M/X_M$	$X_M$	Trong động cơ	Công suất/số cặp điện cực (MW)
0,10	0,995 $Z_M$	cao áp	>1
0,15	0,989 $Z_M$	cao áp	<1
0,30	0,958 $Z_M$	hạ áp	

Các bộ chuyển đổi nguồn cũng được xử lý giống như động cơ không đồng bộ. Đối với các bộ đó các giá trị sau đây có thể được sử dụng.

$U_{dmM}$  - điện áp định mức về phía nguồn của bộ chuyển đổi hoặc biến áp chuyển đổi;  $I_{dmM}$  - dòng điện định mức của nguồn;  $I_n/I_{dmM} = 3$ ;  $R_M = 0,1X_M$ ;  $X_M = 0,995 Z_M$ .

## 7.4. MÁY BIẾN ÁP (HAI VÀ BA CUỘN DÂY)

Sơ đồ đẳng trị của các hệ thống thứ tự thuận, thứ tự nghịch và thứ tự không được biểu diễn qua số lượng và cách mắc các cuộn dây. Tổng trở thứ tự nghịch bằng với số so với tổng trở thứ tự thuận. Nói chung chiều sắp xếp ngược các pha của cuộn dây không cần phải chú ý.

### Thứ tự thuận

Tổng trở thứ tự thuận của biến áp ba pha bằng tổng trở ngắn mạch của nó. Tổng trở này có thể được đo hoặc tính toán đối với cao áp hoặc phía hạ áp từ điện áp ngắn mạch và công suất.

a. **Biến áp hai cuộn dây:** Ta có tổng trở thứ tự thuận:

$$Z_1 = Z_T = Z_R + jX_T \quad (\Omega) \quad (7.11)$$

Tổng trở thứ tự thuận phần lớn được xác định bởi từ thông rò giữa các cuộn dây sơ cấp và thứ cấp. Tổng trở  $Z_T$  được xác định từ điện áp ngắn mạch  $U_N\%$  của máy biến áp.

$$Z_T = \frac{U_N \%}{100} \frac{U_{dmT}^2}{S_{dmT}} = \sqrt{R_T^2 + X_T^2} \quad (\Omega) \quad (7.12)$$

$$\text{trong đó điện trở thuần là: } R_T = \frac{U_R \%}{100} \frac{U_{dmT}^2}{S_{dmT}} = \frac{P_{Cu,dm}}{3I_{dmT}^2} \quad (\Omega) \quad (7.13)$$

và kháng trở là:

$$X_T = \frac{U_X \%}{100} \frac{U_{dmT}^2}{S_{dmT}} = \frac{1}{100} \frac{U_{dmT}^2}{S_{dmT}} \sqrt{U_{Ndm}^2 - U_{Rdm}^2} \quad (\Omega) \quad (7.14)$$

trong đó:  $U_{dmT}$  - điện áp định mức của máy biến áp (điện áp dây) (kV)

$S_{dmT}$  - công suất biểu kiến định mức của máy biến áp (kVA)

$U_N\%$  - điện áp ngắn mạch định mức (%);  $U_R\%$  - tổn hao ngắn mạch (%)

$U_x\%$  - điện áp kháng trở rò định mức (%)

$P_{Cudm}$  - tổn hao đồng tại điện áp định mức (kW)

$I_{dmT}$  - dòng định mức của máy biến áp (A).

### b. Biến áp ba cuộn dây

Sơ đồ mạch tương đương của hệ thống thứ tự thuận và thứ tự nghịch của máy biến áp ba cuộn dây (H.7.1). Trong đó, ba tổng trở (giữa mỗi cặp các cuộn dây) tạo thành mạng hình sao tương đương. Các tổng trở được tính từ điện áp ngắn mạch và các chỉ số công suất quy về một trong các điện áp định mức của máy biến áp. Một trong ba tổng trở có thể có giá trị 0 hoặc âm. Các biểu thức tính điện áp ngắn mạch. Tổng trở các nhánh như sau:

- Nhánh thứ nhất (cao):

$$U_N\%_C = \frac{1}{2}[U_N\%_{C-T} + U_N\%_{C-H} - U_N\%_{T-H}]; Z_C = \frac{U_N\%_C}{100} \cdot \frac{U_{dm}^2}{S_{dm}} \text{ (}\Omega\text{)} \quad (7.15)$$

- Nhánh thứ hai (trung):

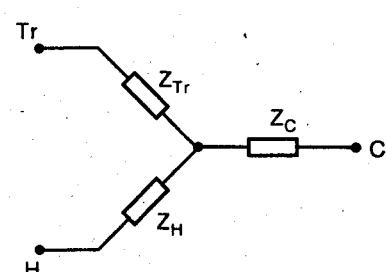
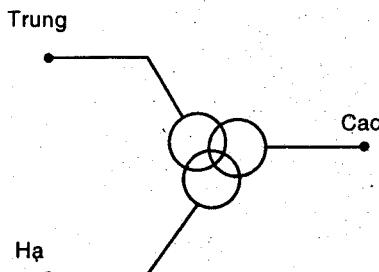
$$U_N\%_T = \frac{1}{2}[U_N\%_{C-T} + U_N\%_{T-H} - U_N\%_{C-H}]; Z_{Tr} = \frac{U_N\%_T}{100} \cdot \frac{U_{dm}^2}{S_{dm}} \text{ (}\Omega\text{)} \quad (7.16)$$

- Nhánh thứ ba (hạ):

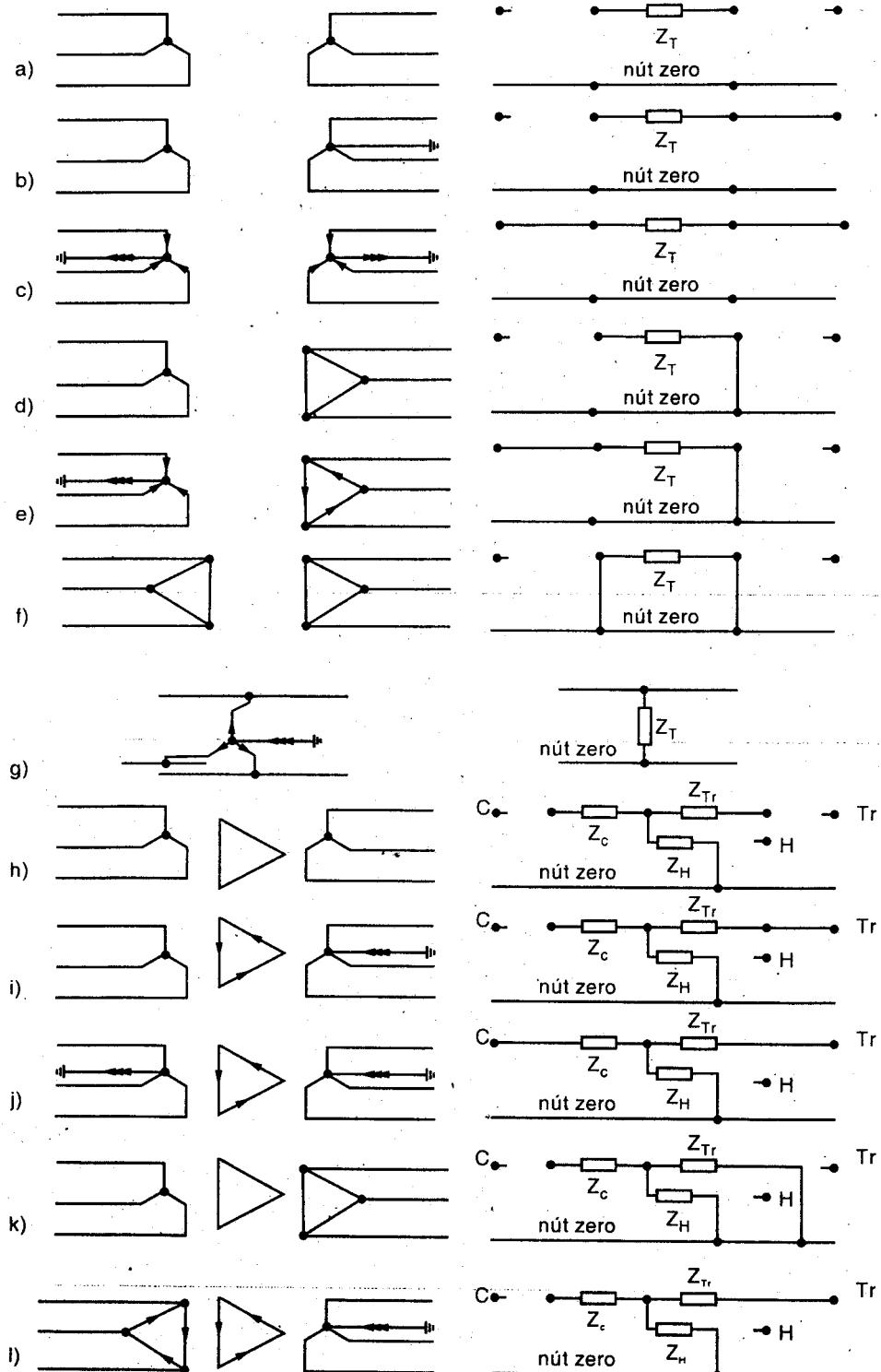
$$U_N\%_H = \frac{1}{2}U_N\%_{C-H} + U_N\%_{T-H} - U_N\%_{C-T}; Z_H = \frac{U_N\%_H}{100} \cdot \frac{U_{dm}^2}{S_{dm}} \text{ (}\Omega\text{)} \quad (7.17)$$

trong đó:  $U_N\%_{C-T}$ ;  $U_N\%_{C-H}$ ;  $U_N\%_{T-H}$  - điện áp ngắn mạch (%) cao-trung, cao-hạ, trung-hạ;  $U_{dm}$  - điện áp chuẩn (một trong ba điện áp định mức) (kV).

$S_{dm}$  - công suất biểu kiến định mức (kVA).



Hình 7.1. Sơ đồ tương đương máy biến áp 3 cuộn dây



**Hình 7.2. Sơ đồ thay thế tương đương thứ tự không của các loại MBA hai và ba cuộn dây**

**Thứ tự nghịch:** Đối với máy biến áp là phần tử tĩnh của hệ thống điện thì thành phần kháng trở thứ tự nghịch bằng thành phần kháng trở thứ tự thuận.

**Thứ tự không:** Tổng trở thứ tự không của máy biến áp ba pha phụ thuộc vào cách sắp xếp các cuộn dây và bản chất của lõi từ ba trụ, năm trụ hay lõi một pha. Tổng trở thứ tự không chỉ có giá trị trong hệ thống điện lực nếu có ít nhất một trong các cuộn dây được mắc theo hình sao và điểm trung tính của nó được nối đất, hoặc trực tiếp hoặc bỏ qua điện trở tác dụng hoặc kháng trở. Sơ đồ thay thế thứ tự không các dạng MBA 2 và 3 cuộn dây cho ở H.7.2.

Các ghi chú (H.7.2)

Nút Zero - nút chuẩn

$Z_C$  - là tổng trở thứ tự không phía sơ cấp máy biến áp (Cao)

$Z_{Tr}$  - là tổng trở thứ tự không phía thứ cấp máy biến áp (Trung)

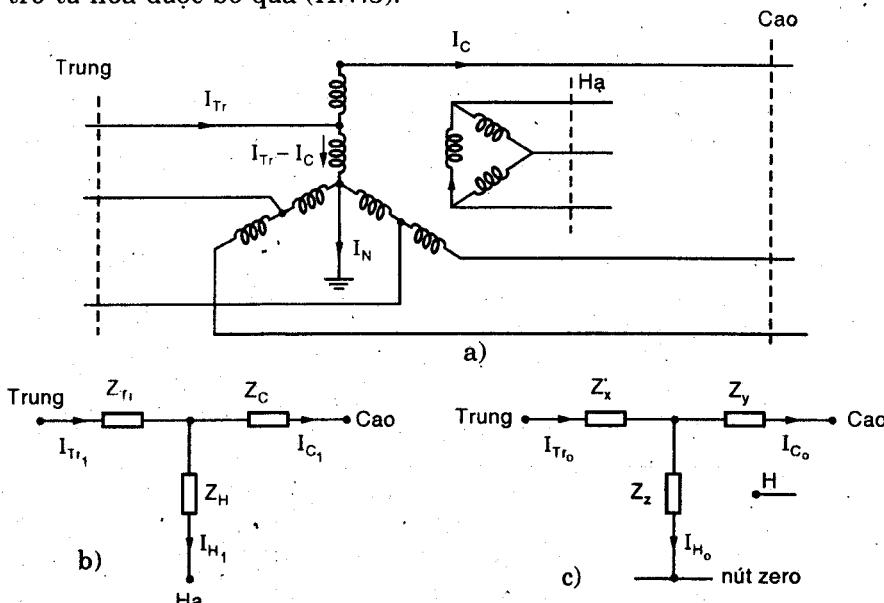
$Z_H$  - là tổng trở thứ tự không cuộn thứ ba của các máy biến áp ba cuộn dây (Cuộn tam giác).

## 7.5. MÁY BIẾN ÁP TỰ NGẦU

**Sơ đồ tương đương thành phần thứ tự thuận**

Sơ đồ thay thế tương đương và trị số tổng trở các nhánh của máy biến áp tự ngẫu ba pha cũng tương tự như máy biến áp hai hoặc ba cuộn dây.

Khi cuộn dây tam giác thứ ba không tải, điểm  $H$  sẽ bị hở mạch và tổng trở ngắn mạch của máy biến áp khi đó là:  $Z_{Tr} + Z_C$  và sơ đồ thay thế tương đương sẽ tương tự như sơ đồ tương đương của máy biến áp hai cuộn dây với tổng trở từ hóa được bỏ qua (H.7.3).



Hình 7.3. Sơ đồ tương đương của máy biến áp tự ngẫu.

### Sơ đồ tương đương thành phần thứ tự không

Sơ đồ tương đương thành phần thứ tự không được suy ra tương tự như sơ đồ tương đương thành phần thứ tự thuận (H.7.3c):

$Z_x, Z_y, Z_z$  - là các tổng trở thứ tự không tương ứng với các cuộn dây trung, cao và hạ

$N$  - là tỉ số giữa các cuộn dây nối tiếp và chung

$Z_n$  - là tổng trở nối đất trung tính.

$$\left\{ \begin{array}{l} Z_x = Z_{Tr} + 3Z_n \frac{N}{N+1} \\ Z_y = Z_C - 3Z_n \frac{N}{(N+1)^2} \\ Z_z = Z_H + 3Z_n \frac{1}{N+1} \end{array} \right. \quad (7.19)$$

Hình 7.3c biểu diễn sơ đồ tương đương thứ tự không của máy biến áp tự ngẫu. Các dòng  $I_{Tr}$  và  $I_C$  là các dòng được tính toán tương ứng ở cấp trung và cao áp. Sự khác biệt giữa các giá trị dòng này trong đơn vị có tên là dòng đi qua cuộn dây chung. Dòng đi qua tổng trở trung tính gấp ba lần dòng qua cuộn dây chung.

Đối với trường hợp dây trung tính được nối đất trực tiếp ( $Z_n = 0$ ), thì các tổng trở nhánh  $Z_x, Z_y$  và  $Z_z$  trở thành  $Z_{Tr}, Z_C$ , và  $Z_H$  đồng nhất tương ứng với sơ đồ tương đương thành phần thứ tự thuận ngoại trừ tổng trở tương đương  $Z_T$  của cuộn dây thứ ba nối tam giác thì được nối đến nút điện áp không trong sơ đồ thứ tự không.

## 7.6. KHÁNG ĐIỆN HẠN CHẾ DÒNG NGĂN MẠCH

Tổng trở của các hệ thống thứ tự thuận, thứ tự nghịch, và thứ tự không của kháng điện hạn chế dòng là bằng nhau và tương đương với tổng trở của kháng điện hạn chế ( $Z_1 = Z_2 = Z_0 = Z_D$ ).  $R_D$  rất nhỏ có thể bỏ qua so với  $X_D$ . Vậy:

$$Z_D \approx X_D = \frac{X_K \%}{100} \frac{U_{dmD}}{\sqrt{3} I_{dmD}} = \frac{X_K \%}{100} \frac{U_{dmD}^2}{Q_{dmD}} \quad (\Omega) \quad (7.21)$$

trong đó:  $X_K \%$  - kháng trở phần trăm (%);  $U_{dmD}$  - điện áp định mức (kV)

$I_{dmD}$  - dòng điện định mức (A)

$Q_{dmD}$  - công suất phản kháng định mức (kVAR).

## 7.7. TỤ ĐIỆN MẮC NỐI TIẾP

Tổng trở của các hệ thống thứ tự thuận, thứ tự nghịch và thứ tự không của tụ điện mắc nối tiếp bằng tổng trở dọc của tụ điện.

$$Z_1 = Z_2 = Z_0 = Z_C$$

Vì tổn hao chiếm khoảng 0,2 đến 0,45% công suất dung kháng của tụ,  $R_C$  có thể bỏ qua nếu so với  $X_C$ . Như vậy:

$$Z_C \approx X_C = \frac{Q_{dmC}}{3I_{dmC}^2} \quad (\Omega) \quad (7.22)$$

trong đó:  $I_{dmC}$  - dòng điện định mức (A).

$Q_{dmC}$  - công suất phản kháng định mức của tụ điện (kVAR).

Với mục đích tính toán dòng ngắn mạch tụ điện mắc nối tiếp có thể bỏ qua nếu chúng được mắc song song với các thiết bị bảo vệ và thiết bị này tắt chúng khi có hiện tượng ngắn mạch.

## 7.8. ĐƯỜNG DÂY

Các công thức tính toán tổng trở đường dây tải điện trên không.

### Đường dây đơn 3 pha

$$\dot{Z}_{1L} = \dot{Z}_{2L} = R_L + j0,145 \log \frac{D_{tb}}{r_{td}} \quad \Omega/km$$

với:  $R_L$  - điện trở dây dẫn,  $\Omega/km$

$D_{tb}$  - GMD =  $\sqrt[3]{D_{ab}D_{bc}D_{ac}}$  - khoảng cách trung bình hình học giữa các dây dẫn (H.7.4)

$r_{td}$  - GMR - bán kính tương đương của dây dẫn tính theo bán kính thực  $r$  của nó, phụ thuộc vào cấu trúc dây và vật liệu dây dẫn.

Chẳng hạn:  $r_{td} = 0,779r$  : dây đồng tròn đặc;  $r_{td} = (0,274 - 0,771)r$  : dây đồng mềm nhiều sợi;  $r_{td} = 0,95r$  : dây nhôm lõi thép ACSR.

$$Z_{oL} = R_{oL} + j0,435 \log \frac{D_d}{R_{td}}$$

với:  $R_{oL} \approx R_L + 0,15 \quad \Omega/km$

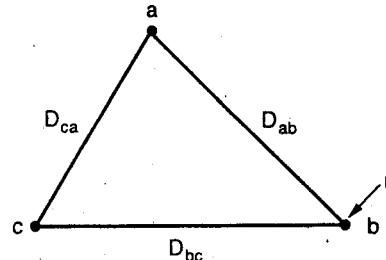
$D_d$  - khoảng cách tương đương dây dẫn - đất.

Có thể tham khảo trị số  $D_d$  ở bảng 7.1

Bảng 7.1. Trị số  $D_d$

Môi trường	$D_d, m$	Môi trường	$D_d, m$
Đất khô	3.000	Nước biển	94
Đất ướt	935	Không có số liệu	1.000

$$R_{td} = \sqrt[3]{r_{td} D_{tb}^2}$$

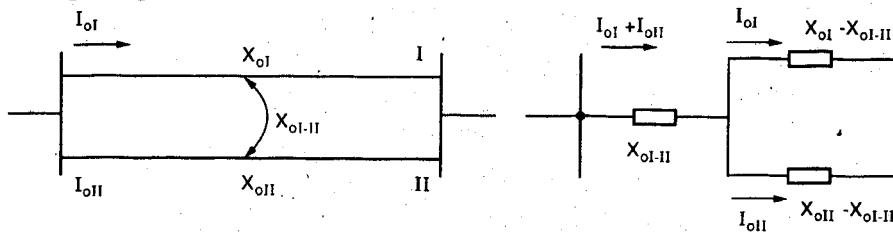


Hình 7.4. Bố trí dây dẫn ba pha

### Hai đường dây 3 pha song song (lộ kép)

Tổng trở thứ tự thuận và nghịch của hai đường dây làm việc song song không thay đổi lớn nên vẫn xem có giá trị như 1 đường dây đơn. Kháng trở thứ tự không đường dây lộ kép lớn hơn đường dây đơn do có thêm hổ cảm của các dây dẫn pha thuộc đường dây thứ hai.

Gọi  $X_{oI}, X_{oII}, X_{oI-II}$  là kháng trở thứ tự không riêng của đường dây I, đường dây II và kháng trở hổ cảm của cả đường dây II đến dây dẫn bất kỳ đường dây I. Sơ đồ thay thế tương đương thứ tự không của 2 đường dây làm việc song song ở H.7.5.



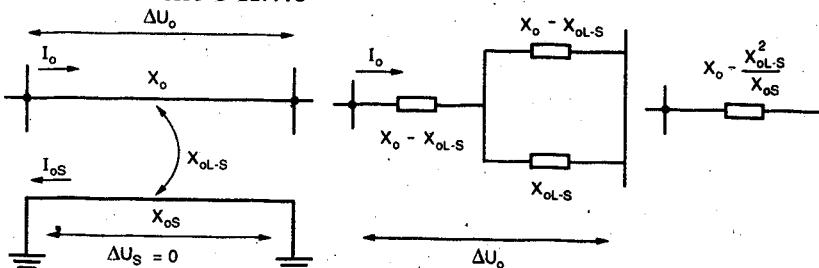
Hình 7.5. Sơ đồ thay thế thứ tự không đường dây lộ kép

$$X_{oI-II} = 0,435 \log \frac{D_d}{D_{I-II}} \Omega/km$$

với:  $D_{I-II} = \sqrt[3]{D_{aa} \cdot D_{ab} \cdot D_{ac} \cdot D_{ba} \cdot D_{bb} \cdot D_{bc} \cdot D_{ca} \cdot D_{cb} \cdot D_{cc}}$  - khoảng cách trung bình hình học giữa đường dây I và II.

**Đường dây 3 pha đơn có dây chống sét hay 2 đường dây song song có 1 đường dây được cắt ra và tiếp đất ở hai đầu**

Sơ đồ thay thế tương đương thứ tự không của đường dây đơn có dây chống sét cùng trục với đường dây hay đường lộ kép có 1 đường dây cắt ra và tiếp đất ở hai đầu cho ở H.7.6



Hình 7.6. Sơ đồ thay thế tương đương thứ tự không

với:  $X_o$  - kháng trở thứ tự không đường dây đơn 3 pha chưa có dây chống sét;  $X_{oL-S} = 0,435 \log(D_d / r_s)$  - kháng trở thứ tự không dây chống sét.

$r_s$  - bán kính tương đương dây chống sét;  $X_{OLS} = 0,435 \log(D_d / D_{L-S}) \Omega/km$

$D_{L-S} = \sqrt[3]{D_{as} \cdot D_{bs} \cdot D_{cs}}$  - khoảng cách trung bình giữa dây dẫn và dây chống sét.

Kháng trở thứ tự không của đường dây khi có dây chống sét cùng trục là:

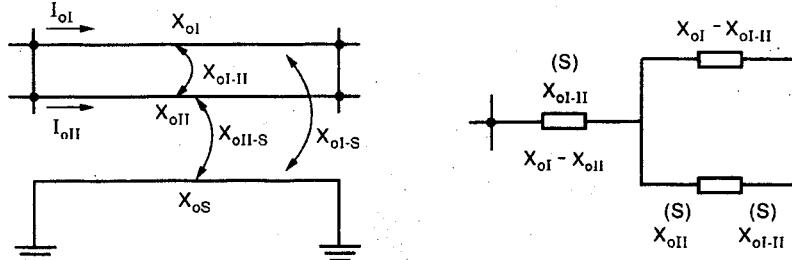
$$X_o^{(s)} = X_o - \frac{X_{oL-S}^2}{X_{oS}}$$

Nhận thấy sự có mặt của dây chống sét làm giảm kháng trở thứ tự không đường dây đơn.

Tương tự cho trường hợp hai đường dây song song có một đường dây bị cắt ra nối tiếp ở hai đầu bằng cách thay thế kháng trở thứ tự không dây chống sét bằng kháng trở thứ tự không đường dây thứ hai và thay thế kháng trở hổ cảm.

#### Hai đường dây làm việc song song có dây chống sét

Sơ đồ thay thế tương đương thứ tự không của hai đường dây đang làm việc song song có dây chống sét cho ở H.7.7.



Hình 7.7. Sơ đồ thứ tự không hai đường dây song song có dây chống sét

$X_{o-I}^{(s)} = X_{oI} - \frac{X_{oI-S}^2}{X_{oS}}$ : kháng trở thứ tự không đường dây I có ảnh hưởng của dây chống sét.

$X_{o-II}^{(s)} = X_{oII} - \frac{X_{oII-S}^2}{X_{oS}}$ : kháng trở thứ tự không đường dây II có ảnh hưởng của dây chống sét.

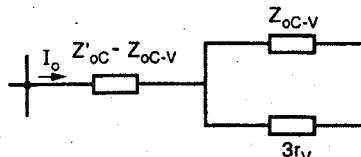
$X_{oI-II}^{(S)} = X_{oI-II} - \frac{X_{oI-S} \cdot X_{oII-S}}{X_{oS}}$ : kháng trở hổ cảm thứ tự không giữa lô I và II có ảnh hưởng dây chống sét.

Trong trường hợp hai đường dây hoàn toàn giống nhau ( $X_{oI} = X_{oII} = X_o$ ) và dây chống sét bố trí đối xứng ( $X_{oI-S} = X_{oII-S} = X_o$ ):

$$X_o^{(S)} = 0,5(X_o + X_{oI-II}) - \frac{X_{oL-S}^2}{X_{oS}}$$

#### Đường dây cáp

Xác định tổng trở của đường dây cáp tương tự như đường dây trên không. Tuy



Hình 7.8. Sơ đồ thứ tự không đường dây cáp

nhiên tổng trở thứ tự không lưu ý đến ảnh hưởng của vỏ cáp giống như dây chống sét của đường dây trên không.

Sơ đồ thay thế tổng trở thứ tự không đường dây cáp cho ở (H.7.8)

Kháng trở thứ tự không đường dây cáp:

$$X_{oc} = 0,435 \log(D_d / R_{td})$$

$D_d$  - giống như đường dây trên không

$R_{td} = \sqrt[3]{r_{td} \cdot d^2}$  - bán kính trung bình hình học của 3 lõi dây dẫn cáp

$r_{td}$  - bán kính tương đương lõi cáp;  $d$  - khoảng cách giữa các tâm lõi cáp.

Kháng trở hõ cảm giữa vỏ và lõi cáp.

$$X_{oc-v} = 0,435 \log(D_d / D_{c-v}) \quad \Omega/km$$

với:  $D_{c-v} = (r_{tr} + r_{ng})/2$  - bán kính trung bình vỏ cáp.

$r_{tr}, r_{ng}$  - bán kính trong và ngoài vỏ cáp.

Tổng trở thứ tự không:  $Z_{oc-v} = 3r_d + jX_{oc-v}$

$$Z_{oc} = R_{oc} + jX_{oc} = r_c + 3r_d + jX_{oc}$$

với:  $r_c$  - điện trở lõi cáp

$r_d$  - điện trở nối đất đường dây

$r_v$  - điện trở vỏ cáp.

Tóm lại đường dây tải điện trên không lõi cáp có thể lấy  $X_2 = X_1$  nhưng  $X_o \neq X_1$ . Kháng trở thứ tự không đường dây phụ thuộc vào cấu tạo dây dẫn, tiết diện, cấu trúc đường dây, số lõi, điện áp... Trong trường hợp không có số liệu có thể lấy giá trị gần đúng  $X_o$  theo bảng 7.2

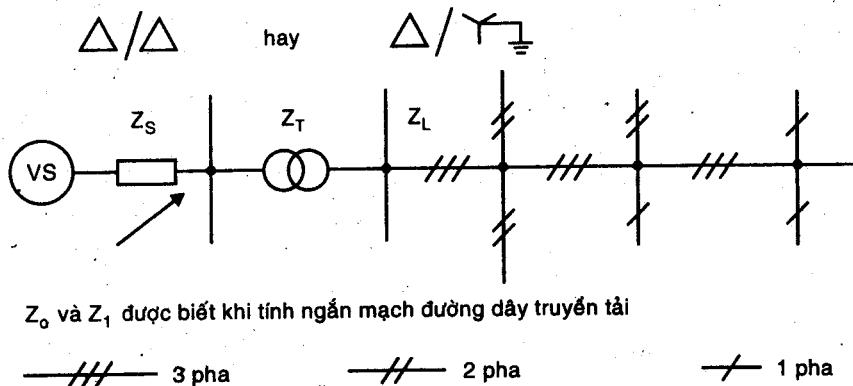
Bảng 7.2. Trị số  $X_o$  đường dây.

Đặc tính đường dây	Tí số $X_o/X_1$
Đường dây đơn không có dây chống sét	3,5
Đường dây đơn có dây chống sét bằng thép	3,0
Đường dây đơn có dây chống sét dẫn điện trở	2,0
Đường dây kép không có dây chống sét	5,5
Đường dây kép có dây chống sét bằng thép	4,7
Đường dây kép có dây chống sét dẫn điện trở	3,0

Nếu tính toán sơ bộ cho các đường dây  $U \leq 220$  kV có thể lấy  $X_o \approx 3X_1$ ; các đường dây cáp  $R_o \approx 10R_1$ ,  $X_o \approx (3,5 + 4,6)X_1$ . Các đường dây điện cao áp cần tính toán  $R_o, X_o$  riêng biệt cho từng trường hợp.

## KHẢO SÁT CÁC SỰ CỐ MẠNG PHÂN PHỐI HÌNH TIA

Thông thường có hai loại tổ đấu dây ở trạm phân phối trung gian được quan tâm:  $\Delta - \Delta$  và  $\Delta - Y$  được biểu diễn trên H.8.1. Các tổ đấu dây máy biến áp khác có thể được thực hiện nhưng hai dạng trên là thông dụng nhất. Được kết nối với thanh cái tại phía hạ của trạm biến áp là đường dây phân phối 3 pha hình tia. Nếu nguồn được nối tam giác thì đường dây này có ba dây pha có kích cở luôn bằng nhau. Nếu đường dây được nối Y tại trạm biến áp thì trung tính gần như kéo dọc theo các dây pha, tạo thành 1 hệ thống nối Y bốn dây. Trong nhiều trường hợp dây trung tính có thể có một hay hai cõi dây nhỏ hơn các dây pha. Ngoài ra trung tính được nối đất ít nhất tại mọi máy biến áp phân phối và đôi khi tại mọi cột trong trường hợp hệ thống trung tính nối đất lặp lại. Tổng trở thứ tự không trong mạch nối đất lặp lại thì khó xác định và các kết quả thực nghiệm thì thường được sử dụng ước lượng tổng trở nối đất.



**Hình 8.1. Trạm trung gian và đường dây phân phối hình tia**

Các nhánh đường dây ở H.8.1 có thể là các nhánh 3 pha nhưng thường là 1 pha. Nếu được lấy ra từ nhánh có nguồn nối tam giác có thể chỉ có đường dây 3 pha hay 1 pha và tất cả các máy biến áp phân phối cung cấp điện áp dây - dây. Nếu các nhánh được bắt đầu từ nguồn sao có nối đất có thể có 2 pha, 3 pha, 1 pha 2 dây (1 dây+1 trung tính) với tất cả các tải thông thường có dây trung tính.

### 8.1. CÁC SỰ CỐ TRÊN ĐƯỜNG DÂY PHÂN PHỐI CHÍNH

Cho đường dây chính là một mạch 3 pha. Vì thế, các sự cố dọc theo đường dây chính có thể có trong bất kỳ bốn dạng ngắn mạch thông thường:

3 pha, 2 pha chạm đất, 1 pha chạm đất, 2 pha chạm nhau.

### Ngắn mạch 3 pha

Sự bố trí mạng thứ tự và các dòng khi ngắn mạch 3 pha đã cho. Sử dụng các tổng trở của hệ thống phân phôi (H.8.1) chúng ta tính :

$$Z_1 = Z_S + Z_T + Z_L \quad (\text{đvtđ}) \quad (8.1)$$

$$\text{Tổng trở cơ bản (}Z_{cb}\text{): } Z_{cb} = \frac{V_{cb-Ph}^2}{S_{cb-Ph}} = \frac{V_{cb-\text{dây}}^2}{S_{cb-3Ph}} \quad (8.2)$$

$$\text{Tổng trở } Z_L \text{ trong đơn vị tương đối là: } Z^* = \frac{Z_L}{Z_{cb}} \quad (\text{đvtđ}) \quad (8.3)$$

Tổng trở chạm  $Z_N$  cần được tính cho dòng chạm thường lấy điện trở chạm từ  $30-40\Omega$  cho điều kiện chạm bé nhất và  $0\Omega$  cho điều kiện chạm đất lớn nhất. Sử dụng công thức sau khi có giá trị lớn hơn:

$$Z_N = \begin{cases} 0 & \text{dòng chạm lớn nhất} \\ R_N/Z_{cb} \text{ (đvtđ)} & \text{dòng chạm bé nhất} \end{cases} \quad (8.4)$$

$R_N$  là điện trở chạm phát sinh hồ quang ( $\Omega$ ) và dòng chạm là:

$$I_a = \frac{V_N}{Z_1 + Z_N} = \frac{V_N}{Z_S + Z_T + Z_L + Z_N} \quad (8.5)$$

$V_N$  là điện áp tương đương Thevenin khi có sự cố, điện áp này không biết chính xác và thường được chọn trong khoảng 1,0 và 1,1 với giá trị 1,05 được xem là hợp lý. Gốc pha thường chọn là zero.

### Ngắn mạch 2 pha chạm đất

Đặt kí hiệu các pha bị chạm và sơ đồ kết nối mạng thứ tự cho chạm đất kép. Tổng trở thứ thuận và thứ tự nghịch bằng nhau các phần tử ngoại trừ máy phát.

Tổng trở thứ tự không  $Z_o$  rất khó xác định chính xác đối với hệ thống có trung tính nối đất lặp lại, nhưng thường lớn hơn tổng trở thứ thuận  $Z_L$ . Giả sử rằng  $Z_o$  được tính từ  $Z_L$  qua một hệ số nhân, chúng ta viết:

$$Z_{Lo} = k_o \cdot Z_L \quad (\text{đvtđ}) \quad (8.6)$$

Hệ số  $k_o$  phụ thuộc vào kích cỡ của dây trung tính so với dây pha, tổng trở đất và dòng phân chia giữa dây trung tính và đất. Nếu đất dẫn điện hoàn toàn thì có thể chọn hệ số  $k_o = 1,0$ . Nếu đất dẫn điện kém thì hệ số  $k_o$  phụ thuộc toàn bộ tổng trở dây trung tính. Hầu hết các trường hợp sẽ rơi vào giữa hai số hạng từ 1 đến 4,2; trong trường hợp như vậy thì  $k_o$  phải được ước tính. Phạm vi của  $k_o$  có thể xảy ra được cho ở bảng 8.1. **Chú ý rằng** phương trình chỉ cho giá trị biên độ của  $Z_{Lo}$ . Chúng ta thường giả thiết rằng  $Z_{Lo}$  và  $Z_L$  có cùng một góc tổng trở. Trong trường hợp tổng quát có thể chọn  $k_o = 4$ .

Bảng 8.1. Giá trị ước lượng của  $k_o$ 

$k_o$	Các điều kiện giữa đất và dây trung tính
1,0	Đất dẫn điện tốt
$3,8 + 4,2$	Tổng trở đất có hạn
4,0	Dây nối đất cùng cõi với dây pha
4,6	Dây nối đất 1 cõi nhỏ hơn dây pha
4,9	Dây nối đất 2 cõi nhỏ hơn dây pha

Sử dụng phương trình (8.6) cho tổng trở đường dây thứ tự không, chúng ta có thể viết tổng của tổng trở thứ tự không tới điểm chạm là:

$$Z_o = \begin{cases} \infty & \text{nguồn được nối } \Delta \\ Z_{Lo} + Z_T & \text{nguồn được nối } Y \end{cases} \quad (8.8)$$

Các tổng trở chạm  $Z_N$  và  $Z_G$  là được chọn tùy ý, hay dựa vào các dữ kiện từ các loại ngắn mạch tiêu biểu. Đặt  $Z_N = 0$  và  $Z_G$  được tính theo (8.4).

### Hai pha chạm nhau

Sử dụng kí hiệu 2 pha và sơ đồ kết nối các thành phần thứ tự cho trường hợp 2 pha chạm nhau. Tổng trở thứ thuận và thứ tự nghịch thường được xem là bằng nhau, và lấy giá trị ở (8.4). Tổng trở chạm đất được tính như (8.4).

### Chạm đất 1 pha

Sử dụng dạng chạm đất 1 pha và các sơ đồ kết nối thành phần thứ tự. Ở đây các tổng trở thứ tự được tính như ở (8.7).

### Tóm tắt các sự cố trên đường dây chính

Sử dụng các phương trình đã cho được trình bày trước đó cho các loại sự cố khác nhau và xây dựng bảng các công thức tính dòng chạm trên đường dây chính. Chúng ta chỉ quan tâm đến việc xác định các giá trị dòng chạm cực đại và cực tiểu,... các giá trị này tương ứng lần lượt với các điều kiện cực đại và cực tiểu. Bởi vì các sự cố 2 pha chạm đất luôn nằm giữa các giá trị cực đại và cực tiểu, nó được bỏ qua không tính trong bảng.

Bảng 8.2. Các dòng chạm trên đường dây cung cấp hạ áp hình tia.

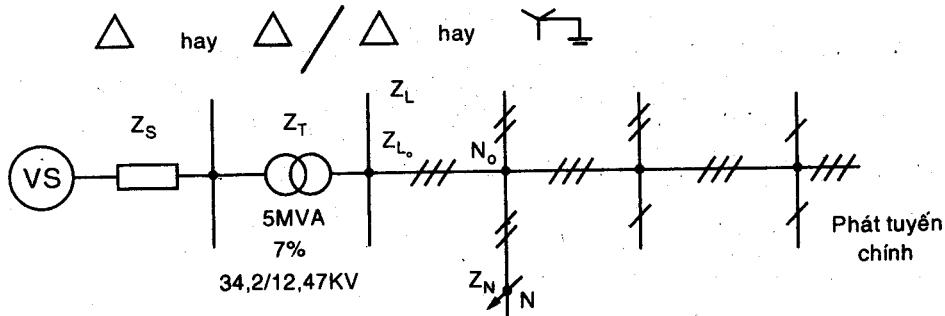
Loại ngắn mạch	Phương trình dòng ngắn mạch	Kiểu đấu dây của MBA
Ngắn mạch 3 pha	$I_a = \frac{V_N}{Z_S + Z_T + Z_L + Z_N}$	Đấu $\Delta$ hay Y
Ngắn mạch 2 pha	$I_b = -I_c = \frac{-j\sqrt{3}V_N}{2(Z_S + Z_T + Z_L) + Z_N}$	$\Delta$ hay Y nối đất
Một pha chạm đất	$I_a = 0$	$\Delta$
Một pha chạm đất	$I_a = \frac{3V_N}{2Z_S + 3Z_T + (2+k_o)Z_L + 3Z_N}$	Y nối đất

Bảng 8.2 tóm tắt các kết quả trước đó: ngắn mạch 3 pha, ngắn mạch 2 pha và 1 pha chạm đất. Thông thường 3 pha chạm nhau có giá trị lớn nhất, tuy nhiên chạm đất 1 pha với  $Z_S = Z_N = 0$  và  $k_o = 1$  thì có cùng biên độ với dòng chạm 3 pha. Các trường hợp này thỉnh thoảng xảy ra.

Nếu trạm phân phối trung gian được cung cấp từ hệ thống rất lớn thì  $Z_S$  sẽ nhỏ. Một giả thiết thông thường, khi các dữ kiện của hệ thống có sẵn không chính xác thì đặt  $Z_S = 0$  nó tương ứng với 1 hệ thống vô cùng lớn: Đây là một giả thiết hợp lý nếu trạm biến áp trung gian nhỏ cho tổng trở  $Z_T$  rất lớn bất chấp công suất của hệ thống.

## 8.2. CÁC SỰ CỐ TRÊN ĐƯỜNG DÂY NHÁNH

Các sự cố trên các nhánh đường dây dễ dàng tính bằng cách xem nhánh rẽ đường dây như là một phần của tổng trở chạm  $Z_N$  (hay  $Z_G$ ) có vị trí chạm trên phát tuyến chính. Khái niệm này được minh họa bởi (H.8.2) mà tổng trở chạm giống như tổng trở nhánh rẽ đường dây. Bởi vì nhánh đường dây thường là 1 pha hay hai pha, các sự cố trên nhánh rẽ là sự cố không cân bằng chạm đất một pha hay ngắn mạch giữa 2 pha.



Hình 8.2. Sự cố trên nhánh đường dây

Đối với 4 trường hợp thông thường ( $N^2$ ;  $N^1$ ;  $N^{1,1}$ ) nhánh đường dây 1 pha không nối đất chỉ có thể sự cố 2 pha chạm nhau. Một hệ thống trung tính nối đất tại một điểm có thể ngắn mạch 1 pha-trung tính, trong trường hợp này  $Z_N$  phụ thuộc vào dây trung tính cùng kích cỡ với dây pha hay nhỏ hơn. Các giá trị đối với trường hợp kích cỡ nhỏ hơn là giá trị trung bình. (H.8.3) giới thiệu các trường hợp ngắn mạch khác nhau trên đường dây nhánh.

a) *Ngắn mạch 2 pha:*

$$Z_N = R_{hq} + 2Z_{nh} \quad (8.8)$$

$R_{hq}$  - điện trở chạm hồ quang;  $Z_{nh}$  - tổng trở thay thế nhánh rẽ đường dây

b) *Chạm đất 1 pha:*  $Z_N = R_{hq} + (1+k_n)Z_{nh} \quad (8.9)$

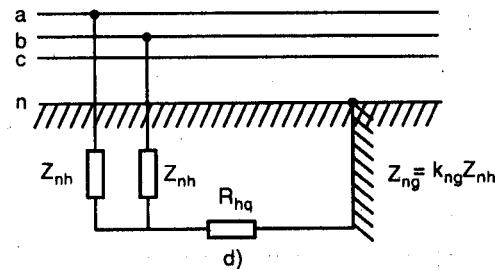
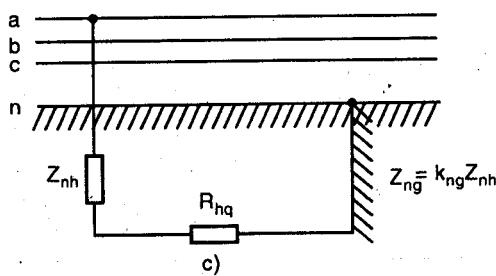
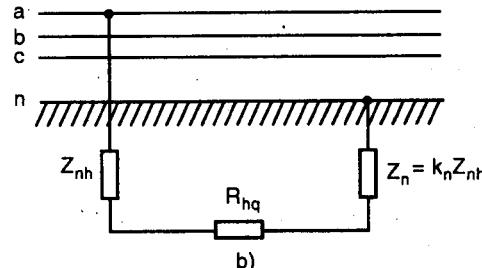
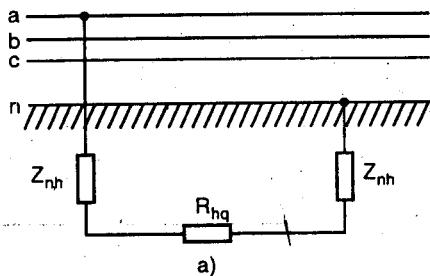
$$= R_{hq} + \left\{ \begin{array}{l} 2,0 \text{ trung tính cùng cỡ} \\ 2,3 \text{ trung tính một cỡ} \\ 2,6 \text{ trung tính hai cỡ} \end{array} \right\} Z_{nh}$$

c) *Chạm đất một pha với trung tính nối đất đắp lại:*

$$Z_N = R_{hq} + (1 + k_{ng})Z_{nh} = R_{hq} + k_o Z_{nh} / 3. \quad (8.10)$$

d) *Sự cố 2 pha chạm đất:*

$$Z_N = Z_{nh}; \quad Z_G = R_{hq} + (k_o/3 + 1)Z_{nh} \quad (8.11)$$



**Hình 8.3. Các dạng sự cố trên đường dây nhánh**

a) *Ngắn mạch 2 pha: - mạch 2 pha;* b) *Ngắn mạch 1 pha - nối đất một điểm*

c) *Ngắn mạch 1 pha - nối đất lặp lại;* d) *Ngắn mạch 2 pha - chạm đất*

Tổng trở chạm của đường dây có trung tính nối đất lặp lại phụ thuộc vào tổng trở nối đất. Nhánh đường dây 1 pha chỉ có thể xảy ra là chạm đất một pha, trong trường hợp này tổng trở chạm được tính theo  $Z_o$  và phụ thuộc vào  $k_o$  được cho ở bảng. Nếu hệ thống 2 pha, sao hở thì có sự cố 2 pha chạm đất với  $Z_N = Z_L$  của nhánh và  $Z_G$  là tổng trở dây trung tính đất.

Do chỉ có giá trị sự cố cực đại và sự cố cực tiểu được yêu cầu, cho nên chỉ tính cho sự cố một pha chạm đất và 2 pha chạm nhau trên các nhánh. Một điện trở chạm thích hợp có thể bao gồm một phần của  $Z_N$  hoặc một phần của  $Z_G$  trong điều kiện tính toán cực tiểu. Do không xác định được sự cố dây dây hay sự cố một dây chạm đất nhỏ hơn cho nên cả hai phải được kiểm tra với điều kiện không có  $Z_N$  ( $R_{hq} = 0$ ).

**Ví dụ 8.1.** Tính các dòng chạm cực đại và cực tiểu tại cuối đường dây nhánh rẽ 2 pha mang điện được biểu diễn ở (H.8.2). Giá thiết điện trở chạm trong điều kiện cực tiểu là  $30 \Omega$ . Các đại lượng cơ bản là:  $5MVA$  và  $12,47kV$

$$Z_S = 0,0083 + j0,0403 \text{ (dvtđ)}$$

$$Z_T = j0,07; Z_L = 0,108 + j101 \text{ (đvtđ)}$$

$$Z_{Lo} = 0,4322 + j0,403 \text{ (đvtđ)}$$

Cho các điều kiện sự cố cực đại và cự tiếu của phát tuyến chính (tối điểm  $N_0$ ) đã biết rồi. Tính dòng chạm cực đại tại cuối nhánh rẽ. Cho tổng trở của nhánh rẽ là:  $Z_{nh} = 4,005 + j2,58\Omega$

**Giải:** Đổi sang hệ đơn vị tương đối tổng trở nhánh rẽ:

$$(S_{cb} = 5\text{MVA}; U_{cb} = 12,47\text{kV}): Z_{nh} = 0,129 + j0,083 \text{ (đvtđ)}$$

Tổng trở thứ tự tại điểm chạm  $N_0$  được tính như sau:

$$Z_1 = Z_2 = Z_S + Z_T + Z_L; Z_0 = Z_T + Z_{Lo}$$

Khi chạm đất một pha: để tiện lợi trong việc tìm dòng chạm đất một pha, chúng ta xác định (Bảng 8.2):

$$Z_{012} = Z_1 + Z_2 + Z_0 = 2Z_S + 3Z_T + (2+k_0)Z_L$$

$$= 2(0,1163 + j0,2113) + (0,432 + j0,403) = 0,6648 + j0,8593 \text{ (đvtđ)}$$

với điện trở chạm giả sử là  $30\Omega$  thì điện trở phát sinh hồ quang là:

$$R_{hq} = 30\Omega = 0,956 \text{ (đvtđ)}$$

$$Z_N = R_{hq} + k_0 Z_{nh}/3 = \begin{cases} 0,1717 + j0,117 & \text{(đvtđ)} \\ 1,1363 + j0,117 & \text{(đvtđ)} \end{cases} \text{ khi: } \begin{cases} R_{hq} = 0 \\ R_{hq} = 30\Omega \end{cases}$$

Khi sự cố 1 pha chạm đất, có thể viết:

$$Z_\Sigma = Z_{012} + 3Z_N = 0,6648 + j0,8953 + 3 \left\{ \begin{pmatrix} 0,1717 \\ 1,363 \end{pmatrix} + j0,1107 \right\}$$

$$= \begin{Bmatrix} 1,1799 \\ 4,0738 \end{Bmatrix} + j1,2275 \text{ với } R_{hq} = \begin{Bmatrix} 0\Omega \\ 30\Omega \end{Bmatrix}$$

$$|I_a| = \frac{V_N}{Z_\Sigma} = \begin{Bmatrix} 0,5873 \\ 0,2350 \end{Bmatrix} \text{ (đvtđ)} = \begin{Bmatrix} 135,97 \\ 54,41 \end{Bmatrix} \text{ (A) khi } R_{hq} = \begin{Bmatrix} 0\Omega \\ 30\Omega \end{Bmatrix}$$

Khi ngắn mạch hai pha. Ta có:

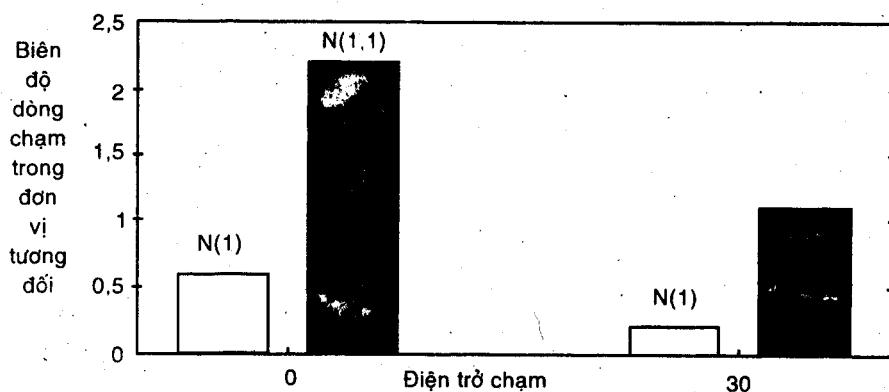
$$Z_N = R_{hq} + 2Z_{nh} = \begin{pmatrix} 0,2576 \\ 1,2222 \end{pmatrix} + j0,1661 \text{ (đvtđ)}$$

Tổng trở tương đương là:

$$Z_\Sigma = \frac{Z_1 + Z_2 + Z_N}{\sqrt{3}} =$$

$$= \frac{2(0,0083 + j0,0403 + j0,07 + j0,108 + j0,101) + \begin{pmatrix} 0,2576 \\ 1,2222 \end{pmatrix} + j0,1661}{\sqrt{3}}$$

$$= \begin{pmatrix} 0,2830 \\ 0,8399 \end{pmatrix} + j0,3396 \text{ (đvtđ)} \text{ khi } R_{hq} = \begin{pmatrix} 0W \\ 30W \end{pmatrix}$$



**Hình 8.4. So sánh ngắn mạch ở cuối đường dây nhánh khi điện trở chạm thay đổi**

Chú ý rằng điện trở chạm trong ví dụ này tạo ra một sự sai khác rất lớn trong kết quả của tổng trở tương đương

Suy ra dòng chạm là:

$$|I_N| = \frac{V_N}{Z_{\Sigma}} = \begin{pmatrix} 2.2619 \\ 1.1037 \end{pmatrix} \text{ (đvtđ)} = \begin{pmatrix} 523,6 \\ 225,2 \end{pmatrix} \text{ (A)} \text{ khi } R_{hq} = \begin{pmatrix} 0\Omega \\ 30\Omega \end{pmatrix}$$

Nhận xét khi sự cố ở cuối đường dây nhánh trong cả hai trường hợp  $R_{hq}$  thì dòng ngắn mạch 2 pha cực đại và dòng chạm đất 1 pha cực tiểu.

# TÍNH TOÁN NGĂN MẠCH TRÊN ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

## 9.1. HỆ THỐNG TƯƠNG ĐƯƠNG TRONG HỆ THỐNG BẢO VỆ

Khảo sát bảo vệ một đường dây truyền tải hay phần tử nào trong hệ thống điện lớn. Mạng điện mà phần tử kết nối nỗi mạng tích cực chứa nguồn cũng như các nhánh song song, tụ, kháng... Trong trường hợp mạng lớn số phương trình mô tả mạng điện tương đương với số cửa mạch ngoài của phần tử. Trong nhiều trường hợp yêu cầu biết thông tin bất kỳ điểm nút nào của mạng và cần phải giải số lượng lớn phương trình mô phỏng hệ thống.

Đối với kỹ sư bảo vệ thường cho qua phản ánh hưởng của hệ thống lên phần tử cần bảo vệ nên cần đơn giản sơ đồ mạng thay thế đơn giản hơn để tính toán cho các phần tử bảo vệ rơ le. Chúng ta sẽ khảo sát phần tử bảo vệ là đường dây truyền tải, hay máy biến áp trong nhánh nào đó mà nối giữa 2 nút trong hệ thống.

Xét đường dây truyền tải như một thành phần trong hệ thống điện cần tính toán bảo vệ. Hệ thống mà đường dây được kết nối vào bao gồm nguồn, các nhánh song song, tải, các tụ bù, cuộn kháng. Tuy nhiên để thực hiện tính toán cho đường dây cần bảo vệ, hệ thống được đưa về dạng đơn giản như H.9.1:

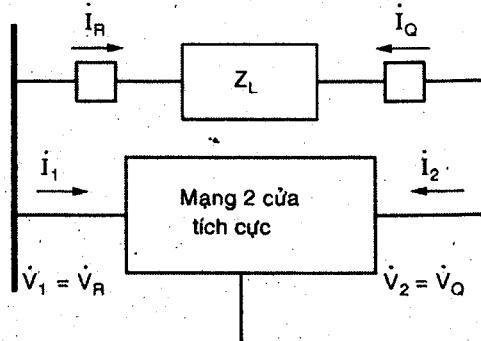
Các rơ le R và Q được sử dụng để bảo vệ đường dây nhận các tín hiệu dòng và áp ở hai đầu đường dây cần bảo vệ.

### Ma trận tổng trở mạng hở

H.9.1 được biểu diễn dưới dạng biểu thức mạng 2 cửa mạch hở như sau:

$$\begin{bmatrix} \dot{V}_1 \\ \dot{V}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{Z}_{11} & \dot{Z}_{12} \\ \dot{Z}_{21} & \dot{Z}_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{I}_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \dot{V}_{S1} \\ \dot{V}_{S2} \end{bmatrix}; \quad [\dot{V}] = [\dot{Z}][\dot{I}] + [\dot{V}_S] \quad (9.1)$$

Ma trận tổng trở  $[Z]$  được gọi là thông số mạng hở. Các vectơ điện áp  $V_{S1}$  và  $V_{S2}$  trong (9.1) là vectơ điện áp nguồn, biểu diễn cho ảnh hưởng của



Hình 9.1. Đường dây được bảo vệ trong hệ thống.

nguồn trong hệ thống. Xem xét sơ đồ tương đương của hệ thống với đường dây cần bảo vệ được gở ra.  $\dot{V}_1$  và  $\dot{V}_2$  là điện áp của các nút 1 và 2 so với nút tham chiếu (nút gốc). Các dòng điện  $\dot{I}_1$  và  $\dot{I}_2$  là các dòng điện đổ vào hệ thống. Khi cả hai cửa đều mở:

$$\begin{bmatrix} \dot{V}_1 \\ \dot{V}_2 \end{bmatrix} \Big|_{I_1=I_2=0} = \begin{bmatrix} \dot{V}_{S1} \\ \dot{V}_{S2} \end{bmatrix} \quad (9.2)$$

Biểu thức trên thể hiện các giá trị  $\dot{V}_{S1}$  và  $\dot{V}_{S2}$  chính là các giá trị điện áp tại các cửa 1 và 2 khi đường dây được tháo bỏ. Các giá trị này là do ảnh hưởng của các nguồn trong hệ thống. Đây là các giá trị điện áp Thevenin tương đương. Các giá trị trên được xác định từ bài toán phân bổ công suất trong hệ thống khi tháo phần tử bảo vệ khỏi hệ thống. Trong trường hợp không có các nguồn trong hệ thống (nối tắt nguồn áp và hở mạch nguồn dòng), khi đó:  $\dot{V}_{S1} = \dot{V}_{S2} = 0$  (9.3)

và các giá trị của ma trận tổng trở được xác định như sau:

$$\dot{Z}_{11} = \left. \frac{\dot{V}_1}{\dot{I}_1} \right|_{I_2=0} \quad (9.4)$$

$$\dot{Z}_{12} = \left. \frac{\dot{V}_1}{\dot{I}_2} \right|_{I_1=0} \quad (9.5)$$

$$\dot{Z}_{21} = \left. \frac{\dot{V}_2}{\dot{I}_1} \right|_{I_2=0} \quad (9.6)$$

$$\dot{Z}_{22} = \left. \frac{\dot{V}_2}{\dot{I}_2} \right|_{I_1=0} \quad (9.7)$$

#### Xác định các thông số của mạng hai cửa

Thông số mạng 2 cửa được xác định từ các phương trình mô tả mạng điện. Các phương trình này có thể là dạng tổng trở hay tổng dẫn. Do hệ thống điện thực tế có nhiều nút, nhiều nhánh nên số lượng phương trình rất lớn và giải hệ phương trình cần sự hỗ trợ của máy tính. Một trong những phương pháp giải được sử dụng rộng rãi là dùng ma trận tổng dẫn.

Các phương trình mô tả mạng điện dưới dạng ma trận tổng trở được viết:

$$\begin{bmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{I}_2 \\ \vdots \\ \dot{I}_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{Y}_{11} & \dot{Y}_{12} & \cdots & \dot{Y}_{1n} \\ \dot{Y}_{21} & \dot{Y}_{22} & \cdots & \dot{Y}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \dot{Y}_{n1} & \dot{Y}_{n2} & \cdots & \dot{Y}_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{V}_1 \\ \dot{V}_2 \\ \vdots \\ \dot{V}_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \dot{I}_{s_1} \\ \dot{I}_{s_2} \\ \vdots \\ \dot{I}_{s_n} \end{bmatrix} \quad (9.8)$$

Trong có cột nguồn dòng điện bên phải tương trưng tất cả nguồn bên trong mạng chảy vào các nút khi tất cả các mút bị nối tắt (cho tất cả các điện thế bằng không). Cột dòng điện bên trái là các dòng bơm vào mỗi cửa. Tất cả các điện thế là điện thế giáng từ nút đó đến mút chuẩn. Vì chúng ta chỉ quan tâm đến nút 1 (cửa số 1) và nút số 2 (cửa số 2) cho tất cả các dòng khác bằng không và không có liên kết bên ngoài mạng tại các nút này.

Dùng các phương pháp toán học biến đổi và rút gọn hệ phương trình (9.8) về dạng:

$$\begin{bmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{I}_2 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{Y}_{11} & \dot{Y}_{12} & \dot{Y}_{13} & \cdots & \dot{Y}_{1n} \\ \dot{Y}_{21} & \dot{Y}_{22} & \dot{Y}_{23} & \cdots & \dot{Y}_{2n} \\ \dot{Y}_{31} & \dot{Y}_{32} & \dot{Y}_{33} & \cdots & \dot{Y}_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \dot{Y}_{n1} & \dot{Y}_{n2} & \dot{Y}_{n3} & \cdots & \dot{Y}_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{V}_1 \\ \dot{V}_2 \\ \dot{V}_3 \\ \vdots \\ \dot{V}_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \dot{I}_{s_1} \\ \dot{I}_{s_2} \\ \dot{I}_{s_3} \\ \vdots \\ \dot{I}_{s_n} \end{bmatrix} \quad (9.9)$$

hay viết dưới dạng nhóm ma trận

$$\begin{bmatrix} I \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_a & Y_b \\ Y_c & Y_d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_a \\ V_b \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} I_{s_a} \\ I_{s_b} \end{bmatrix} \quad (9.10)$$

Tìm dòng vào 2 nút 1 và 2 bằng cách giải phương trình thứ hai của (9.10) để tìm  $V_b$  và thay thế  $V_b$  này vào phương trình thứ nhất:

$$[I] = \begin{bmatrix} \dot{I}_1 \\ \dot{I}_2 \end{bmatrix} = \left( [Y_a] - [Y_b][Y_d]^{-1}[Y_c] \right) [V_a] + \left( [I_{s_a}] - [Y_d]^{-1}[I_{s_b}] \right) = \begin{bmatrix} \hat{Y} \\ \hat{I}_{s_a} \end{bmatrix} \quad (9.11)$$

với:  $[I]$  - vectơ dòng điện mạng 2 cửa;  $[V_a]$  - vectơ điện thế mạng 2 cửa

Phương trình mạng 2 cửa (9.11) có dạng tổng dẫn, nhưng nó có thể được giải để tìm điện thế trong hệ phương trình dưới dạng tổng trừ giống như (9.1). Lưu ý việc thực hiện biến đổi được thực hiện cho bất kỳ mạng nào miễn các phần tử của mạng điện là tuyến tính. Kết quả là hệ thống điện được biểu diễn đơn giản bằng thông số tổng trừ mạch hở được tìm bởi (9.4) và (9.7).

Thông số tổng trừ mạng hai cửa của bất kỳ mạng nào có thể tìm từ (9.11). Khi cho nguồn bằng không mà không ảnh hưởng đến các đại lượng của ma trận, đưa đến ma trận được rút gọn. Điều đó có nghĩa là dòng bơm

vào các nút bằng không ngoại trừ hai nút đang khảo sát. Lúc đó ma trận tương đương mạng 2 cửa là (từ 9.11).

$$[Y_2] = \left( [Y_a] - [Y_b][Y_d]^{-1}[Y_c] \right) \quad (9.12)$$

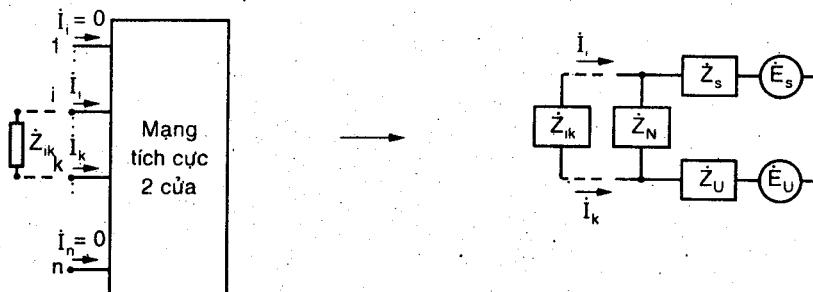
Một dạng khác, chúng ta mô tả mạng điện bằng ma trận tổng trớ, để đơn giản bỏ qua nguồn điện thế:

$$\begin{pmatrix} V_1 \\ V_i \\ V_k \\ V_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Z_{11} & Z_{1i} & \dots & Z_{1k} & \dots & Z_{1n} \\ Z_{i1} & Z_{ii} & Z_{ik} & \dots & Z_{in} \\ Z_{k1} & Z_{ki} & Z_{kk} & Z_{kn} & \dots & \\ Z_{n1} & Z_{ni} & Z_{nk} & Z_{nn} & \dots & \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_1 \\ I_i \\ I_k \\ I_n \end{pmatrix} \quad (9.13)$$

Giả sử rằng nhánh được khảo sát nối với nút  $i$  và  $k$ , dòng điện bơm vào mạng là những dòng chảy ra mỗi đầu nhánh. Các dòng này ký hiệu là  $I_i$  và  $I_k$  ở (H.9.1). Tất cả các dòng khác bằng không. Nếu chúng ta biến đổi thay thế tất cả các dòng của (9.13) bằng không ngoại trừ dòng  $I_i$  và  $I_k$  thì (9.13)

có dạng đơn giản:  $\begin{pmatrix} V_i \\ V_k \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Z_{ii} & Z_{ik} \\ Z_{ki} & Z_{kk} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_i \\ I_k \end{pmatrix} \quad (9.14)$

Mạng điện biểu diễn cho ở (H.9.2).



**Hình 9.2. Thông số mạng điện 2 cửa tương đương**

Nếu chọn nút  $i, k$  là 1 và 2 thì:

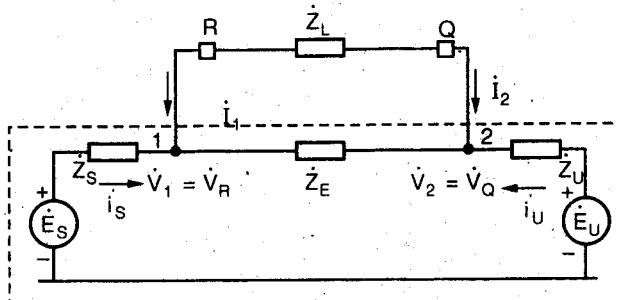
$$\begin{pmatrix} V_1 \\ V_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_1 \\ I_2 \end{pmatrix} \quad (9.15)$$

Lưu ý rằng ma trận (9.15) được xác định khi nhánh khảo sát bảo vệ được tháo ra khỏi mạng.

Vì chương trình tính toán ngắn mạch sẽ dễ dàng hơn khi tính dưới dạng ma trận tổng trớ nên thông số mạng 2 cửa được trình bày dưới dạng tổng trớ.

### Sơ đồ tương đương 2 cửa của hệ thống

Sơ đồ tương đương được cho trong H.9.3:



Hình 9.3. Sơ đồ tương đương hai cửa

Xác định các thông số như sau:

Xem xét khi đường dây không được nối với hệ thống:

$$\dot{I} = \frac{\dot{E}_S - \dot{E}_U}{\dot{Z}_S + \dot{Z}_E + \dot{Z}_U} = \frac{\dot{E}_S - \dot{E}_U}{\dot{Z}_T}$$

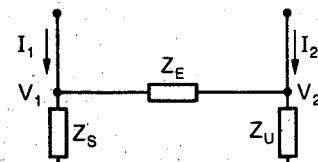
với:  $\dot{Z}_T = \dot{Z}_S + \dot{Z}_E + \dot{Z}_U$

Điện áp tại các nút 1 (R) và nút 2 (Q) như sau:

$$\begin{bmatrix} \dot{V}_1 \\ \dot{V}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{V}_R \\ \dot{V}_Q \end{bmatrix} = \frac{1}{\dot{Z}_T} \begin{bmatrix} \dot{Z}_E + \dot{Z}_U & \dot{Z}_S \\ \dot{Z}_U & \dot{Z}_S + \dot{Z}_E \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{E}_S \\ \dot{E}_U \end{bmatrix} \quad (9.16)$$

Xem xét sơ đồ (H.9.4). Nếu đổ vào dòng  $\dot{I}_1 = 1$  đơn vị và  $\dot{I}_2 = 0$ , ta có:

$$\dot{Z}_{11} = \left. \frac{\dot{V}_1}{\dot{I}_1} \right|_{\dot{I}_2=0} = \frac{\dot{Z}_S(\dot{Z}_U + \dot{Z}_E)}{\dot{Z}_T}$$



Hình 9.4. Tương đương mạch hở

$$\dot{Z}_{21} = \left. \frac{\dot{V}_2}{\dot{I}_1} \right|_{\dot{I}_2=0} = \frac{\dot{Z}_S \dot{Z}_U}{\dot{Z}_T}$$

Nếu đổ vào dòng  $\dot{I}_2 = 1$  đơn vị và  $\dot{I}_1 = 0$ , ta có:

$$\dot{Z}_{12} = \left. \frac{\dot{V}_1}{\dot{I}_2} \right|_{\dot{I}_1=0} = \frac{\dot{Z}_S \dot{Z}_U}{\dot{Z}_T}; \quad \dot{Z}_{22} = \left. \frac{\dot{V}_2}{\dot{I}_2} \right|_{\dot{I}_1=0} = \frac{\dot{Z}_U(\dot{Z}_S + \dot{Z}_E)}{\dot{Z}_T}$$

Giải các phương trình ta được:

$$\dot{Z}_S = \frac{\dot{Z}_{11}\dot{Z}_{22} - \dot{Z}_{12}\dot{Z}_{21}}{\dot{Z}_{22} - \dot{Z}_{12}} \quad (9.17)$$

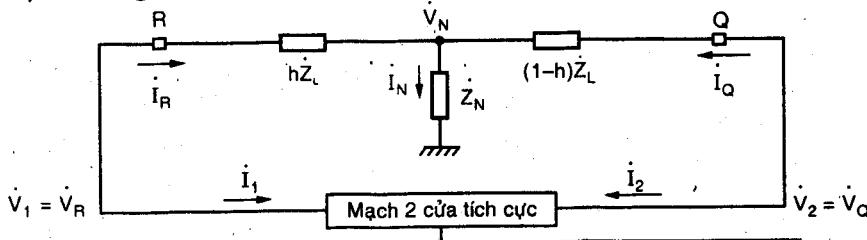
$$\dot{Z}_U = \frac{\dot{Z}_{11}\dot{Z}_{22} - \dot{Z}_{12}\dot{Z}_{21}}{\dot{Z}_{11} - \dot{Z}_{12}} \quad (9.18)$$

$$\dot{Z}_E = \frac{\dot{Z}_{11}\dot{Z}_{22} - \dot{Z}_{12}\dot{Z}_{21}}{\dot{Z}_{12}} = \frac{\dot{Z}_{11}\dot{Z}_{22} - \dot{Z}_{12}\dot{Z}_{21}}{\dot{Z}_{21}} \quad (9.19)$$

Xác định các nguồn  $E_S$  và  $E_U$  từ:

$$\begin{bmatrix} \dot{E}_S \\ \dot{E}_U \end{bmatrix} = \frac{1}{\dot{Z}_E} \begin{bmatrix} \dot{Z}_S + \dot{Z}_E & \dot{Z}_S \\ \dot{Z}_U & \dot{Z}_U + \dot{Z}_E \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{V}_R \\ \dot{V}_Q \end{bmatrix} \quad (9.20)$$

Mạch tương đương đường dây khi ngắn mạch qua điện trở chمام  $Z_N$ :



Hình 9.5. Mạng hai cửa đường dây sự cố

Hình 9.5 là mạng thứ tự thuận khi đường dây sự cố qua điện trở chمام trung gian  $Z_N$  được dùng để tính ngắn mạch 3 pha. Sơ đồ thứ tự nghịch và zero cũng có thể được thành lập cho ngắn mạch bất đối xứng,  $h$  là khoảng cách từ vị trí ròle đến điểm ngắn mạch  $N$  (h tính trong đơn vị tương đối  $0+1$ ).

Từ sơ đồ:  $\dot{I}_R = -\dot{I}_1 = \frac{\dot{V}_1 - \dot{V}_N}{h\dot{Z}_L} \quad (9.21)$

$$\dot{I}_Q = -\dot{I}_2 = \frac{\dot{V}_2 - \dot{V}_N}{(1-h)\dot{Z}_L} \quad (9.22)$$

$$\dot{I}_N = \frac{\dot{V}_N}{\dot{Z}_N} \quad (9.23)$$

Thay thế các giá trị này vào phương trình trên:

$$\begin{bmatrix} \dot{V}_{S1} \\ \dot{V}_{S2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (\dot{Z}_{11} + h\dot{Z}_L + \dot{Z}_N) & (\dot{Z}_{12} + \dot{Z}_N) \\ (\dot{Z}_{21} + \dot{Z}_N) & (\dot{Z}_{22} + (1-h)\dot{Z}_L + \dot{Z}_N) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{I}_R \\ \dot{I}_Q \end{bmatrix} \quad (9.24)$$

Giải phương trình tìm dòng điện ở mỗi đầu đường dây:

$$\begin{bmatrix} \dot{I}_R \\ \dot{I}_Q \end{bmatrix} = \frac{1}{\dot{Z}_\Delta^2} \begin{bmatrix} (\dot{Z}_{22} + (1-h)\dot{Z}_L + \dot{Z}_N) & (\dot{Z}_{12} + \dot{Z}_N) \\ (\dot{Z}_{21} + \dot{Z}_N) & (\dot{Z}_{11} + h\dot{Z}_L + \dot{Z}_N) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{V}_{S1} \\ \dot{V}_{S2} \end{bmatrix} \quad (9.25)$$

với:  $\dot{Z}_\Delta^2 = (\dot{Z}_{11} + h\dot{Z}_L + \dot{Z}_N)(\dot{Z}_{22} + (1-h)\dot{Z}_L + \dot{Z}_N) - (\dot{Z}_{12} + \dot{Z}_N)(\dot{Z}_{21} + \dot{Z}_N)$

Giá trị dòng điện rơ le  $I_R, I_Q$  theo điện thế nguồn hai cửa hở mạch. Tuy nhiên nếu muốn kết quả biểu diễn theo điện thế mạch tương đương, lúc đó:

$$\begin{bmatrix} \dot{I}_R \\ \dot{I}_Q \end{bmatrix} = \frac{\dot{Z}_L + \dot{Z}_E}{\dot{F}_1 \dot{F}_3 - \dot{F}_2^2} \begin{bmatrix} (1-h)\dot{Z}_L(\dot{F}_2 - \dot{F}_3) + \dot{Z}_E \dot{F}_3 & -(1-h)\dot{Z}_L(\dot{F}_2 - \dot{F}_1) + \dot{Z}_E \dot{F}_2 \\ -h\dot{Z}_L(\dot{F}_2 - \dot{F}_3) + \dot{Z}_E \dot{F}_2 & h\dot{Z}_L(\dot{F}_1 - \dot{F}_2) + \dot{Z}_E \dot{F}_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{E}_S \\ \dot{E}_U \end{bmatrix}$$

với:  $\dot{F}_1 = (\dot{Z}_S + h\dot{Z}_L + \dot{Z}_N)(\dot{Z}_L + \dot{Z}_E) - (h\dot{Z}_L)^2 \quad (9.26)$

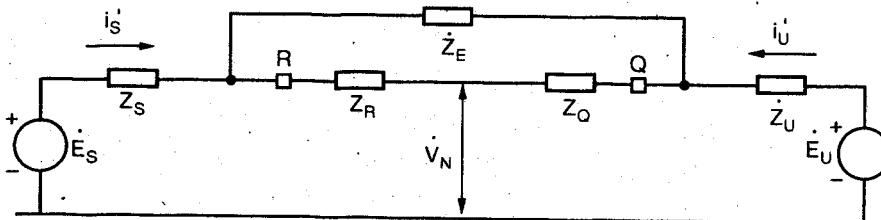
$$\dot{F}_2 = \dot{Z}_N(\dot{Z}_L + \dot{Z}_E) - h(1-h)\dot{Z}_L^2 \quad (9.27)$$

$$\dot{F}_3 = [\dot{Z}_U + (1-h)\dot{Z}_L + \dot{Z}_N](\dot{Z}_L + \dot{Z}_E) - (1-h)^2\dot{Z}_L^2 \quad (9.28)$$

## 9.2. PHÂN TÍCH SỰ CỐ

### Trước lúc sự cố

Sơ đồ tương đương trước lúc sự cố được vẽ ở H.9.6.



Hình 9.6. Hệ thống trước lúc sự cố

Các giá trị dòng và áp như sau:

$$\dot{I}_S = \frac{\dot{Z}_k(\dot{E}_S - \dot{E}_U)}{\dot{Z}_k(\dot{Z}_S + \dot{Z}_U) + \dot{Z}_E(\dot{Z}_R + \dot{Z}_Q)} = \frac{(\dot{Z}_R + \dot{Z}_Q)(\dot{E}_S - \dot{E}_U)}{\dot{Z}_k(\dot{Z}_S + \dot{Z}_U) + \dot{Z}_E(\dot{Z}_R + \dot{Z}_Q)} \quad (9.29)$$

$$\dot{I}_U = -\dot{I}_S \quad (9.30)$$

với:  $\dot{Z}_k = \dot{Z}_R + \dot{Z}_Q + \dot{Z}_E$

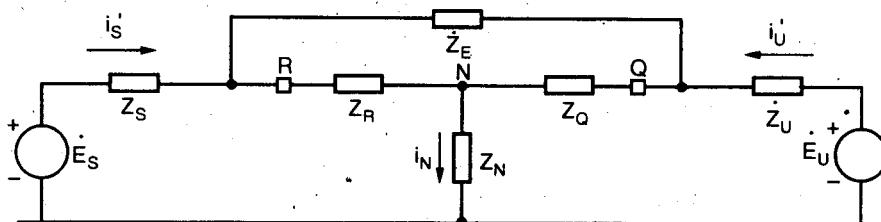
Điện áp tại N trước lúc sự cố:

$$\dot{V}_N = \frac{(\dot{Z}_k \dot{Z}_U + \dot{Z}_Q \dot{Z}_E) \dot{E}_S + (\dot{Z}_k \dot{Z}_S + \dot{Z}_R \dot{Z}_E) \dot{E}_U}{\dot{Z}_k(\dot{Z}_S + \dot{Z}_U) + \dot{Z}_E(\dot{Z}_R + \dot{Z}_Q)} \quad (9.31)$$

$$\dot{I}_N = 0 \quad (9.32)$$

## Khi có sự cố

Khi có sự cố xuất hiện tại điểm N với điện trở sự cố là  $Z_N$  như được biểu diễn trong (H.9.7).



Hình 9.7. Hệ thống sự cố qua điện trở  $Z_N$ .

Các biểu thức dòng và áp như sau:

$$\dot{I}_S = \frac{[\dot{Z}_k(\dot{Z}_U + \dot{Z}_N) + \dot{Z}_Q(\dot{Z}_R + \dot{Z}_E)]\dot{E}_S - (\dot{Z}_k \dot{Z}_N + \dot{Z}_R \dot{Z}_Q)\dot{E}_U}{Msô} \quad (9.33)$$

$$\dot{I}_U = \frac{[\dot{Z}_k(\dot{Z}_S + \dot{Z}_N) + \dot{Z}_Q(\dot{Z}_R + \dot{Z}_E)]\dot{E}_U - (\dot{Z}_k \dot{Z}_N + \dot{Z}_R \dot{Z}_Q)\dot{E}_S}{Msô} \quad (9.34)$$

$$\dot{I}_N = \dot{I}_S = \dot{I}_U = \frac{(\dot{Z}_k \dot{Z}_U + \dot{Z}_Q \dot{Z}_R)\dot{E}_S + (\dot{Z}_k \dot{Z}_S + \dot{Z}_R \dot{Z}_E)\dot{E}_U}{Msô} \quad (9.35)$$

$$\dot{V}_N = \dot{Z}_N \dot{I}_N$$

với:

$$Msô = \frac{(\dot{Z}_k \dot{Z}_N + \dot{Z}_R \dot{Z}_Q)(\dot{Z}_k(\dot{Z}_S + \dot{Z}_U) + \dot{Z}_E(\dot{Z}_R + \dot{Z}_Q)) + (\dot{Z}_k \dot{Z}_S + \dot{Z}_R \dot{Z}_E)(\dot{Z}_k \dot{Z}_U + \dot{Z}_Q \dot{Z}_E)}{\dot{Z}_k}$$

Để đơn giản, đặt:  $\dot{Z}_{KS}^2 = \dot{Z}_k \dot{Z}_S + \dot{Z}_R \dot{Z}_E$ ;  $\dot{Z}_{KU}^2 = \dot{Z}_k \dot{Z}_U + \dot{Z}_Q \dot{Z}_E$

$$\dot{Z}_{KN}^2 = \dot{Z}_k \dot{Z}_N + \dot{Z}_R \dot{Z}_Q; \dot{Z}_{KE}^2 = \dot{Z}_{KS}^2 + \dot{Z}_{KU}^2$$

theo đó:  $Msô = \frac{\dot{Z}_{KN}^2 \dot{Z}_{KE}^2 + \dot{Z}_{KS}^2 \dot{Z}_{KU}^2}{\dot{Z}_k}$

và:  $\dot{I}_S = \frac{(\dot{Z}_{KN}^2 + \dot{Z}_{KU}^2)\dot{E}_S - \dot{Z}_{KN}^2 \dot{E}_U}{Msô} \quad (9.37)$

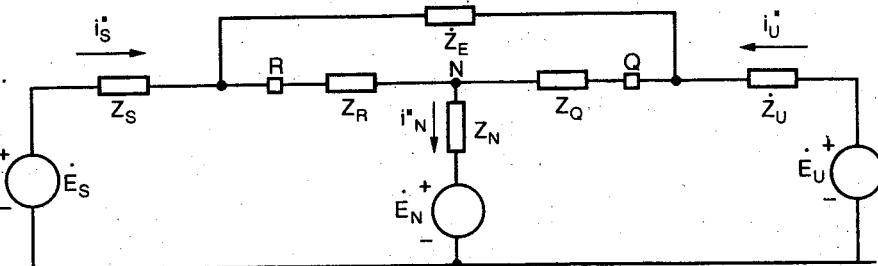
$$\dot{I}_U = \frac{(\dot{Z}_{KN}^2 + \dot{Z}_{KS}^2)\dot{E}_U - \dot{Z}_{KN}^2 \dot{E}_S}{Msô} \quad (9.38)$$

$$\dot{I}_N = \frac{(\dot{Z}_{KU}^2 \dot{E}_S + \dot{Z}_{KS}^2 \dot{E}_U)}{Msô} \quad (9.39)$$

$$\dot{V}_N = \frac{\dot{Z}_N(\dot{Z}_{KU}^2 \dot{E}_S + \dot{Z}_{KS}^2 \dot{E}_U)}{Msô} \quad (9.40)$$

Khi có sự cố nhưng không xét đến dòng tải

Trong trường hợp không kể đến ảnh hưởng của dòng tải, ta có sơ đồ tương đương (H.9.8).



Hình 9.8. Hệ thống sự cố không xét đến dòng tải.

Khi đó các biểu thức dòng và áp được viết lại như sau:

$$I_S = \frac{(\dot{Z}_K \dot{Z}_U + \dot{Z}_Q \dot{Z}_E) \dot{E}_N}{Msô} = \frac{\dot{Z}_{KU}^2 \dot{E}_N}{Msô} \quad (9.41)$$

$$I_U = \frac{(\dot{Z}_K \dot{Z}_S + \dot{Z}_Q \dot{Z}_E) \dot{E}_N}{Msô} = \frac{\dot{Z}_{KS}^2 \dot{E}_N}{Msô} \quad (9.42)$$

$$I_N = \frac{[\dot{Z}_K(\dot{Z}_S + \dot{Z}_U) + \dot{Z}_E(\dot{Z}_R + \dot{Z}_Q)] \dot{E}_N}{Msô} = \frac{\dot{Z}_{KE}^2 \dot{E}_N}{Msô} \quad (9.43)$$

$$V = - \frac{(\dot{Z}_R \dot{Z}_Q \dot{Z}_{KE}^2 + \dot{Z}_{KS}^2 \dot{Z}_{KU}^2) \dot{E}_N}{Msô} \quad (9.44)$$

### 9.3. TÍNH TOÁN DÒNG VÀ ÁP TẠI ĐIỂM ĐẶT RƠ LE KHI CÓ NGẮN MẠCH TRÊN ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI DÙNG ĐỂ XÁC ĐỊNH TỔNG TRỞ CỦA BẢO VỆ KHOẢNG CÁCH

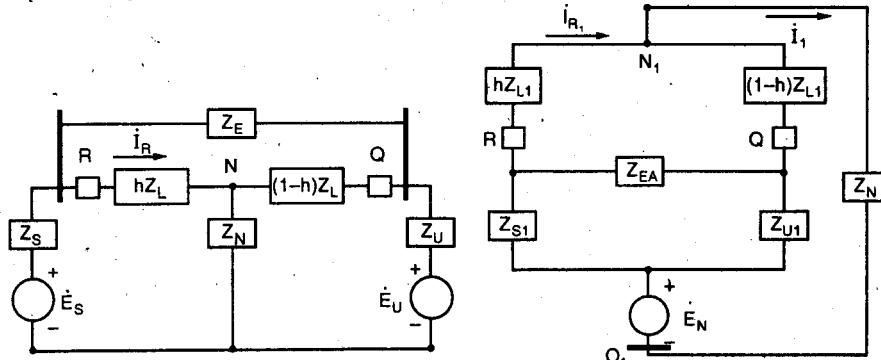
Đối với các đường dây truyền tải thì bảo vệ khoảng cách là một dạng bảo vệ mang tính chọn lọc và độ tin cậy cao. Bảo vệ khoảng cách là so sánh áp với dòng tại vị trí mỗi đầu đường dây. Tỉ số của hai giá trị này chính là tổng trở biểu kiến được xác định tại vị trí đặt rơ le khi nhìn vào đường dây và vì thế do được khoảng cách đến điểm sự cố đọc đường dây.

Một vấn đề là việc xác định chính xác khoảng cách đo được của các dạng sự cố khác nhau. Chúng ta giả thiết sẽ có ba rơ le được đặt trên ba pha nhằm phục vụ cho việc bảo vệ ngắn mạch nhiều pha và ba rơ le khác đáp ứng cho việc bảo vệ sự cố chạm đất. Và việc trước tiên là phân biệt sự khác nhau của các dạng sự cố để có thể xác định được chính xác tổng trở do sáu rơ le xác định được với các trường hợp dạng sự cố khác nhau. Việc phân tích này sẽ được tiến hành bằng cách áp dụng phương pháp các thành phần đối xứng. Việc phân tích đòi hỏi cho tất cả mọi trường hợp sự cố và mở rộng giá trị của các đại lượng đưa vào rơ le đối với các trường hợp tương ứng cả ngắn mạch

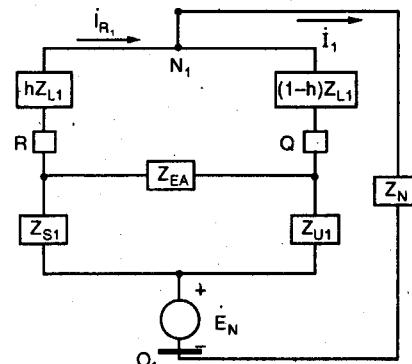
nhiều pha và chạm đất. Tóm lại, vấn đề cơ bản yêu cầu được giải quyết là phải xác định cho được các đại lượng điện đưa vào rơ le và tổng trở do rơ le xác định được với các trường hợp khác nhau.

### Phân tích các sự cố của đường dây truyền tải

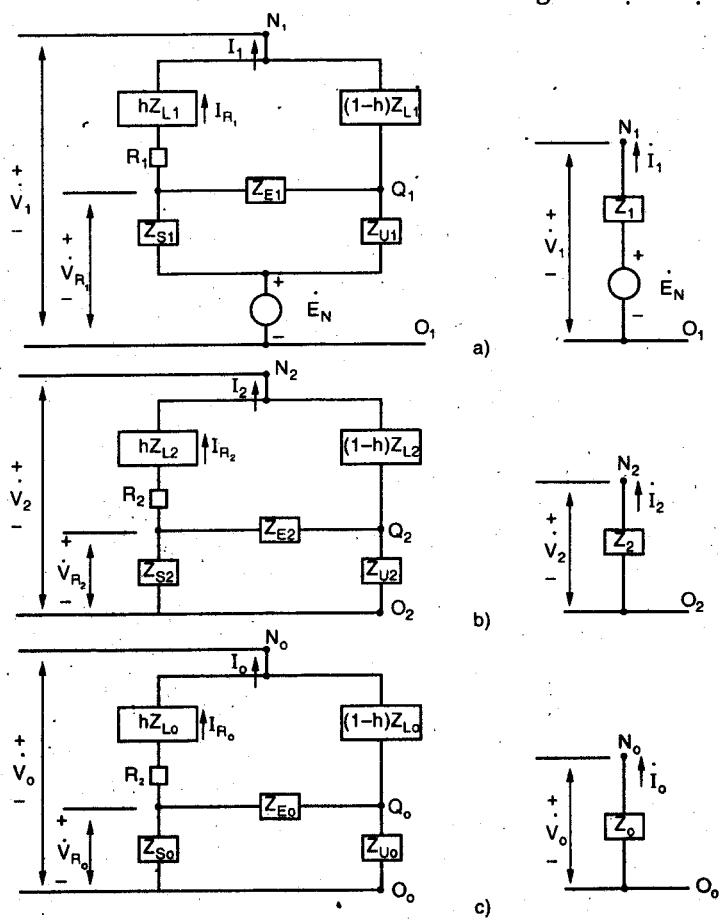
Hệ thống được phân tích ở đây được biểu diễn trên H.9.9.



**Hình 9.9.** Sự cố tại  $N$  được xác định bởi rơ le đặt tại vị trí  $R$



**Hình 9.10.** Sơ đồ tương đương với sự cố tại  $N$



**Hình 9.11.** Sơ đồ thứ tự cho sự cố tại  $N$  và tại vị trí rơ le

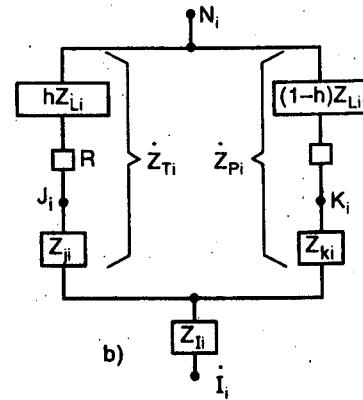
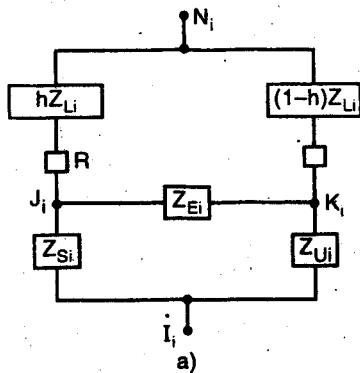
Bằng cách sử dụng sơ đồ tương đương hai cửa Thevenin để thay thế cho hệ thống điện về phía bên trái và phía phải của đường dây đối với vị trí sự cố được biểu diễn như H.9.9. Một sự cố giả sử xảy ra tại  $N_i$ , được xác định bởi  $h$  (là một phần chiều dài của cả đường dây) mà được tính từ vị trí đặt tại  $R$ . Tổng trở  $Z_N$  trên H.9.9 thay thế cho điện trở sự cố hồ quang cộng với tổng trở của sơ đồ thứ tự nghịch và thứ tự không mà được liên kết vào khi yêu cầu tính toán cho một trường hợp sự cố cụ thể nào đó.

Với đặc điểm này, rơ le tại  $R$  sẽ xác định được tổng trở  $hZ_L$  hoặc các giá trị khác có liên hệ trực tiếp với giá trị này. Việc xác định giá trị này hoàn toàn không có liên quan gì đến dạng sự cố (ngắn mạch hay chạm đất) và cho một pha bất kỳ một pha nào đó.

Vấn đề cần quan tâm trước tiên là giá trị của dòng sự cố, có thể biểu diễn lại H.9.9 như bằng H.9.10, với  $E_N$  là điện áp trước lúc sự cố tại  $N_i$ . Lưu ý ở H.9.10, tất cả các tổng trở trên sơ đồ đều là các tổng trở thứ tự thuận ngoại trừ  $Z_N$ .

Việc phân tích một hệ thống như H.9.10 sẽ được tiến hành thông qua 2 bước. Bước đầu tiên phân tích cho sự cố ngắn mạch nhiều pha, sau đó sẽ phân tích cho sự cố chạm đất. Đối với mỗi trường hợp phân tích cần phải thay thế hệ thống H.9.10 bằng các sơ đồ thay thế thứ tự mà được biểu diễn trên H.9.11. Chú ý rằng các sự cố tại  $N_i$  được đồng nhất với vị trí đặt rơ le  $R$  trong các sơ đồ thứ tự. Tổng trở đường dây giữa  $R$  và  $N_i$  là  $hZ_{L1}$  được xem là như nhau cho các sơ đồ thứ tự thuận và thứ tự nghịch, nhưng lại khác so với sơ đồ thứ tự không và được đặt là  $hZ_{L0}$ . Tổng trở nguồn là các giá trị khác nhau cho mỗi sơ đồ thứ tự nhưng thực tế giữa sơ đồ thứ tự thuận và thứ tự nghịch có sự khác nhau rất nhỏ thông thường được bỏ qua. Cuối cùng, các sơ đồ thay thế tương đương thứ tự được biểu diễn bên phải H.9.11. Tổng trở thứ tự tổng cộng lần lượt là  $Z_0$ ,  $Z_1$ , và  $Z_2$  có thể tìm được từ các sơ đồ thay thế H.9.11 với vị trí sự cố bất kỳ.

### 1- Rút gọn sơ đồ thứ tự



Sơ đồ H.9.12 là sơ đồ dạng tổng quát được sử dụng để thay thế cho tất cả các sơ đồ thứ tự. Sơ đồ hình học to pô này có thể được phân tích ở dạng

tổng quát và áp dụng cho các sơ đồ thứ thuận và nghịch để giải quyết cho mọi dạng sự cố. Để có thể tìm được nghiệm tổng quát, chúng ta hãy bắt đầu xét H.9.12. Hình này là một sự thay thế cho cách nối cơ bản tương đương cho các dạng sự cố cho tất cả các sơ đồ thứ tự, mặc dù có thể có vài nhánh được hở hoàn toàn phụ thuộc vào tổng trở thứ tự.

Trong mọi trường hợp, sơ đồ H.9.12a có thể được sử dụng để thay thế cho tổng trở của tất cả các sơ đồ thứ tự. Sơ đồ này có thể được đơn giản hơn để có thể sử dụng được dễ dàng hơn thông qua phép biến đổi  $\Delta - Y$  của tam giác phía dưới, và được kí hiệu là i, j, k dẫn đến kết quả cuối cùng được biểu diễn ở H.9.12b. Phép biến đổi được biểu diễn thông qua phương trình sau:

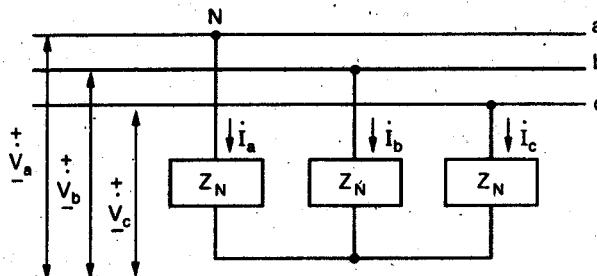
$$\begin{bmatrix} Z_{ii} \\ Z_{ji} \\ Z_{ki} \end{bmatrix} = \frac{1}{Z_{Si} + Z_{Ei} + Z_{Ui}} \begin{bmatrix} Z_{Ui} Z_{Si} \\ Z_{Si} Z_{Ei} \\ Z_{Ei} Z_{Ui} \end{bmatrix} \quad (9.45)$$

Chú ý rằng: phép biến đổi này đảm bảo sẽ không làm thay đổi các đặc tính của đường dây được bảo vệ cũng như áp và dòng của hệ thống tại vị trí đặt rơ le. Với sơ đồ thay thế tương đương chính xác của một hệ thống thứ tự ba pha hoàn toàn có thể tính được dòng và áp thứ tự tại vị trí đặt rơ le cho tất cả các sơ đồ thứ tự với mọi sự cố song song cân bằng hoặc không cân bằng. Sơ đồ sự cố tương đương của các thành phần thứ tự cơ bản được biểu diễn ở phía trái của H.9.11. Trong mọi trường hợp, các sơ đồ thứ tự có thể được rút gọn để suy ra giá trị tổng trở thứ tự được biểu diễn ở phía phải của H.9.11. Xét các áp dụng của lý thuyết các thành phần đối xứng để phân tích cho các dạng sự cố khác nhau.

## 2. Các sự cố ngắn mạch tại N

Các dạng sự cố có thể là ngắn mạch ba pha với tổng trở sự cố ba pha cân bằng với trung tính  $Z_N$  hoặc ngắn mạch hai pha với tổng trở sự cố  $Z_N$  giữa các pha.

a) *Ngắn mạch ba pha*: Ngắn mạch ba pha là dạng sự cố cân bằng, vì vậy trong quá trình phân tích chỉ xét đến sơ đồ thay thế thứ tự thuận. Cách nối điểm sự cố được biểu diễn trên (H.9.13) với tổng trở sự cố  $Z_N$  trên mỗi pha khi có ngắn mạch tại N.



Hình 9.13. Sơ đồ ngắn mạch ba pha tại N

Sơ đồ tương đương thành phần thứ thuận và cách nối điểm sự cố được biểu diễn trên H.9.14. Tổng trở sự cố bao gồm hai thành phần R và X, mặc dù trong thực tế tổng trở này thường được xem là thuận trở, thay thế cho điện trở sự cố hồ quang. Và bằng cách kết hợp các tổng trở song song phía trái của H.9.14 lại với nhau để được tổng trở thứ tự thuận  $Z_1$ , khi đó dòng sự cố cho pha a là:  $\dot{I}_1 = \frac{\dot{E}_N}{\dot{Z}_1 + \dot{Z}_N} = \frac{1}{K}$  (9.46)

hay:  $K\dot{I}_1 = 1$  (9.47)

Theo biểu thức (9.46) thì xác định một hằng số phức K là giá trị nghịch đảo của dòng điện. Do đó từ (9.45) và (H.9.11), ta có:

$$\begin{bmatrix} \dot{Z}_{I1} \\ \dot{Z}_{J1} \\ \dot{Z}_{K1} \end{bmatrix} = \frac{1}{\dot{Z}_{S1} + \dot{Z}_{E1} + \dot{Z}_{U1}} \begin{bmatrix} \dot{Z}_{U1} \cdot \dot{Z}_{S1} \\ \dot{Z}_{S1} \cdot \dot{Z}_{E1} \\ \dot{Z}_{E1} \cdot \dot{Z}_{U1} \end{bmatrix} \quad (9.48)$$

Mặt khác, từ H.9.12b có thể xác định được tổng trở tương đương phía trái như sau:  $\dot{Z}_{T1} = \dot{Z}_{J1} + h\dot{Z}_{L1}$  (9.49)

và phía phải là:  $\dot{Z}_{P1} = \dot{Z}_{K1} + (1-h)\dot{Z}_{L1}$  (9.50)

Cuối cùng từ H.9.11 và H.9.12, ta có thể tính được tổng trở thành phần thứ tự thuận là:  $\dot{Z}_1 = \dot{Z}_{L1} + \frac{\dot{Z}_{T1} \dot{Z}_{P1}}{\dot{Z}_{T1} + \dot{Z}_{P1}}$  (9.51)

Khi đó, dòng tại vị trí đặt rơ le có thể xác định được, chính là một phần của dòng thứ tự thuận. Ta có:

$$\dot{I}_{R1} = \dot{C}_1 \dot{I}_1 \quad (9.52)$$

với:  $\dot{C}_1 = \frac{\dot{Z}_{P1}}{\dot{Z}_{T1} + \dot{Z}_{P1}}$  (9.53)

trong đó:  $Z_{P1}$ ;  $Z_{T1}$  - có thể được xác định trên H.9.12.

Do đó từ (9.46) và (9.52), ta có:

$$\dot{I}_{R1} = \frac{\dot{C}_1 \dot{E}_N}{\dot{Z}_1 + \dot{Z}_N} = \frac{\dot{C}_1}{K} \quad (9.54)$$

hay:  $K\dot{I}_{R1} = \dot{C}_1$  (9.55)

và áp tại điểm sự cố được xét trên H.9.14 như sau:

$$\dot{V}_1 = \dot{Z}_N \dot{I}_1 = \frac{\dot{Z}_N}{K} \quad (9.56)$$

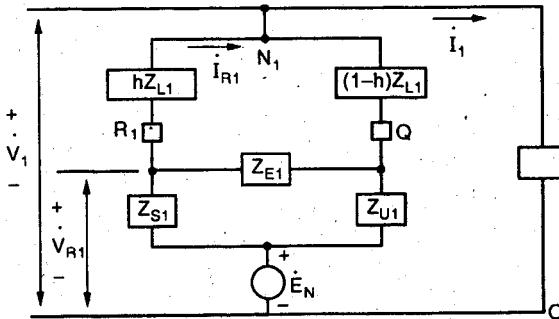
hay:  $K\dot{V}_1 = \dot{Z}_N$  (9.57)

Áp tại vị trí đặt rơ le có thể được tính từ áp tại N theo (9.56) và áp dọc theo tổng trở đường dây giữa R và N. Khi đó, ta có:

$$\dot{V}_{R1} = \dot{V}_1 + h \dot{Z}_{L1} \dot{I}_{R1} = \frac{\dot{Z}_N + h \dot{Z}_{L1} \dot{C}_1}{K} \quad (9.58)$$

hay:  $K \dot{V}_{R1} = \dot{Z}_N + h \dot{Z}_{L1} \dot{C}_1 \quad (9.59)$

Từ các biểu thức trên hoàn toàn có thể xác định được các giá trị áp và dòng thứ tự tại các vị trí N và R. Tuy nhiên, ngắn mạch ba pha là sự cố cân bằng, do đó chỉ cần xét đến thành phần thứ tự thuận.



Hình 9.14. Sơ đồ thứ tự khi xảy ra ngắn mạch ba pha

Chú ý rằng, trong mỗi trường hợp giá trị K được xác định như sau:

$$K = \frac{\dot{Z}_1 + \dot{Z}_N}{\dot{E}_N} \quad (9.60)$$

và K có thứ nguyên là 1/dòng điện.

Do đó, đại lượng KI không có thứ nguyên và KV thì có thứ nguyên của tổng trớ. Tất cả các giá trị này sẽ làm cho rõ le phát hiện ra tất cả các sự cố một cách dễ dàng hơn.

Mặt khác, chúng ta có thể xác định được các giá trị pha từ các giá trị của các thành phần thứ tự. Ta có:

$$\dot{I}_{abc} = A \dot{I}_{012} \quad (9.61)$$

$$\begin{bmatrix} \dot{I}_a \\ \dot{I}_b \\ \dot{I}_c \end{bmatrix} = \frac{1}{k} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{I}_0 \\ \dot{I}_1 \\ \dot{I}_2 \end{bmatrix} \quad (9.62)$$

với:  $k = 1; \sqrt{3}$ , trong thực tế, thường lấy  $k = 1$ . (9.63)

Trường hợp ngắn mạch ba pha, dòng điện pha được tính toán một cách đơn giản và suy ra được các kết quả sau:

Từ (9.62) và (9.47) dòng điện dây tại N là:

$$K \dot{I}_a = 1; \quad K \dot{I}_b = a^2; \quad K \dot{I}_c = a \quad (9.64)$$

sử dụng (9.52) và (9.62) để suy ra dòng rơ le, dòng điện dây tại R:

$$K \dot{I}_{aR} = C_1; \quad K \dot{I}_{bR} = a^2 \dot{C}_1; \quad K \dot{I}_{cR} = a \dot{C}_1 \quad (9.65)$$

Dòng điện dây tại R đổi với trường hợp biến dòng đấu theo kiểu  $\Delta$ :

$$\begin{cases} K(\dot{I}_{aR} - \dot{I}_{bR}) = (1-a^2)\dot{C}_1 = \sqrt{3}e^{j\pi/6}\dot{C}_1 \\ K(\dot{I}_{bR} - \dot{I}_{cR}) = (a^2-a)\dot{C}_1 = \sqrt{3}e^{-j\pi/2}\dot{C}_1 \\ K(\dot{I}_{cR} - \dot{I}_{aR}) = (a-1)\dot{C}_1 = \sqrt{3}e^{j5\pi/6}\dot{C}_1 \end{cases} \quad (9.66)$$

Các giá trị điện áp có thể được tính bằng cách áp dụng phương trình ma trận với dòng điện được thay thế bằng giá trị áp dụng theo (9.62), và kết quả cuối cùng là:

$$Giá trị điện áp pha tại N: \quad K\dot{V}_a = \dot{Z}_N; \quad K\dot{V}_b = a^2\dot{Z}_N; \quad K\dot{V}_c = a\dot{Z}_N \quad (9.67)$$

Chú ý: tất cả các đại lượng KV mang thứ nguyên của tổng trơ và tất cả là các đại lượng phức thay thế cho các đại lượng của 3 pha canh bằng.

Khi đó, điện áp dây tại N là:

$$K\dot{V}_{ab} = (1-a^2)\dot{Z}_N; \quad K\dot{V}_{bc} = (a^2-a)\dot{Z}_N; \quad K\dot{V}_{ca} = (a-1)\dot{Z}_N \quad (9.68)$$

Bảng 9.2. Giá trị các đại lượng đổi với sự cố ngắn mạch ba pha tại N.

Đại lượng	Giá trị tại N	Giá trị tại R	Đại lượng	Giá trị tại N	Giá trị tại R
$K\dot{I}_o$	0	0	$K\dot{V}_2$	0	0
$K\dot{I}_1$	1	$\dot{C}_1$	$K\dot{V}_a$	$\dot{Z}_N$	$\dot{Z}_{N1}$
$K\dot{I}_2$	0	0	$K\dot{V}_b$	$a^2\dot{Z}_N$	$a^2\dot{Z}_{N1}$
$K\dot{I}_a$	1	$\dot{C}_1$	$K\dot{V}_c$	$a\dot{Z}_N$	$a\dot{Z}_{N1}$
$K\dot{I}_b$	$a^2$	$a^2\dot{C}_1$	$K\dot{V}_{ab}$	$(1-a^2)\dot{Z}_N$	$(1-a^2)\dot{Z}_{N1}$
$K\dot{I}_c$	$a$	$a\dot{C}_1$	$K\dot{V}_{bc}$	$(a^2-a)\dot{Z}_N$	$(a^2-a)\dot{Z}_{N1}$
$K(\dot{I}_a - \dot{I}_b)$	$1-a^2$	$(1-a^2)\dot{C}_1$	$K\dot{V}_{ca}$	$(a-1)\dot{Z}_N$	$(a-1)\dot{Z}_{N1}$
$K(\dot{I}_b - \dot{I}_c)$	$a^2-a$	$(a^2-a)\dot{C}_1$	$\dot{Z}_{ab}$	$\dot{Z}_N$	$\dot{Z}_{N1}/\dot{C}_1$
$K(\dot{I}_c - \dot{I}_a)$	$a-1$	$(a-1)\dot{C}_1$	$\dot{Z}_{bc}$	$\dot{Z}_N$	$\dot{Z}_{N1}/\dot{C}_1$
$K\dot{V}_o$	0	0	$\dot{Z}_{ca}$	$\dot{Z}_N$	$\dot{Z}_{N1}/\dot{C}_1$
$K\dot{V}_1$	$\dot{Z}_N$	$\dot{Z}_{N1}$	$K\dot{V}_2$	0	0

Điện áp pha tại R:

$$K\dot{V}_{aR} = \dot{Z}_N + h\dot{Z}_{L1}\dot{C}_1; \quad K\dot{V}_{bR} = a^2(\dot{Z}_N + h\dot{Z}_{L1}\dot{C}_1); \quad K\dot{V}_{cR} = a(\dot{Z}_N + h\dot{Z}_{L1}\dot{C}_1) \quad (9.69)$$

Điện áp dây tại R:

$$\begin{cases} K\dot{V}_{abR} = (1-a^2)(\dot{Z}_N + h\dot{Z}_{L1}\dot{C}_1) \\ K\dot{V}_{bcR} = (a^2-a)(\dot{Z}_N + h\dot{Z}_{L1}\dot{C}_1) \\ K\dot{V}_{caR} = (a-1)(\dot{Z}_N + h\dot{Z}_{L1}\dot{C}_1) \end{cases} \quad (9.70)$$

Giá trị các đại lượng tính toán cho trường hợp ngắn mạch ba pha được tóm tắt trong bảng 9.2, với  $Z_N$  được xác định để quá trình tính toán được dễ dàng đồng thời làm giảm sai số điện áp giữa vị trí sự cố và tại các vị trí đặt rơ le, trong mọi trường hợp phương trình chính xác tương tự nhưng tổng trớ  $Z_N$  tại các vị trí sự cố được thay thế bằng tổng trớ  $Z_{N1}$  để từ đó có thể suy ra

áp tại vị trí đặt rơ le. Với mô hình này nhưng với các cách xác định thay thế khác nhau có thể áp dụng cho tất cả các dạng sự cố.

Đối với ngắn mạch ba pha, ta có:

$$\dot{K} = \frac{\dot{Z}_1 + \dot{Z}_N}{\dot{E}_N}; \quad \dot{C}_1 = \frac{\dot{Z}_{P1}}{\dot{Z}_{T1} + \dot{Z}_{P1}}$$

$$\dot{Z}_{N1} = \dot{Z}_N + h \dot{Z}_{L1}; \quad \dot{Z}_{T1} = \dot{Z}_{J1} + h \dot{Z}_{L1}; \quad \dot{Z}_{P1} = \dot{Z}_{K1} + (1-h) \dot{Z}_{L1}$$

b) *Ngắn mạch hai pha*:

Sự cố ngắn mạch hai pha được biểu diễn ở H.9.15, giả sử sự cố giữa pha b và pha c tương ứng với tổng trở sự cố  $Z_N$  giữa các pha dây dẫn. Khi đó sơ đồ thay thế các thành phần thứ tự được biểu diễn ở H.9.16.

Tương ứng với sơ đồ (H.9.16), dòng thứ tự thuận tại N là:

$$\dot{I}_1 = -\dot{I}_2 = \frac{\dot{E}_N}{\dot{Z}_1 + \dot{Z}_2 + \dot{Z}_N} = \frac{1}{\dot{K}} \quad (9.71)$$

suy ra:

$$K \dot{I}_1 = 1 \quad (9.72)$$

và:  $\dot{K} = \frac{\dot{Z}_1 + \dot{Z}_2 + \dot{Z}_N}{\dot{E}_N} \quad (9.73)$

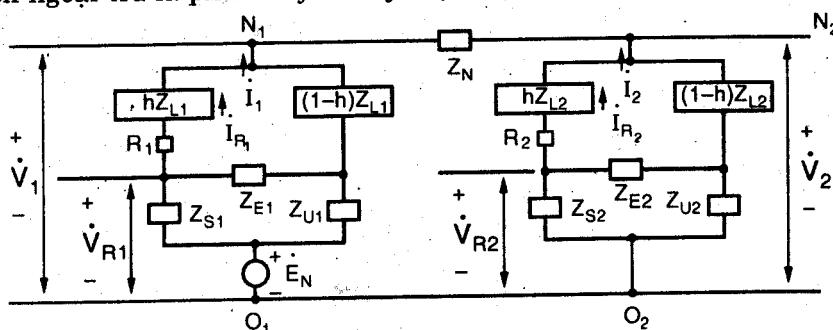
Chú ý:  $\dot{K}$  mang thứ nguyên của  $1/(đòng điện)$ , nhưng nó được xác định theo một cách khác đối với trường hợp ngắn mạch ba pha. Ta có:

$$\dot{V}_1 = \dot{E}_N - \dot{Z}_1 \dot{I}_1 = (\dot{Z}_N + \dot{Z}_2) \dot{I}_1 = (\dot{Z}_N + \dot{Z}_2) / \dot{K} \quad (9.74)$$

hay:  $K \dot{V}_1 = \dot{Z}_N + \dot{Z}_2 \quad (9.75)$

và ta cũng có:  $K \dot{I}_1 = -1; K \dot{V}_2 = \dot{Z}_2 \quad (9.76)$

Dựa vào H.9.16 chúng ta có thể tìm được dòng rơ le bằng phép biến đổi  $Y - \Delta$  như H.9.12 đối với sơ đồ thứ tự thuận và tương tự cho sơ đồ thứ tự nghịch ngoại trừ là phải thay đổi ký hiệu một thành hai.



Hình 9.16. Sơ đồ thứ tự cho trường hợp ngắn mạch hai pha

khi đó, ta có:  $\dot{Z}_1 = \dot{Z}_{I1} + \frac{\dot{Z}_{T1} \dot{Z}_{P1}}{\dot{Z}_{T1} + \dot{Z}_{P1}}$  (9.77)

và:  $\dot{Z}_2 = \dot{Z}_{I2} + \frac{\dot{Z}_{T2} \dot{Z}_{P2}}{\dot{Z}_{T2} + \dot{Z}_{P2}}$  (9.78)

với:  $\dot{Z}_{T2} = \dot{Z}_{J2} + h \dot{Z}_{L2}; \quad \dot{Z}_{P2} = \dot{Z}_{K2} + (1-h) \dot{Z}_{L2}$  (9.79)

cũng tương tự như đối với các tổng trở, thứ tự thuận được cho bởi (9.49) và (9.50). Cuối cùng suy ra được dòng tại vị trí rơ le R chính là một phần của dòng tại vị trí sự cố N tương ứng với mỗi sơ đồ thứ tự như sau:

$$\dot{I}_{R1} = \dot{C}_1 \dot{I}_1; \quad \dot{I}_{R2} = \dot{C}_2 \dot{I}_2 \quad (9.80)$$

với:  $C_1$  - được xác định dựa vào (9.53);  $C_2$  - được xác định dựa vào các sơ đồ tổng trở thứ tự nghịch là:

$$\dot{C}_2 = \frac{\dot{Z}_{P2}}{\dot{Z}_{T2} + \dot{Z}_{P2}} \text{ hệ số phân bố dòng thứ tự nghịch} \quad (9.81)$$

Từ các nhận xét đầu tiên và các ghi nhận giá trị áp và dòng thứ tự không là bằng zero, chúng ta có thể tổng hợp các đại lượng pha thông qua phương trình ma trận (9.62) để từ đó có thể suy ra các giá trị biểu diễn trong bảng 9.3.

Chúng ta viết các thành phần đối xứng thành một cột các giá trị với việc xác định các tổng trở mới cần thiết để duy trì thành phần đối xứng, đối với trường hợp này cần thiết phải xác định tổng trở  $Z_{N1}$  và  $Z_{C2}$ . Tổng trở  $Z_{C2}$  được xác định dựa trên  $Z_{L2}$ , chính là tổng trở đường dây thứ tự nghịch, nhưng đối với các đường dây truyền tải thì  $Z_{L1} = Z_{L2}$ .

*Tóm lại:* Từ bảng kết quả 9.2 và 9.3 ta có thể rút ra vài điểm cần lưu ý như sau:

1- Tất cả các đại lượng KI đều không có thứ nguyên, dòng tại R khác so với N bởi đại lượng phức C đối với mỗi sơ đồ thứ tự.

2- KV mang thứ nguyên của tổng trở, tỉ lệ với áp tại vị trí sự cố và vị trí đặt rơ le.

3- Điện áp tại vị trí đặt rơ le là một hàm của tổng trở thay thế cho giá trị điện áp ngắn mạch cộng với độ tăng điện áp trên đường dây truyền tải từ vị trí ngắn mạch đến vị trí đặt rơ le. Và độ tăng điện áp này tỉ lệ với tổng trở do rơ le xác định được.

Các hằng số  $C_1$  và  $C_2$  thông thường được giả sử là bằng nhau, do đó từ các biểu thức (9.53) và (9.81) chúng ta có thể rút ra được các kết quả mà từ đó sẽ làm cho giá trị của áp pha và áp dây được đơn giản.

Bảng 9.3. Bảng các giá trị tương ứng với sự cố ngắn mạch hai pha tại N

Đại lượng	Giá trị tại N	Giá trị tại R
$KI_0$	0	0
$KI_1$	1	$\dot{C}_1$
$KI_2$	-1	$-\dot{C}_2 p 1$
$KI_a$	0	$\dot{C}_1 - \dot{C}_2$
$KI_b$	$a^2 - a$	$a^2 \dot{C}_1 - a \dot{C}_2$
$KI_c$	$a - a^2$	$a \dot{C}_1 - a^2 \dot{C}_2$
$K(I_a - I_b)$	$a - a^2$	$(1 - a^2) \dot{C}_1 + (a - 1) \dot{C}_2$
$K(I_b - I_c)$	$2(a^2 - a)$	$(a^2 - a)(\dot{C}_1 + \dot{C}_2)$
$K(I_c - I_a)$	$a - a^2$	$(a - 1) \dot{C}_1 + (1 - a^2) \dot{C}_2$
$KV_0$	0	0
$KV_1$	$\dot{Z}_N + \dot{Z}_2$	$\dot{Z}_{N1} + \dot{Z}_2$
$KV_2$	$\dot{Z}_2$	$\dot{Z}_{2C}$
$KV_a$	$\dot{Z}_N + 2\dot{Z}_2$	$\dot{Z}_{N1} + \dot{Z}_2 + \dot{Z}_{2C}$
$KV_b$	$a^2 \dot{Z}_N - \dot{Z}_2$	$a^2 (\dot{Z}_{N1} + \dot{Z}_2) + a \dot{Z}_{2C}$
$KV_c$	$a \dot{Z}_N - \dot{Z}_2$	$a (\dot{Z}_{N1} + \dot{Z}_2) a^2 \dot{Z}_{2C}$
$KV_{ab}$	$(1 - a^2) \dot{Z}_N + 3\dot{Z}_2$	$(1 - a^2) (\dot{Z}_N + \dot{Z}_2) + (1 - a) \dot{Z}_{2C}$
$KV_{bc}$	$(a^2 - a) \dot{Z}_N$	$(a^2 - a) (\dot{Z}_{N1} + \dot{Z}_2 + \dot{Z}_{2C})$
$KV_{ca}$	$(a - 1) \dot{Z}_N - 3\dot{Z}_2$	$(a - 1) (\dot{Z}_{N1} + \dot{Z}_2) + (a^2 - 1) \dot{Z}_{2C}$

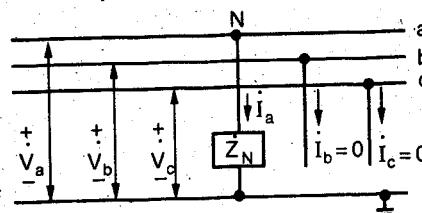
Đối với ngắn mạch hai pha, ta có:

$$\dot{Z}_{N1} = \dot{Z}_1 - \dot{C}_1 h \dot{Z}_{L1}; \quad \dot{Z}_{2C} = \dot{Z}_2 - \dot{C}_2 h \dot{Z}_{L2}; \quad \dot{K} = (\dot{Z}_1 + \dot{Z}_2 + \dot{Z}_n) / \dot{E}_N$$

### 3. Ngắn mạch chạm đất tại N

Xét các sự cố chạm đất tại N, bằng cách sử dụng các kỹ thuật phân tích chính xác như đối với các trường hợp ngắn mạch trên. Chúng ta sẽ xét 2 dạng sau đây: một pha chạm đất và hai pha chạm đất.

#### a) Một pha a chạm đất tại N



Hình 9.17. Sơ đồ chạm đất một pha tại N

Hệ thống với sự cố một pha chạm đất được biểu diễn trên H.9.17. Khi phân tích cho sự cố một dây chạm đất yêu cầu phải sử dụng cả ba sơ đồ thứ tự được biểu diễn trên H.9.18. Đối với cách nối các sơ đồ thứ tự như H.9.18 thì ta có:

$$\dot{I}_o = \dot{I}_1 = \dot{I}_2 = \frac{\dot{E}_N}{\dot{Z}_o + \dot{Z}_1 + \dot{Z}_2 + 3\dot{Z}_N} = \frac{1}{K} \quad (9.82)$$

Rút ra được các mối quan hệ cơ bản sau:

$$K\dot{I}_o = K\dot{I}_1 = K\dot{I}_2 = 1 \quad (9.83)$$

$$\text{và: } \dot{K} = \frac{\dot{Z}_o + \dot{Z}_1 + \dot{Z}_2 + 3\dot{Z}_N}{\dot{E}_N} \quad (9.84)$$

Tương tự cho các quan hệ về áp tại vị trí sự cố N cũng dựa trên cách phân tích các sơ đồ thứ tự ở H.9.18. Đầu tiên có thể viết các biểu thức áp thứ tự cho cả 3 sơ đồ.

$$\text{ta có: } \dot{V}_1 = (3\dot{Z}_N + \dot{Z}_o + \dot{Z}_2)\dot{I}_1 = (3\dot{Z}_N + \dot{Z}_o + \dot{Z}_2)/K \quad (9.85)$$

$$\dot{V}_2 = -\dot{Z}_2\dot{I}_1 = -\dot{Z}_2/K; \quad \dot{V}_o = -\dot{Z}_o\dot{I}_1 = -\dot{Z}_o/K$$

$$\text{với: } \dot{Z}_o = \dot{Z}_{I_0} + \frac{\dot{Z}_{P_o}\dot{Z}_{T_o}}{\dot{Z}_{P_o} + \dot{Z}_{T_o}} \quad (9.86)$$

Từ (9.83) và (9.85) chúng ta đã có các thông số cần thiết để có thể suy ra được các giá trị dòng và áp pha tại vị trí sự cố N dựa vào phương trình ma trận (9.62) và khi đó chúng ta lại phải tính các đại lượng  $KI$  và  $KV$ .

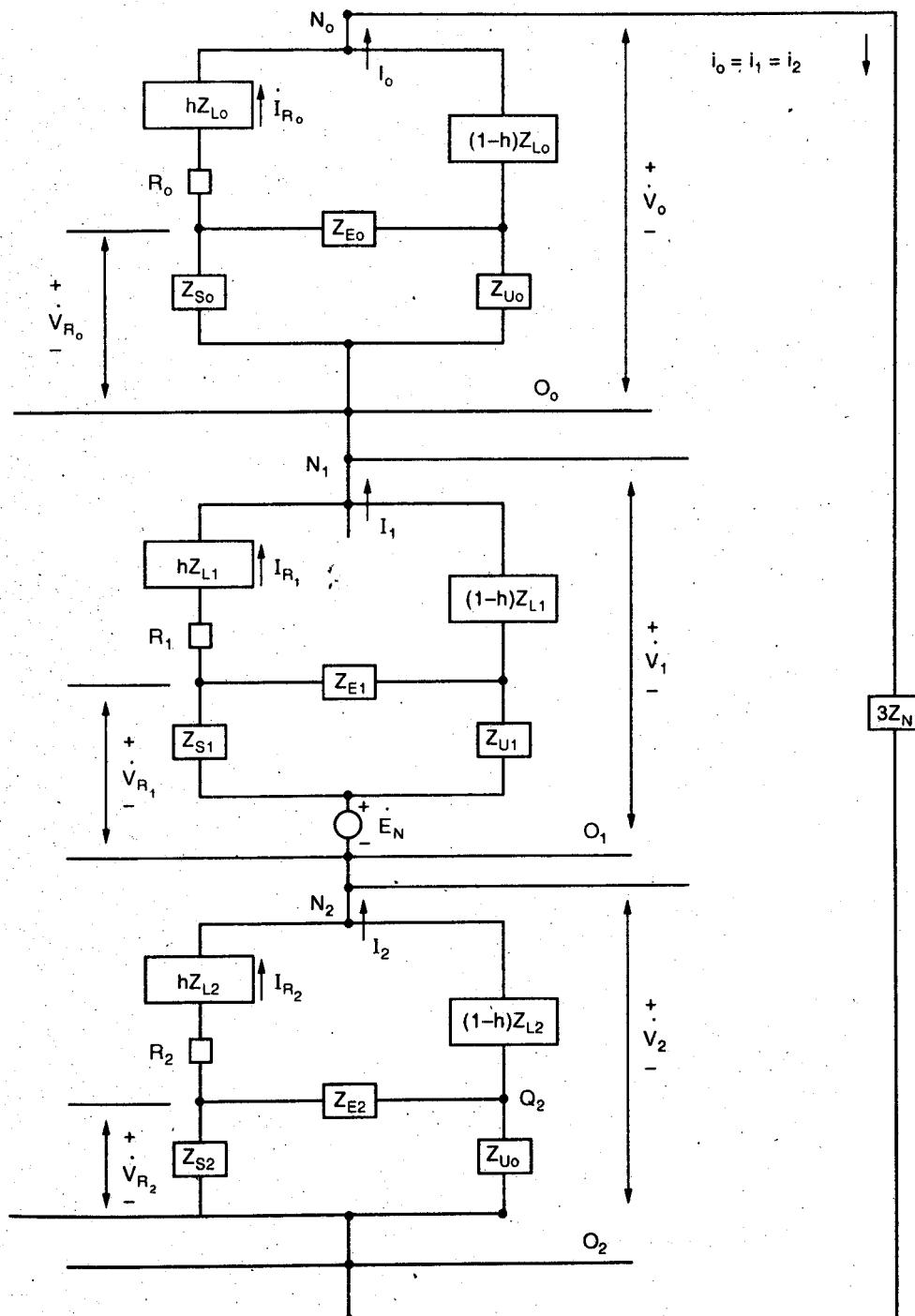
Các đại lượng thứ tự tại vị trí đặt rõ le tỉ lệ với các đại lượng tại vị trí sự cố, và đúng cho mọi sự cố. Tuy nhiên, các hệ số tỉ lệ là khác nhau. Các hệ số tỉ lệ này sẽ được tính toán và được xếp thành cột. Tính toán dòng thứ tự tại vị trí đặt rõ le:

$$K\dot{I}_{R_o} = \dot{C}_o; \quad K\dot{I}_{R1} = \dot{C}_1; \quad K\dot{I}_{R2} = \dot{C}_2 \quad (9.87)$$

Với hằng số phân dòng thứ tự không  $C_0$  được xác định như sau:

$$\dot{C}_o = \frac{\dot{Z}_{P_o}}{\dot{Z}_{T_o} + \dot{Z}_{P_o}} \quad (9.88)$$

các hằng số  $C_1$  và  $C_2$  được xác định tương ứng dựa vào (9.53) và (9.81).



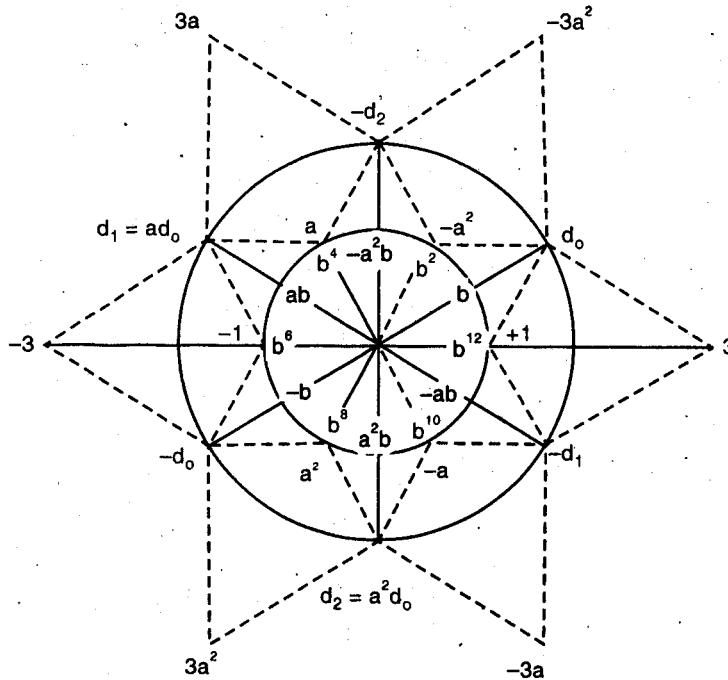
Hình 9.18. Sơ đồ các thành phần thứ tự khi có một pha chạm đất

Từ H.9.18, có thể suy ra các giá trị áp thứ tự tại vị trí rơ le R như sau:

$$\begin{aligned} K\dot{V}_{R_0} &= K\dot{V}_o + h\dot{Z}_{L_0} K\dot{I}_{R_0} = -\dot{Z}_o + \dot{C}_o h\dot{Z}_{L_0} \\ K\dot{V}_{R_1} &= K\dot{V}_1 + h\dot{Z}_{L_1} K\dot{I}_{R_1} = 3\dot{Z}_N + \dot{Z}_o + \dot{Z}_2 + \dot{C}_1 h\dot{Z}_{L_1} \\ K\dot{V}_{R_2} &= K\dot{V}_2 + h\dot{Z}_{L_2} K\dot{I}_{R_2} = -\dot{Z}_2 + \dot{C}_2 h\dot{Z}_{L_2} \end{aligned} \quad (9.89)$$

Kết quả của tất cả các giá trị thứ tự tại vị trí sự cố và vị trí đặt rơ le R được tóm tắt trong bảng 9.4. Giá trị của các thành phần đối xứng được xếp thành cột tương ứng tại vị trí sự cố N và tại vị trí đặt rơ le R.

Các giá trị  $d_0$ ,  $d_1$  và  $d_2$  trong bảng 9.4 được sử dụng thường xuyên cho quá trình tính toán. Nó được xác định dựa trên hằng số phức  $b$  được biểu diễn trên H.9.19.



Hình 9.19: Sơ đồ xác định các toán tử pha  $d_0$ ,  $d_1$  và  $d_2$

$$d_0 = \sqrt{3}b = 1 - a^2 = \sqrt{3}e^{j\pi/6} = \sqrt{3}\angle 30^\circ$$

ta có:

$$d_1 = \sqrt{3}ab = a - 1 = \sqrt{3}e^{j5\pi/6} = \sqrt{3}\angle 150^\circ$$

$$d_2 = \sqrt{3}a^2b = a^2 - a = \sqrt{3}e^{-j\pi/2} = \sqrt{3}\angle -90^\circ$$

Với:

$$b = e^{j\pi/6} = 1\angle 30^\circ \quad (9.90)$$

$$d_0 + d_1 + d_2 = 0 \quad (9.91)$$

Việc sử dụng các giá trị này phụ thuộc vào hằng số phức  $b$  được xác định ở trên nhằm làm đơn giản hóa các kí hiệu với các hằng số pha được xác định dựa vào (9.90) và (9.91). Mỗi liên hệ giữa các toán tử pha được cho trong bảng 9.5.

**Bảng 9.4. Bảng giá trị các đại lượng khi có sự cố một dây chạm đất tại N**

Đại lượng	Giá trị tại N	Giá trị tại R
$Ki_0$	1	$C_0$
$Ki_1$	1	$C_1$
$Ki_2$	1	$C_2$
$Ki_a$	3	$C_0 + C_1 + C_2$
$Ki_b$	0	$C_0 + a^2 C_1 + a^2 C_2$
$Ki_c$	0	$C_0 + a C_1 + a^2 C_2$
$K(i_a - i_b)$	3	$d_0 C_1 - d_1 C_2$
$K(i_b - i_c)$	0	$d_2 (C_1 - C_2)$
$K(i_c - i_a)$	-3	$d_1 C_1 - d_0 C_2$
$KV_0$	$-\dot{Z}_0$	$-\dot{Z}_{0C}$
$KV_1$	$3\dot{Z}_N + \dot{Z}_0 + \dot{Z}_2$	$(\dot{Z}_{N0} + \dot{Z}_{N1} + \dot{Z}_{N2}) + \dot{Z}_{0C} + \dot{Z}_{2C}$
$KV_2$	$-\dot{Z}_2$	$-\dot{Z}_{2C}$
$KV_a$	$3\dot{Z}_N$	$\dot{Z}_{N0} + \dot{Z}_{N1} + \dot{Z}_{N2}$
$KV_b$	$3a^2 \dot{Z}_N - d_0 \dot{Z}_0 + d_2 \dot{Z}_2$	$a^2 (\dot{Z}_{N0} + \dot{Z}_{N1} + \dot{Z}_{N2}) - d_0 \dot{Z}_{0C} + d_2 \dot{Z}_{2C}$
$KV_c$	$3a \dot{Z}_N + d_1 \dot{Z}_0 - d_2 \dot{Z}_2$	$a (\dot{Z}_{N0} + \dot{Z}_{N1} + \dot{Z}_{N2}) + d_1 \dot{Z}_{0C} - d_2 \dot{Z}_{2C}$
$KV_{ab}$	$3d_0 \dot{Z}_N + d_0 \dot{Z}_0 - d_2 \dot{Z}_2$	$d_0 (\dot{Z}_{N0} + \dot{Z}_{N1} + \dot{Z}_{N2}) + d_0 \dot{Z}_{0C} - d_2 \dot{Z}_{2C}$
$KV_{bc}$	$d_2 (3\dot{Z}_N + \dot{Z}_0 + 2\dot{Z}_2)$	$d_2 [(\dot{Z}_{N0} + \dot{Z}_{N1} + \dot{Z}_{N2}) + \dot{Z}_{0C} + 2\dot{Z}_{2C}]$
$KV_{ca}$	$3d_1 \dot{Z}_N + d_1 \dot{Z}_0 - d_2 \dot{Z}_2$	$d_1 (\dot{Z}_{N0} + \dot{Z}_{N1} + \dot{Z}_{N2}) + d_1 \dot{Z}_{0C} - d_2 \dot{Z}_{2C}$

Đối với sự cố một pha chạm đất, ta có:

$$\dot{K} = \frac{\dot{Z}_0 + \dot{Z}_1 + \dot{Z}_2 + 3\dot{Z}_N}{\dot{E}_N}$$

$$\dot{Z}_{N0} = \dot{Z}_N + C_0 h \dot{Z}_{L0}$$

$$\dot{Z}_{N1} = \dot{Z}_N + C_1 h \dot{Z}_{L1}$$

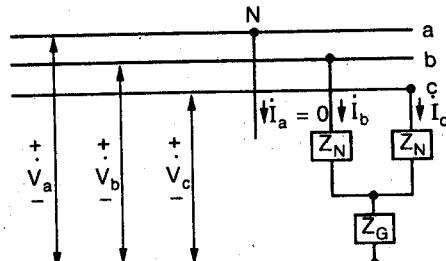
$$\dot{Z}_{N2} = \dot{Z}_N + C_2 h \dot{Z}_{L2}$$

$$\dot{Z}_{0C} = \dot{Z}_0 + C_0 h \dot{Z}_{L0}$$

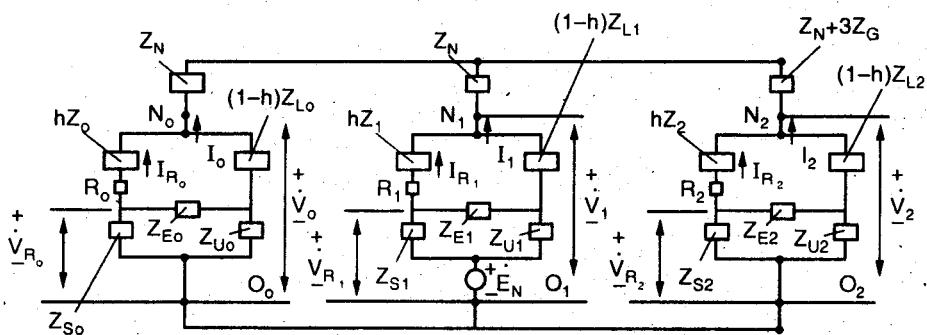
$$\dot{Z}_{2C} = \dot{Z}_2 + C_2 h \dot{Z}_{L2}$$

b) Hai pha chạm đất tại N

Đối với sự cố hai pha chạm đất, giả sử rằng có tổng trở  $Z_N$  từ mỗi dây đến điểm nối chung và tổng trở  $Z_G$  đến đất như H.9.20. Khi đó, các sơ đồ thứ tự được biểu diễn trên H.9.21. Nó được xây dựng trong phạm vi tương ứng với mỗi sơ đồ thứ tự như đã được biểu diễn trên H.9.21.



Hình 9.20. Sơ đồ hai pha chạm đất



Hình 9.21. Sơ đồ liên kết các thành phần thứ tự khi hai pha chạm đất.

Bảng 9.5. Mối liên hệ giữa các toán tử  $d_0$ ,  $d_1$  và  $d_2$

$d_0 - d_1 = 3$	$d_0 + d_1 = -d_2$
$d_1 - d_2 = 3a$	$d_1 + d_2 = -d_0$
$d_2 - d_0 = 3a^2$	$d_2 + d_0 = -d_1$
$\frac{d_0}{d_1} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{d_2}{d_0} = a^2$	$\frac{d_0}{d_2} = \frac{d_1}{d_0} = \frac{d_2}{d_1} = a$
$d_0 = ad_2 = a^2d_1$	$d_0d_1 = d_1 - d_0 = d_2^2 = -3$
$d_1 = ad_0 = a^2d_2$	$d_0d_2 = d_2 - d_1 = d_1^2 = -3a$
$d_2 = ad_1 = a^2d_0$	$d_1d_2 = d_0 - d_2 = d_0^2 = -3a^2$

Dạng sự cố này khi tiến hành phân tích bằng đại số thì rất phức tạp, và các kết quả là các số phức. Tuy nhiên, chúng ta lại có thể dễ dàng thấy được sự đối xứng giữa các thành phần dòng điện và điện áp tại N và tại vị trí đặt rơ le R. Các kết quả được biểu diễn ở bảng 9.6 với tổng trớ được xác định sắp xếp thành cột và để so sánh với các kết quả khác. Các kết quả tại N và R có dạng tương tự nhau. Dòng tại R bị đổi bởi các hằng số  $C_0$ ,  $C_1$  và  $C_2$ , và nó chỉ là một phần của dòng sự cố tổng cộng đi qua biến dòng biến dòng của rơ le. Giá trị áp bị thay đổi bởi sự thay đổi của hai tổng trớ được xem là cần thiết khi giá trị điện áp sự cố không xuất hiện tại vị trí đặt rơ le, thậm chí các dạng phương trình áp được xem là hoàn toàn chính xác cho cả hai vị trí.

Đối với hai pha chạm đất ta có: Các giá trị điện áp tại R

$$\begin{array}{lll}
 \dot{Z}_{2X} = \dot{Z}_N + \dot{Z}_2 & \dot{Z}_{N1} = \dot{Z}_N + \dot{C}_1 h \dot{Z}_{L1} & \text{Thay } Z_N \text{ bằng } Z_{N1} \\
 \dot{Z}_{oX} = \dot{Z}_N + \dot{Z}_o + 3\dot{Z}_G & \dot{Z}_{2C} = \dot{Z}_2 - \dot{C}_2 h \dot{Z}_{L2} & \text{Thay } Z_2 \text{ bằng } Z_{2C} \\
 \dot{Z}_{oC} = \dot{Z}_o - \dot{C}_o h \dot{Z}_{L0} & & \text{Thay } Z_o \text{ bằng } Z_{oC}
 \end{array}$$

Bảng 9.6. Bảng tóm tắt các kết quả của sự cố hai dây chạm đất tại N.

Đại lượng	Giá trị tại N	Giá trị tại R
$KI_0$	$-\dot{Z}_{2X}$	$\dot{C}_0 \dot{Z}_{2X}$
$KI_1$	$\dot{Z}_{2X} + \dot{Z}_{0X}$	$\dot{C}_1 (\dot{Z}_{2X} + \dot{Z}_{0X})$
$KI_2$	$-\dot{Z}_{0X}$	$-\dot{C}_2 \dot{Z}_{0X}$
$KI_a$	0	$(\dot{C}_1 - \dot{C}_0) \dot{Z}_{2X} + (\dot{C}_1 - \dot{C}_2) \dot{Z}_{0X}$
$KI_b$	$-d_0 \dot{Z}_{2X} + d_2 \dot{Z}_{0X}$	$(a^2 \dot{C}_1 - \dot{C}_0) \dot{Z}_{2X} + (a^2 \dot{C}_1 - a \dot{C}_0) \dot{Z}_{0X}$
$KI_c$	$-d_1 \dot{Z}_{2X} - d_2 \dot{Z}_{0X}$	$(a \dot{C}_1 - \dot{C}_0) \dot{Z}_{2X} + (a \dot{C}_1 - a^2 \dot{C}_2) \dot{Z}_{0X}$
$K(I_a - I_b)$	$d_0 \dot{Z}_{2X} - d_2 \dot{Z}_{0X}$	$d_0 \dot{C}_1 \dot{Z}_{2X} + (d_0 \dot{C}_1 - d_1 \dot{C}_2) \dot{Z}_{0X}$
$K(I_b - I_c)$	$d_2 (\dot{Z}_{2X} + 2\dot{Z}_{0X})$	$d_2 [\dot{C}_1 \dot{Z}_{2X} + (\dot{C}_1 + \dot{C}_2) \dot{Z}_{0X}]$
$K(I_c - I_a)$	$d_1 \dot{Z}_{2X} - d_2 \dot{Z}_{0X}$	$d_1 \dot{C}_1 \dot{Z}_{2X} + (d_1 \dot{C}_1 + d_0 \dot{C}_2) \dot{Z}_{0X}$
$KV_0$	$\dot{Z}_0 \dot{Z}_{2X}$	$\dot{Z}_{0C} \dot{Z}_{2X}$
$KV_1$	$\dot{Z}_N (\dot{Z}_{2X} + \dot{Z}_{0X}) + \dot{Z}_{2X} \dot{Z}_{0X}$	$\dot{Z}_{N1} (\dot{Z}_{2X} + \dot{Z}_{0X}) + \dot{Z}_{2X} \dot{Z}_{0X}$
$KV_2$	$\dot{Z}_2 \dot{Z}_{0X}$	$\dot{Z}_{2C} \dot{Z}_{0X}$
$KV_a$	$(\dot{Z}_N + \dot{Z}_0) \dot{Z}_{2X} + (\dot{Z}_N + \dot{Z}_2) \dot{Z}_{0X} + \dot{Z}_{2X} \dot{Z}_{0X}$	Thay $\dot{Z}_N$ bằng $\dot{Z}_{N1}$
$KV_b$	$(a^2 \dot{Z}_N + \dot{Z}_0) \dot{Z}_{2X} + (a^2 \dot{Z}_N + a \dot{Z}_2) \dot{Z}_{0X} + a^2 \dot{Z}_{2X} \dot{Z}_{0X}$	$\dot{Z}_2 - \dot{Z}_{2C}$
$KV_c$	$(a \dot{Z}_N + \dot{Z}_0) \dot{Z}_{2X} + (a \dot{Z}_N + a^2 \dot{Z}_2) \dot{Z}_{0X} + a \dot{Z}_{2X} \dot{Z}_{0X}$	$\dot{Z}_0 - \dot{Z}_{0C}$
$KV_{ab}$	$d_0 [\dot{Z}_N (\dot{Z}_{2X} + \dot{Z}_{0X}) + \dot{Z}_{2X} \dot{Z}_{0X}] - d_1 \dot{Z}_2 \dot{Z}_{0X}$	
$KV_{bc}$	$d_2 [\dot{Z}_N (\dot{Z}_{2X} + \dot{Z}_{0X}) + \dot{Z}_{2X} \dot{Z}_{0X}] - d_2 \dot{Z}_2 \dot{Z}_{0X}$	
$KV_{ca}$	$d_1 [\dot{Z}_N (\dot{Z}_{2X} + \dot{Z}_{0X}) + \dot{Z}_{2X} \dot{Z}_{0X}] - d_0 \dot{Z}_2 \dot{Z}_{0X}$	

## B. CÁC BÀI TOÁN ÁP DỤNG

### TÍNH NGẮN MẠCH

1. Kháng trở đường dây truyền tải 110kV là  $18\Omega$ . Tính kháng trở này trong đơn vị tương đối. Khi chọn  $S_{cb} = 100\text{MVA}$  và điện áp dây  $U_{cb} = 115\text{kV}$ .

**Giải.** Công suất cơ bản:  $S_{cb} = \sqrt{3} U_{cb} I_{cb}$  (1)

$$\text{Tổng trở cơ bản: } Z_{cb} = \frac{U_{pcb}}{I_{cb}} = \frac{U_{cb}}{\sqrt{3} I_{cb}} \Omega \quad (2)$$

$U_{pcb}$  - điện áp pha cơ bản;  $U_{cb}$  - điện áp dây cơ bản.

Các giá trị trong đơn vị tương đối được xác định.

$$E^* = \frac{E}{U_{cb}} \quad (3); \quad U^* = \frac{U}{U_{cb}} \quad (4); \quad I^* = \frac{I}{I_{cb}} \quad (5); \quad S^* = \frac{S}{S_{cb}} \quad (6); \quad Z^* = \frac{Z}{Z_{cb}} \quad (7)$$

$$\text{Từ (2) và (7): } Z^* = \frac{Z}{Z_{cb}} = \frac{\sqrt{3} I_{cb} \cdot Z}{U_{cb}} \quad (8); \quad Z^* = \frac{\sqrt{3} I_{cb} \cdot U_{cb}}{U_{cb}^2} \cdot Z = Z \cdot \frac{S_{cb}}{U_{cb}^2} \quad (9)$$

trong đó:  $Z^*$  - tổng trở đơn vị tương đối;  $I_{cb}$  - dòng cơ bản (kA)

$U_{cb}$  - điện áp dây cơ bản (kV);  $S_{cb}$  - công suất 3 pha cơ bản (MVA)

$$\text{Từ đó: } x^* = x_1 \cdot \frac{S_{cb}}{U_{cb}^2} = 18 \cdot \frac{100}{115^2} = 0,136$$

2. Xác định tổng trở máy biến áp 2 cuộn dây, 3 pha trong hệ đơn vị có tên ở phía cao-hạ, và trong đơn vị tương đối. Cho công suất định mức máy biến áp  $S_{cb} = 16\text{ MVA}$ , tỉ số máy biến áp là  $115\text{kV}/6,6\text{kV}$ . Điện áp ngắn mạch  $U_N\% = 10,5$ . Chọn  $U_{cb} = 6,3\text{kV}$  và  $S_{cb} = 100\text{MVA}$ .

**Giải.** Như đã biết với các số liệu trong bảng dữ liệu, tổng trở tương đối của máy phát, máy biến áp, kháng trở trong các phần tử khác được tính theo các giá trị cơ bản là giá trị định mức của chúng:  $Z_{dm}^* = \frac{U_N\%}{100}$

Tổng trở có tên được tính theo tổng trở đơn vị tương đối là:

$$Z = \frac{Z_{dm}^* U_{dm}}{\sqrt{3} I_{dm}} = \frac{Z\%. U_{dm}}{100 \sqrt{3} I_{dm}} \Omega$$

hay:  $Z = Z_{dm}^* \frac{U_{dm}^2}{S_{dm}} = \frac{Z\%. U_{dm}^2}{100 S_{dm}} \Omega$

Tổng trở biến áp có tên phía cao và hạ là:

$$Z_{cao} = \frac{U_N\%. U_{dm, cao}^2}{100 S_{dm}} = \frac{10,5 \cdot 115^2}{100 \cdot 16} = 87 \Omega$$

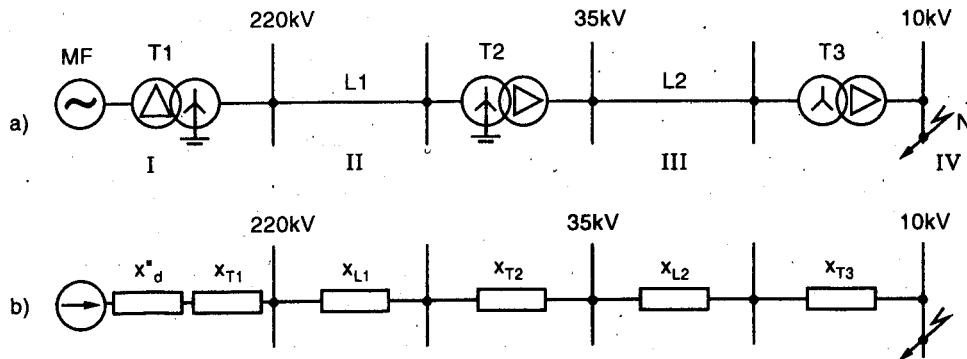
$$Z_{\text{h}\bar{a}} = \frac{U_N \% \cdot U_{\text{dm.ha}}^2}{100 S_{\text{dm}}} = \frac{10,5 \cdot 6,6^2}{100 \cdot 16} = 0,286 \Omega$$

Tổng trở đơn vị tương đối của cơ bản mới ( $U_{\text{cb}}$ ,  $S_{\text{cb}}$ ) tính từ tổng trở đơn vị tương đối của cơ bản cũ ( $U_{\text{dm}}$ ,  $S_{\text{dm}}$ ) là:

$$Z_{\text{cb}}^* = Z_{\text{dm}}^* \cdot \frac{U_{\text{cb}} \cdot U_{\text{dm}}}{U_{\text{dm}} \cdot U_{\text{cb}}}; \quad Z_{\text{cb}}^* = Z_{\text{dm}}^* \cdot \frac{S_{\text{cb}} \cdot U_{\text{dm}}^2}{S_{\text{dm}} \cdot U_{\text{cb}}^2}$$

nên tổng trở máy biến áp tính trong đơn vị tương đối theo giá trị  $U_{\text{cb}} = 6,3 \text{ kV}$  và  $S_{\text{cb}} = 100 \text{ MVA}$  là:  $Z_{\text{cbT}}^* = 0,105 \cdot \frac{100 \cdot 6,6^2}{16 \cdot 6,3^2} = 0,72$

3. Cho mạng điện như H.B.3. a. Xác định dòng điện ngắn mạch qua máy phát khi ngắn mạch tại thanh gốp 10kV (điểm N).



Hình B.3

Số liệu các phần tử như sau:

- **Máy phát:** công suất 117,5 MVA; 13,8 kV;  $x_d^* = 0,138$ ;  $\cos\phi = 0,85$ .
- **Máy biến áp  $T_1$ :** công suất 125 MVA; 242/13,8 kV;  $U_N \% = 11\%$ ; đường dây  $L_1$  dài 140 km  $x_1 = 0,4 \Omega/\text{km}$ .
- **Máy biến áp  $T_2$ :** công suất 100 MVA; 230/38,5 kV;  $U_N \% = 12\%$ ; đường dây  $L_2$  dài 20 km  $x_2 = 0,4 \Omega/\text{km}$ .
- **Máy biến áp  $T_3$ :** công suất 6,3 MVA; 35/11 kV;  $U_N \% = 7,5\%$ .

**Giải.** Chọn:  $U_{\text{cb}} = U_I = U_{\text{dmMF}} = 13,8 \text{ kV}$ .

Tổng trở siêu quá độ máy phát:

$$x_d^* = x_d^* \frac{U_{\text{dmMF}}^2}{S_{\text{dmMF}}} = 0,138 \cdot \frac{13,8^2}{117,5} = 0,224 \Omega$$

Tổng trở máy biến áp:

$$x_{T1} = \frac{U_N\% \cdot U_{dmT1}^2}{100 \cdot S_{dmT1}} = \frac{11.13,8^2}{100.125} = 0,167 \Omega$$

Tổng trở đường dây  $L_1$ :

$$x_{L1} = x_1 \cdot l_1 \cdot K_{T1}^2 = 0,4 \cdot 140 \cdot (1,38/242)^2 = 0,182 \Omega$$

Tổng trở máy biến áp  $T_2$ :

$$x_{T2} = \frac{U_N\% \cdot U_{T2ha}^2}{100 \cdot S_{dmT2}} \cdot K_{T1}^2 = \frac{12.230^2}{100.100} \cdot \frac{13,8^2}{242^2} = 0,207 \Omega$$

Tổng trở đường dây  $L_2$ :

$$x_{L2} = x_1 \cdot l_2 \cdot K_{T1}^2 \cdot K_{T2}^2 = 0,4 \cdot 40 \cdot (13,8/242)^2 \cdot (230/38,5)^2 = 0,93 \Omega$$

Tổng trở máy biến áp  $T_3$ :

$$x_{T3} = \frac{U_N\% \cdot U_{T3ha}^2}{100 \cdot S_{dmT3}} \cdot K_{T1}^2 \cdot K_{T2}^2 = \frac{7,5 \cdot 35^2}{100 \cdot 63} \cdot \frac{13,8^2}{242^2} \cdot \frac{230^2}{38,5^2} = 1,69 \Omega$$

Sức điện động siêu quá độ máy phát trong đơn vị tương đối theo các thông số định mức máy phát là:

$$E_{dmMF}^* = \sqrt{(U_{dmMF}^* \cdot \cos \varphi_{dm})^2 + (U_{dmMF}^* \cdot \sin \varphi_{dm} + I_{dmMF}^* \cdot x_d^*)^2}$$

$$E_{dmMF}^* = \sqrt{(1,0,85)^2 + (1,0,53 + 1,0,138)^2} = 1,08$$

Như thế sức điện động máy phát ở cấp điện áp cơ bản là:

$$E'' = E_{dmMF}^* \cdot U_{dmMF} = 1,08 \cdot 13,8 = 14,9 \text{ kV.}$$

Dòng điện ngắn mạch 3 pha qua máy phát:

$$I_{I'}^{(3)} = I_{MF}^{(3)} = \frac{E''}{\sqrt{3} \cdot \sum x}$$

với:  $\sum x = x_d + x_{T1} + x_{L1} + x_{T2} + x_{L2} + x_{T3} =$   
 $= 0,224 + 0,167 + 0,182 + 0,207 + 0,93 + 1,69 = 3,4 \Omega$   
 $\Rightarrow I_{MF}^{(3)} = 14,9 / \sqrt{3} \cdot 3,4 = 2,53 \text{ kA}$

Dòng ngắn mạch qua đường dây  $L_1$ :

$$I_{II}^{(3)} = I_{L1}^{(3)} = I_I^{(3)} \cdot K_{T1} = 2,53 \cdot 13,8/242 = 0,144 \text{ kA}$$

Dòng ngắn mạch qua đường dây  $L_2$ :

$$I_{III}^{(3)} = I_{L2}^{(3)} = I_I^{(3)} \cdot K_{T1} \cdot K_{T2} = 2,53 \cdot \frac{13,8}{242} \cdot \frac{230}{38,5} = 0,862 \text{ kA}$$

Dòng ngắn mạch tại chốt ngắn mạch:

$$I_{IV}^{(3)} = I_N^{(3)} = I_I^{(3)} \cdot K_{T1} \cdot K_{T2} \cdot K_{T3} = 2,53 \cdot \frac{13,8}{242} \cdot \frac{230}{38,5} \cdot \frac{35}{11} = 2,75 \text{ kA}$$

4. Số liệu như bài tập 3. Tính chính xác dòng ngắn mạch 3 pha trong đơn vị tương đối tại điểm ngắn mạch N.

Giải. Điện áp và dòng điện cơ bản tại các cấp điện áp được xác định bằng các hệ số biến đổi máy biến áp:

$$U_{cbx} = \frac{U_{cb}}{K_{T1} \cdot K_{T2} \cdot K_{T3}}; \quad I_{cbx} = \frac{S_{cb}}{\sqrt{3} \cdot U_{cbx}}$$

từ đó:  $Z_{cbx}^* = Z \frac{S_{cb}}{U_{cbx}^2} \quad (1); \quad Z_{cbx}^* = \frac{Z_{dm}^* \cdot U_{dm}^2 \cdot S_{cb}}{S_{dm} \cdot U_{cbx}^2} \quad (2)$

với: Z - tổng trở phần tử trong đơn vị có tên tại cấp điện áp đang xét.

$Z_{dm}^*$  - tổng trở định mức tương đối của phần tử tại cấp điện áp đang xét.

Chọn:  $S_{cb} = 1000 \text{ MVA}$  tại cấp I điện áp máy phát,  $U_{cbx} = U_{cbI} = 13,8 \text{ kV}$  thì dòng cơ bản cấp I là:

$$I_{cbI} = \frac{S_{cb}}{\sqrt{3} \cdot U_{cbI}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 13,8} = 41,8 \text{ kA}$$

Điện áp dòng cơ bản tại các điện áp khác:

$$U_{cbII} = \frac{1}{K_{T1}} \cdot U_{cbI} = \frac{13,8}{13,8/242} = 242 \text{ kV}$$

$$I_{cbII} = \frac{S_{cb}}{\sqrt{3} \cdot U_{cbII}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 242} = 2,38 \text{ kA}$$

$$U_{cbIII} = \frac{1}{K_{T1} \cdot K_{T2}} \cdot U_{cbI} = \frac{13,8}{13,8/242 \cdot 230/38,5} = 40,5 \text{ kV}$$

$$I_{cbIII} = \frac{S_{cb}}{\sqrt{3} \cdot U_{cbIII}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 40,5} = 14,25 \text{ kA}$$

$$U_{cbIV} = \frac{1}{K_{T1} \cdot K_{T2} \cdot K_{T3}} \cdot U_{cbI} = \frac{13,8}{13,8/242 \cdot 230/38,5 \cdot 35/11} = 12,7 \text{ kV}$$

$$I_{cbIV} = \frac{S_{cb}}{\sqrt{3} \cdot U_{cbIV}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 12,7} = 45,5 \text{ kA}$$

Tổng trở cơ bản trong đơn vị tương đối (theo (1) và (2))

Máy phát:  $x_{cbF}^* = \frac{0,138 \cdot 13,8^2}{117,5} \cdot \frac{1000}{13,8^2} = 1,18$

Máy biến áp T1:  $x_{cbT1}^* = \frac{11 \cdot 13,8^2}{100 \cdot 125} \cdot \frac{1000}{13,8^2} = 0,88$

Đường dây L1:  $x_{cbL1}^* = \frac{x_{L1} \cdot S_{cb}}{U_{cbII}^2} = 140 \cdot 0,4 \cdot \frac{1000}{242^2} = 0,955$

Máy biến áp T2:  $x_{cbT2}^* = \frac{U_N \% \cdot U_{dm, cao}^2 \cdot S_{cb}}{100 \cdot S_{dm} \cdot U_{cbII}^2} = \frac{12 \cdot 230^2}{100 \cdot 100} \cdot \frac{1000}{242^2} = 1,083$

Đường dây L2:  $x_{cbL2}^* = \frac{x_{L2} \cdot S_{cb}}{U_{cbIII}^2} = 20.0.4 \cdot \frac{1000}{40,5^2} = 4,88$

Máy biến áp T3:  $x_{cbT3}^* = \frac{U_N \% \cdot U_{dm,ha}^2}{100 \cdot S_{dm}} \cdot \frac{S_{cb}}{U_{cbIV}^2} = \frac{7,5 \cdot 11^2}{100 \cdot 6,3} \cdot \frac{1000}{12,7^2} = 8,93$

Tổng trở tương đương trong đơn vị ngắn mạch:

$$x_{\Sigma}^* = 1,18 + 0,88 + 0,955 + 1,083 + 4,88 + 8,93 = 17,908$$

Sức điện động trong đơn vị tương đối:

$$E_{cb}^* = \frac{E_{dmF}^* U_{dm}}{U_{cbI}} = 1,08 \cdot 13,8 / 13,8 = 1,08$$

Dòng điện ngắn mạch 3 pha tương đối:  $I_N^* = \frac{E_{cb}^*}{x_{\Sigma}^*} = \frac{1,08}{17,908} = 0,0603$

Dòng điện ngắn mạch có tên trên các phàn tử:

Máy phát:  $I_F^{(3)} = I_I^{(3)} = I_N^* \cdot I_{cbI} = 0,0603 \cdot 41,8 = 0,253 \text{ kA}$

Đường dây L1:  $I_{L1}^{(3)} = I_{II}^{(3)} = I_N^* \cdot I_{cbII} = 0,0603 \cdot 2,38 = 0,144 \text{ kA}$

Đường dây L2:  $I_{L2}^{(3)} = I_{III}^{(3)} = I_N^* \cdot I_{cbIII} = 0,0603 \cdot 14,25 = 0,86 \text{ kA}$

Tại thanh cái IV, điểm ngắn mạch N:

$$I_N^{(3)} = I_{IV}^{(3)} = I_N^* \cdot I_{cbIV} = 0,0603 \cdot 45,5 = 2,75 \text{ kA}$$

5. Số liệu như bài tập 3. Tính toán dòng ngắn mạch 3 pha tại điểm N trong đơn vị có tên.

**Giải.** Giải bằng phương pháp này ta chọn cấp điện áp trung bình:

$$U_{tbl} = 13,8 \text{ kV}; U_{tblII} = 230 \text{ kV}; U_{tblIII} = 37 \text{ kV}; U_{tblIV} = 10,5 \text{ kV}$$

Chọn cấp I làm cơ bản, có nghĩa là:  $U_{cb} = U_{tbl} = 13,8 \text{ kV}$ , tất cả tổng trở các phàn tử chuyển về cấp cơ bản này.

$$U_{cb} = U_{dmMF} \quad = U_{dmT1ha} \text{ nên:}$$

$$x_d = x^* \frac{U_{dmMF}^2}{S_{dmMF}} = 0,138 \cdot \frac{13,8^2}{117,5} = 0,224 \Omega$$

$$x_{T1} = \frac{U_N \% \cdot U_{dmT1}^2}{100 \cdot S_{dmT1}} = \frac{11 \cdot 13,8^2}{100 \cdot 125} = 0,167 \Omega$$

$$x_{L1} = x_1 \cdot l_{L1} \cdot \frac{U_{cb}^2}{U_{tblII}^2} = 0,4 \cdot 40 \cdot (13,8 / 230)^2 = 0,202 \Omega$$

$$x_{T2} = \frac{U_N \% \cdot U_{tblII}^2}{100 \cdot S_{dmT2}} \cdot \frac{U_{cb}^2}{U_{tblII}^2} = \frac{12 \cdot 230^2}{100 \cdot 100} \cdot \frac{13,8^2}{230^2} = 0,229 \Omega$$

$$x_{L2} = x_1 \cdot l_{L2} \cdot \frac{U_{cb}^2}{U_{tblIII}^2} = 0,4 \cdot 20 \cdot (13,8 / 37)^2 = 1,114 \Omega$$

$$x_{T3} = \frac{U_N \%. U_{tbIII}^2}{100. S_{dmT3}} \cdot \frac{U_{tbIII}^2}{U_{tbIII}^2} = \frac{7,5 \cdot 37^2}{100 \cdot 63} \cdot \frac{13,8^2}{37^2} = 2,27 \Omega$$

Tổng trở tương đương:

$$x_{\Sigma} = 0,224 + 0,167 + 0,202 + 0,229 + 1,114 + 2,27 = 4,206 \Omega$$

$$I_{NI}^{(3)} = I_F^{(3)} = \frac{14,9}{\sqrt{3} \cdot 4,206} = 2,05 \text{ kA}$$

$$I_{L1}^{(3)} = I_N^{(3)} \frac{U_{cb}}{U_{tbII}} = 2,05 \cdot \frac{13,8}{230} = 0,123 \text{ kA}$$

$$I_{L2}^{(3)} = I_N^{(3)} \frac{U_{cb}}{U_{tbIII}} = 2,05 \cdot \frac{13,8}{37} = 0,765 \text{ kA}$$

$$I_{NIV}^{(3)} = I_N^{(3)} \frac{U_{cb}}{U_{tbIV}} = 2,05 \cdot \frac{13,8}{10,5} = 2,69 \text{ kA}$$

Tính toán bằng phương pháp này có sai số:

$$\Delta I\%_F = (2,05 - 2,53) \cdot 100 / 2,53 = -19\%$$

$$\Delta I\%_N = (2,69 - 2,75) \cdot 100 / 2,75 = -2,18\%$$

6. Giải lại bài tập 3 trong đơn vị tương đối dòng điện ngắn mạch 3 pha tại N, tính toán gần đúng.

**Giải.** Chọn điện áp cơ bản là điện áp định mức trung bình:

$$U_{cb} = U_{tb} = U_{dm}; \quad U_{cbI} = U_{tbI} = U_{dmI}; \quad U_{cbII} = U_{tbII} = U_{dmII}$$

$$U_{cbIII} = U_{tbIII} = U_{dmIII}; \quad U_{cbIV} = U_{tbIV} = U_{dmIV}$$

từ đó:  $Z_{cb}^* = Z \frac{S_{cb}}{U_{cb}^2}; \quad Z_{cb}^* = Z_{dm}^* \frac{S_{cb}}{S_{dm}}$

Chọn:  $S_{cb} = 100 \text{ MVA}$ ;  $U_{cbI} = U_{tbI} = 13,8 \text{ kV}$ ;  $U_{cbII} = U_{tbII} = 230 \text{ kV}$

$U_{cbIII} = U_{tbIII} = 37 \text{ kV}$ ;  $U_{cbIV} = U_{tbIV} = 10,5 \text{ kV}$ . Các dòng điện cơ bản là:

$$I_{cbI} = \frac{S_{cb}}{\sqrt{3} \cdot U_{cbI}} = \frac{S_{cb}}{\sqrt{3} \cdot U_{tbI}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 13,8} = 41,8 \text{ kA}; \quad I_{cbII} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 230} = 0,251 \text{ kA}$$

$$I_{cbIII} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 37} = 1,56 \text{ kA}; \quad I_{cbIV} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,5 \text{ kA}$$

Tổng trở các phần tử:

$$x_F^* = x_F^{**} \cdot \frac{S_{cb}}{S_{dmF}} = 0,138 \cdot \frac{100}{117,5} = 0,118; \quad x_{T1}^* = U_N \% \cdot \frac{S_{cb}}{100 \cdot S_{dmT1}} = \frac{11 \cdot 100}{100 \cdot 125} = 0,088$$

$$x_{L1}^* = l_{L1} \cdot x_1 \cdot \frac{S_{cb}}{U_{cbII}^2} = 0,4 \cdot 140 \cdot \frac{100}{230^2} = 0,106; \quad x_{T2}^* = U_N \% \cdot \frac{S_{cb}}{100 \cdot S_{dmT2}} = \frac{12 \cdot 100}{100 \cdot 100} = 0,12$$

$$x_{L2}^* = l_{L2} \cdot x_1 \cdot \frac{S_{cb}}{U_{cbIII}^2} = 0,4 \cdot 20 \cdot \frac{100}{37^2} = 0,583; \quad x_{T3}^* = U_N \% \cdot \frac{S_{cb}}{100 \cdot S_{dmT3}} = \frac{7,5 \cdot 100}{100 \cdot 63} = 1,19$$

Tổng trở tương đương trong đơn vị tương đối:

$$x_{\Sigma}^* = 0,118 + 0,088 + 0,106 + 0,12 + 0,19 = 2,205$$

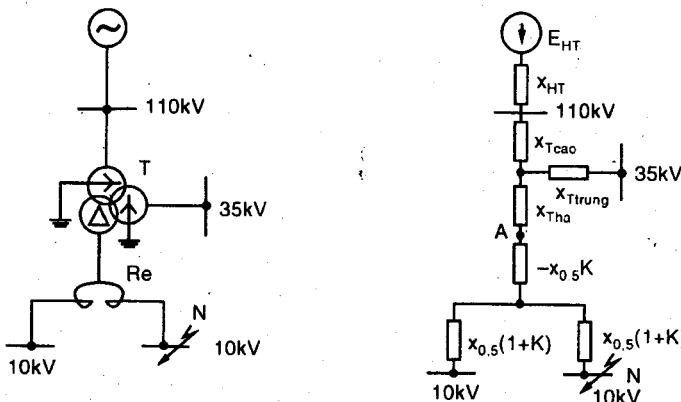
Dòng ngắn mạch tương đối:  $I_N^{*(3)} = \frac{1,08}{2,205} = 0,489$

Dòng điện có tên tại các phan tử:

$$I_F^{(3)} = I_F^{*(3)} I_{cbI} = 0,489 \cdot 4,18 = 2,05 \text{kA} ; I_{L1}^{(3)} = I_N^{*(3)} I_{cbII} = 0,489 \cdot 0,251 = 0,123 \text{kA}$$

$$I_{L2}^{(3)} = I_N^{*(3)} I_{cbIII} = 0,489 \cdot 1,56 = 0,765 \text{kA} ; I_N^{(3)} = I_N^{*(3)} I_{cbIV} = 0,489 \cdot 5,5 = 2,69 \text{kA}$$

7. Tính toán dòng ngắn mạch 3 pha tại điểm N của sơ đồ. Số liệu như sau: hệ thống 121 kV;  $x_{ht} = 5,3 \Omega$ ; Máy biến áp T80 MVA: 115/38,5/11 kV;  $U_{N\%C-T} = 10,5\%$ ;  $U_{N\%C-H} = 17\%$ ;  $U_{N\%T-H} = 6\%$ ; dòng mỗi nhánh kháng điện (3000 A; 10 kV), kháng trở mỗi nhánh cuộn dây kháng điện khi không có dòng nhánh kia  $x_{0,5} = 12\%$ , hệ số liên lạc giữa 2 nhánh  $K = 0,47$ .



Hình B.7

**Giải.** Do sơ đồ đơn giản và thông số hệ thống cho trong đơn vị có tên nên tính toán trong đơn vị có tên chuyển về cấp điện áp hệ thống 110kV, tổng trở thay thế máy biến áp của 3 cuộn dây được tính theo:

$$U_{N\%C} = 0,5 (U_{N\%C-T} + U_{N\%C-H} - U_{N\%T-H})$$

$$U_{N\%T} = 0,5 (U_{N\%C-T} + U_{N\%T-H} - U_{N\%C-H})$$

$$U_{N\%H} = 0,5 (U_{N\%C-H} + U_{N\%T-H} - U_{N\%C-T})$$

từ đó:  $x_{Tcao} = 0,5/100 (10,5+17-6) \cdot 115^2/80 = 17,8 \Omega$

$$x_{Trung} = 0,5/100 (10,5+6-17) \cdot 115^2/80 = -0,41 \Omega$$

$$x_{Tha} = 0,5/100 (17+6-10,5) \cdot 115^2/80 = 10,33 \Omega$$

Tổng trở kháng điện trong đơn vị có tên chuyển về phía 110kV

$$x_{0,5} = (x\% \cdot U_{Redm} \cdot k_T^2) / 100 \cdot \sqrt{3} \cdot I_{dimRe} = \frac{12 \cdot 10 (15/11)^2}{100 \cdot \sqrt{3} \cdot 3} = 25,2 \Omega$$

$$x_{0,5} \cdot k = 25,2 \cdot 0,47 = 11,87 \Omega$$

$$x_{0,5} \cdot (1+k) = 25,2 \cdot (1+0,47) = 37,07 \Omega$$

Tổng trở tương đương sơ đồ tới điểm ngắn mạch.

$$\begin{aligned} x_{\Sigma} &= x_{HT} + x_{Tcao} + x_{Tha} - x_{0,5} \cdot k + x_{0,5} \cdot (1+k) \\ &= 5,3 + 17,8 + 10,33 - 11,87 + 37,07 = 58,63 \Omega \end{aligned}$$

Dòng ngắn mạch tại N phía 110kV:

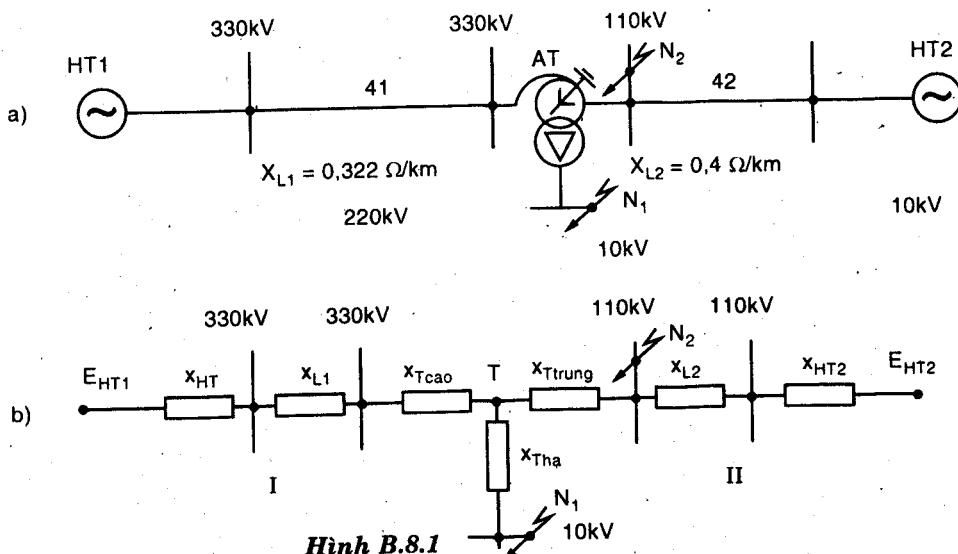
$$I_N^{(3)} = E_{HT} / (\sqrt{3} \cdot x_{\Sigma}) = \frac{121}{\sqrt{3} \cdot 58,63} = 1,193 \text{ kA}$$

$$\text{Dòng ngắn mạch phía 10kV: } I_N^{(3)} = \frac{1,193 \cdot 115}{11} = 12,5 \text{ kA}$$

8. Tính toán dòng ngắn mạch 3 pha tại N1, N2 của sơ đồ (H.B.8.1a). Số liệu như sau: Hệ thống HT1:  $E_{HT1} = 346 \text{ kV}$ ;  $x_{HT} = 15,4 \Omega$ ; Hệ thống 2:  $E_{HT2} = 124 \text{ kV}$ ;  $x_{HT2} = 9 \Omega$ ; đường dây L1 = 106km; máy biến áp tự ngẫu AT công suất 100MVA; 330/ 115/ 11kV;  $U_{N\% \text{ C.T}} = 10\%$ ;  $U_{N\% \text{ C.H}} = 34\%$ ;  $U_{N\% \text{ T.H}} = 22,5\%$ , không có phụ tải phía 10kV; đường dây L2 = 2km;  $x_2 = 0,4 \Omega / \text{km}$ .

**Giải.** a. Khi ngắn mạch tại N1:

Tính toán trong đơn vị có tên ở phía điện áp 110 kV, sơ đồ thay thế tương đương máy biến áp tự ngẫu tương tự như máy biến áp 3 cuộn dây (H.B.8.1):



Hình B.8.1

$$U_{N\% \text{ cao}} = 0,5 \cdot (10 + 34 - 22,5) = 10,75\%; \quad U_{N\% \text{ trung}} = 0,5 \cdot (10 + 22,5 - 10) = -0,75\%$$

$$U_{N\% \text{ ha}} = 0,5 \cdot (34 + 22,5 - 10) = 23,25\%$$

Tính kháng trở máy biến áp ở cơ bản 110kV

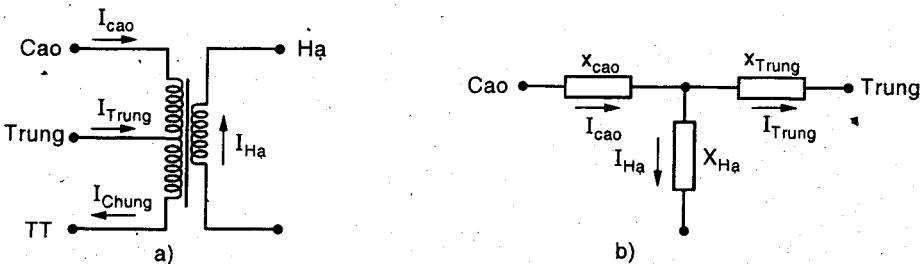
$$x_{cao} = (10,75 \cdot 115^2) / (100 \cdot 200) = 7,12 \Omega; \quad x_{trung} = -(0,75 \cdot 115^2) / (100 \cdot 200) = -0,479 \Omega$$

$$x_{ha} = (23,25 \cdot 115^2) / (100 \cdot 200) = 15,4 \Omega$$

Tính toán hệ thống 1 và đường dây L1, L2 trong đơn vị có tên ở cơ bản 110 kV:  $x_{HT1} = 15,4 \cdot (115/330)^2 = 1,87 \Omega$ ;  $x_{L1} = 106 \cdot 0,322 \cdot (115/330)^2 = 4,16 \Omega$

$$E_{HT1\text{ pha}} = 346 / (\sqrt{3} \cdot 115/330) = 69,7 \text{ kV}; \quad x_{L2} = 0,4 \cdot 20 = 8 \Omega$$

Tổng trở tương đương tới điểm T



Hình B.8.2

$$\text{Nhánh I: } X_1 = X_{HT1} + X_{L1} + X_{Cao} = 1,87 + 4,16 + 7,12 = 13,15 \Omega$$

$$\text{Nhánh II: } X_2 = X_{HT1} + X_{L2} + X_{Trung} = 9 + 8 - 0,497 = 16,503 \Omega$$

$$X_{Td} = \frac{(X_2 * X_1)}{X_2 + X_1} = 7,32 \Omega$$

Tổng trở tương đương tới điểm N<sub>1</sub>:

$$X_{\Sigma} = X_{Td} + X_{ha} = 7,32 + X_{ha} = 7,32 + 15,4 = 22,72 \Omega$$

Sức điện động tương đương:

$$E_{Td} = (E_{HT1\text{ pha}} \cdot X_2 + E_{HT2\text{ pha}} \cdot X_1) / (X_2 + X_1)$$

$$= (69,7 \cdot 16,503 + 71,6 \cdot 13,15) / (13,15 + 16,503) = 70,4 \text{ kV}$$

Dòng ngắn mạch 3 pha tại N<sub>1</sub>: (phía 110 kV)

$$I_N = E_{Td} / X_{\Sigma} = 70,4 / 22,72 = 3,1 \text{ kA}$$

$$\text{Dòng phia 10kV: } I^{(3)}_{N(110)} = I_{N(110)} K_{AT} = 3,1 \cdot (115/11) = 32,4 \text{ kA}$$

$$\text{Dòng ngắn mạch trong cuộn dây hạ: } I_{ha} = 32400 / \sqrt{3} = 18700 \text{ A}$$

Để xác định dòng đường dây L1 và L2 tương ứng với phía cao và trung MBA tự ngắn cần tính điện áp tại điểm T trên sơ đồ thay thế máy biến áp tự ngắn:  $U_T = I_N \cdot X_{ha} = 3,1 \cdot 15,4 = 47,8 \text{ kV}$

$$I_{L2(110)} = I_{Atrung} = (E_{HT2\text{ pha}} - U_T) / X_2 = (71,6 - 47,8) / (16,503) = 1,44 \text{ kA}$$

$$I_{L1(110)} = I_{Cao} = (E_{HT1\text{ pha}} - U_T) / X_1 = (69,7 - 47,8) / 13,15 = 1,665 \text{ kA}$$

$$\text{Dòng phia 330 kV: } I_{L1(330)} = I_{ca} = I_{L1(110)} \cdot K_{AT} = 1,665 \cdot (115/330) = 0,581 \text{ kA}$$

Dòng cuộn trung MBA tự ngắn:

$$I_{Atchung} = I_{Atcao} + I_{Atrung} = 0,581 + 1,44 = 2,021 \text{ kA}$$

$$I_N = I_{AT\text{ chung}} \cdot (U_{trung} / U_{ha}) + s I_{Atcao} (U_{cao} - U_{trung}) / U_{ha} = \\ = 2,021 \cdot (115/11) + 0,581 \cdot (330 - 115) / 11 = 32,45 \text{ kA}$$

Kết quả tính giống như ở trên  $I^{(3)}_{N(110)}$

b. Khi ngắn mạch 3 pha tại thanh gốp 110kV (phía hạ không có ngắn):

$$I_{trung} = I_{L1} = E_{HT1\text{ pha}} / (X_1 + X_2) = 69,7 / (13,15 - 0,497) = 5,51 \text{ kA}$$

$$\text{Dòng đường dây L1: } I_{L1} = I_{Atcao} = I_{L1(110)} \cdot K_{AT} = 5,51 \cdot (115/330) = 1,92 \text{ kA}$$

$$\text{Dòng cuộn chung: } I_{chung} = I_{cao} - I_{trung} = 1,92 - 5,51 = - 3,59 \text{ kA.}$$

9. Trình bày công thức tính dòng điện và điện áp tại điểm sự cố các dạng ngắn mạch khác nhau. So sánh dòng ngắn mạch chạm đất 1 pha và 2 pha chạm đất theo tỷ số tổng trở tương đương thứ tự nghịch và không nghịch ( $Z_{o\Sigma}$  và  $Z_{1\Sigma}$ )

**Giải.** a) Dòng ngắn mạch pha A thứ tự thuận với dạng ngắn mạch (n) khi

$$\text{chạm trực tiếp} \rightarrow \text{tính theo công thức: } \dot{I}_{NA1}^{(n)} = \frac{\dot{E}_{A\Sigma}}{\dot{Z}_{1\Sigma} + \dot{Z}_{\Delta}^{(n)}}$$

với:  $\dot{E}_{A\Sigma}$  - sức điện động tương đương;  $\dot{Z}_{\Delta}^{(n)}$  - tổng trở sự cố thêm vào

$\dot{Z}_{1\Sigma}$  - tổng trở thứ tự thuận tương đương tới điểm ngắt mạch.

Trị số tổng trở  $\dot{Z}_{\Delta}^{(n)}$ , dòng ngắn mạch pha A thứ tự nghịch và dòng ngắn mạch pha A thứ tự không tính theo dòng  $\dot{I}_{NA1}^{(n)}$  theo dạng ngắn mạch (n) được cho ở bảng sau:

Dạng ngắn mạch	(n)	$\dot{Z}_{\Delta}^{(n)}$	$\dot{I}_{NA2}^{(n)}$	$\dot{I}_{No}^{(n)}$
NM 3 pha (A,B,C)	(3)	0	0	0
NM 2 pha (B,C)	(2)	$\dot{Z}_{2\Sigma}$	$-\dot{I}_{NA1}^{(n)}$	0
NM 1 pha(A) chạm đất	(1)	$\dot{Z}_{2\Sigma} + \dot{Z}_{o\Sigma}$	$\dot{I}_{NA1}^{(n)}$	$\dot{I}_{NA1}^{(n)}$
NM 2 pha chạm đất (B,C)	(1,1)	$\frac{\dot{Z}_{2\Sigma} \dot{Z}_{o\Sigma}}{\dot{Z}_{2\Sigma} + \dot{Z}_{o\Sigma}}$	$\frac{-\dot{Z}_{o\Sigma}}{\dot{Z}_{2\Sigma} + \dot{Z}_{o\Sigma}} \dot{I}_{NA1}^{(n)}$	$\frac{-\dot{Z}_{2\Sigma}}{\dot{Z}_{2\Sigma} + \dot{Z}_{o\Sigma}} \dot{I}_{NA1}^{(n)}$

với:  $\dot{Z}_{2\Sigma}$ ,  $\dot{Z}_{o\Sigma}$  - tổng trở thứ tự nghịch và không tương đương tính tới điểm ngắn mạch. Điện áp thứ tự thuận, nghịch, không tại điểm ngắn mạch được xác định:

$$\dot{U}_{NA1}^{(n)} = \dot{I}_{NA1}^{(n)} \dot{Z}_{\Delta}^{(n)}; \quad \dot{U}_{NA2}^{(n)} = -\dot{I}_{NA2}^{(n)} \dot{Z}_{2\Sigma}; \quad \dot{U}_{No}^{(n)} = -\dot{I}_{No}^{(n)} \dot{Z}_{o\Sigma}$$

Dòng toàn phần các pha A, B, C được xác định:

$$\dot{I}_A^{(n)} = \dot{I}_{A1}^{(n)} + \dot{I}_{A2}^{(n)} + \dot{I}_o^{(n)}; \quad \dot{I}_B^{(n)} = a^2 \dot{I}_{A1}^{(n)} + a \dot{I}_{A2}^{(n)} + \dot{I}_o^{(n)}; \quad \dot{I}_C^{(n)} = a \dot{I}_{A1}^{(n)} + a^2 \dot{I}_{A2}^{(n)} + \dot{I}_o^{(n)}$$

b) Khi ngắn mạch 1 pha chạm đất:  $\dot{I}_{NA1}^{(1)} = \dot{I}_{NA2}^{(1)} = \dot{I}_{No}^{(1)} = \frac{\dot{E}_{\Sigma}}{2\dot{Z}_{1\Sigma} + \dot{Z}_{o\Sigma}}$

Khi ngắn mạch hai pha chạm đất:

$$\dot{I}_{NA1}^{(1,1)} = \frac{\dot{E}_{\Sigma}}{\dot{Z}_{1\Sigma} + [\dot{Z}_{1\Sigma} \cdot \dot{Z}_{o\Sigma} / (\dot{Z}_{1\Sigma} + \dot{Z}_{o\Sigma})]}; \quad \dot{I}_{No}^{(1,1)} = \dot{I}_{NA1}^{(1,1)} \frac{\dot{Z}_{1\Sigma}}{\dot{Z}_{1\Sigma} + \dot{Z}_{o\Sigma}} = \frac{\dot{E}_{\Sigma}}{\dot{Z}_{1\Sigma} + 2\dot{Z}_{o\Sigma}}$$

khi:  $\dot{Z}_{1\Sigma} = \dot{Z}_{2\Sigma}$ ; tỉ số:  $\frac{\dot{I}_{No}^{(1,1)}}{\dot{I}_{No}^{(1)}} = \frac{2\dot{Z}_{1\Sigma} + \dot{Z}_{o\Sigma}}{\dot{Z}_{1\Sigma} + 2\dot{Z}_{o\Sigma}}$

nếu:  $\dot{Z}_{o\Sigma} = \dot{Z}_{1\Sigma}$  thì  $\dot{I}_{No}^{(1,1)} = \dot{I}_{No}^{(1)}$ ;  $\dot{Z}_{o\Sigma} < \dot{Z}_{1\Sigma}$  thì  $\dot{I}_{No}^{(1,1)} > \dot{I}_{No}^{(1)}$   
 $\dot{Z}_{o\Sigma} > \dot{Z}_{1\Sigma}$  thì  $\dot{I}_{No}^{(1,1)} < \dot{I}_{No}^{(1)}$ ;  $\frac{x_{o\Sigma}}{x_{1\Sigma}} \leq 1,46$

thì:  $\dot{I}_N^{(2)} \leq \dot{I}_N^{(1)}$

với:  $\dot{I}_N^{(2)}$  và  $\dot{I}_N^{(1)}$  - là dòng ngắn mạch toàn phần khi ngắn mạch 2 pha và 1 pha tại điểm ngắn mạch.

10. Vẽ và tính giá trị các phần tử hệ thống điện H.B.10.1 trong đơn vị tương đối. Chọn  $S_{cb} = 100\text{MVA}$ ;  $U_{cb} = 132\text{kV}$ .

**Giải.** *Nhà máy thủy điện:*

$G_1, G_2: 66,6 \text{ MVA}; 11\text{kV}; x_d = 0,95; x'_d = 0,325; x''_d = 0,26$

$T_1, T_2: 75\text{MVA}; 11/\text{k} \pm 10\%; X = 0,125$

*Nhà máy nhiệt điện:*

$G_3, G_4, G_5, G_6: 75 \text{ MVA}; 11,8 \text{ kV}; x_d = 1,83; x'_d = 0,165; x''_d = 0,111$

$T_{15}, T_{16}, T_{17}, T_{18}: 75 \text{ MVA}; 11,8/145 \pm 10\% \text{ kV}; X = 0,125$

$T_{11}, T_{12}, T_{13}, T_{20}, T_{21}: 60 \text{ MVA}; 132/33 \text{ kV}; x = 0,125$

$T_3, T_4: 30 \text{ MVA}; 132/33 \text{ kV}; X = 0,1$

$T_7, T_8: 45 \text{ MVA}; 132/11 \text{ kV}; X = 0,125$

$T_9, T_{10}: 120 \text{ MVA}; 275/132/11 \text{ kV}; x_{C,T} = 0,15; x_{C,H} = 0,35; x_{T,H} = 0,25$

$S_{NM_{HT}} = 7500 \text{ MVA} (275 \text{ kV})$

*Các đường dây:*

Tất cả ĐĐ 132kV:  $S_1 = 1,129 \text{ cm}^2$  còn  $D_5, D_6$ :  $S_1 = 2,581 \text{ cm}^2$

$S_1 = 1,129 \text{ cm}^2; R = 0,00091 \Omega/\text{km}; X = 0,00239 \Omega/\text{km}$

$S_2 = 2,581 \text{ cm}^2; R = 0,00039 \Omega/\text{km}$

$X = 0,00221 \Omega/\text{km}$

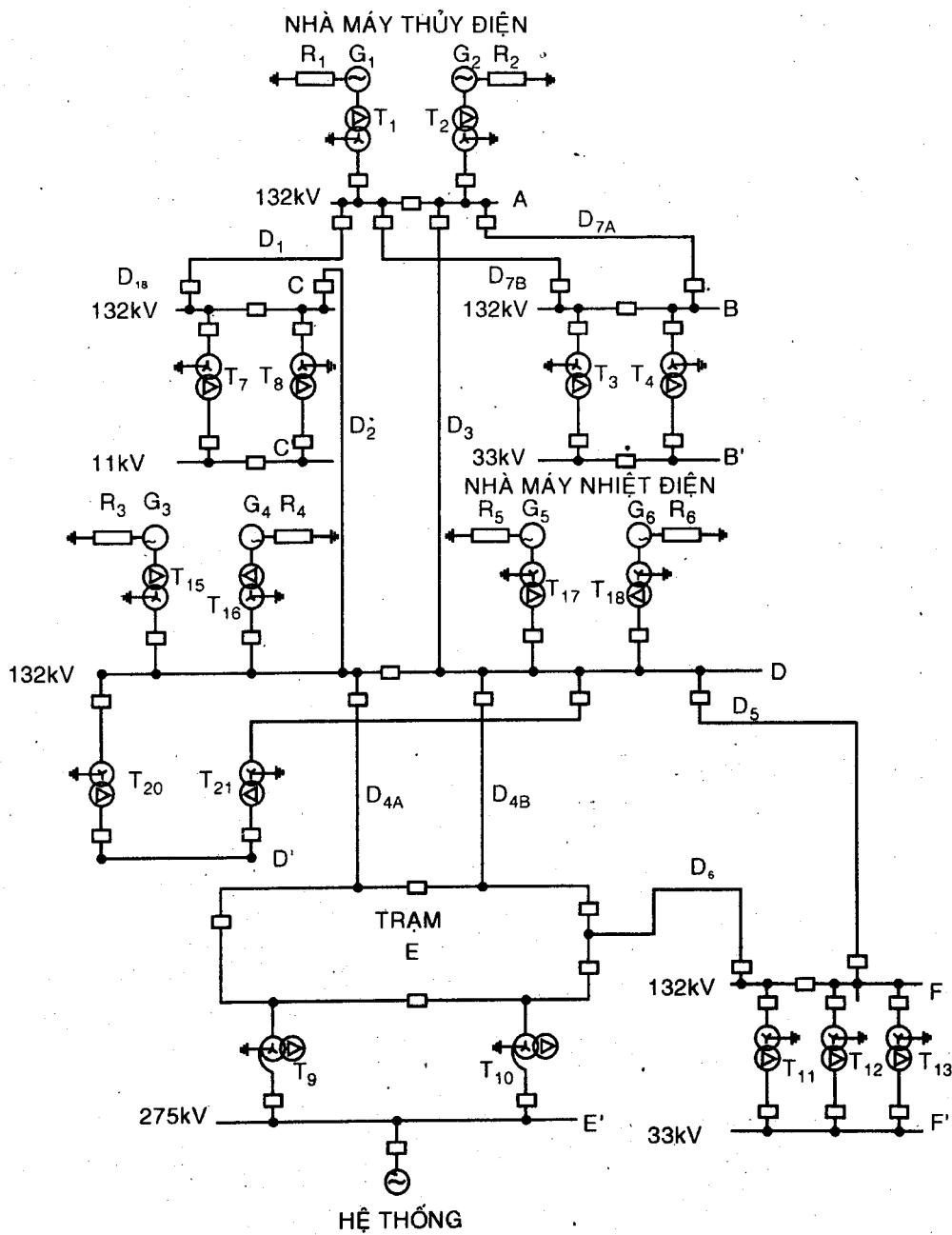
$(S_{cb} = 100 \text{ MVA})$

$Z_o/Z_1 = 2,5$

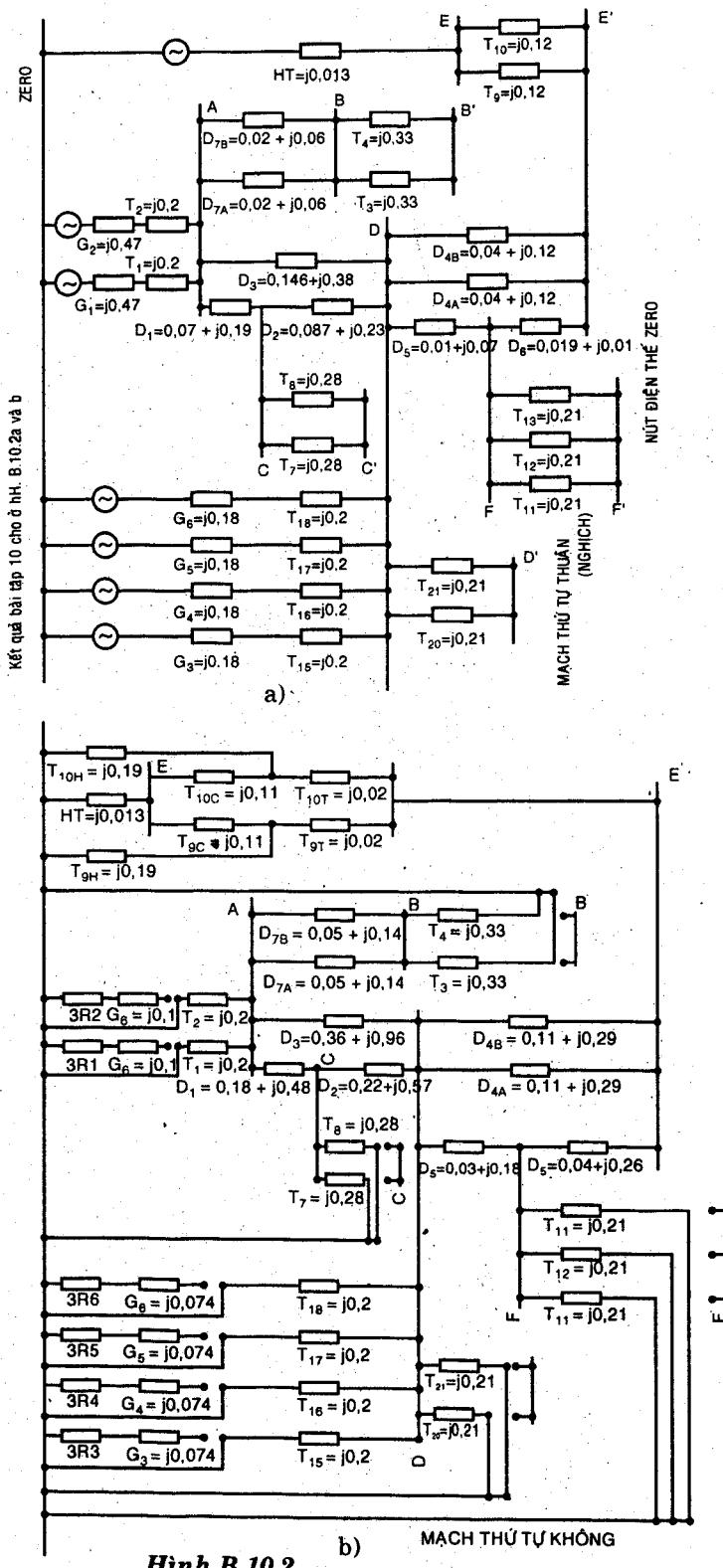
$D_1 = 80,5 \text{ km}; D_2 = 96,6 \text{ km}; D_3 = 160,9 \text{ km}; D_{4A} = D_{4B} = 48,3 \text{ km};$

$D_5 = 32,2 \text{ km}; D_6 = 18,3 \text{ km}; D_{7A} = D_{7B} = 24,1 \text{ km}.$

Kết quả cho ở hình H.B.10.2

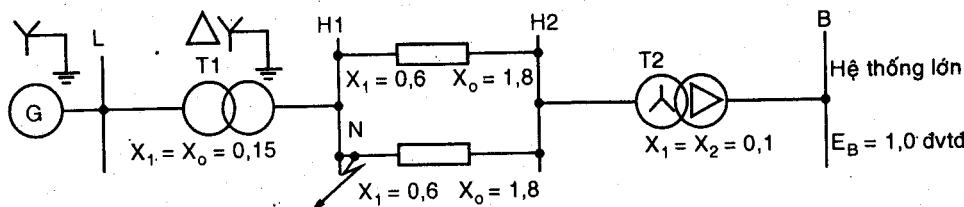


Hình B.10.1



Hình B.10.2

## 11. H.B.11.1 biểu diễn hệ thống với máy phát 1000 MVA, 20 kV.

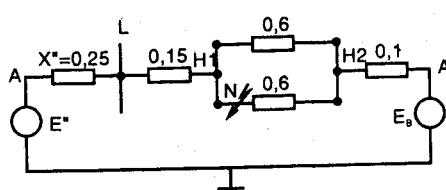


Hình B.11.1

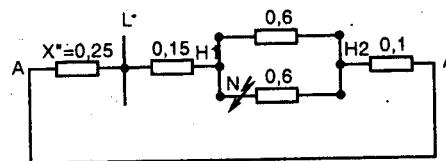
Dữ liệu đường dây được biểu diễn trên hình là giá trị tương đối trên giá trị cơ bản 1000 MVA, 20 kV.

Giá trị tương đối của máy phát trên giá trị cơ bản định mức của máy phát như sau:

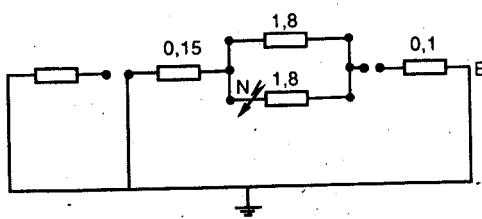
$X_d = 1,81$	$X_q = 1,76$	$X_d' = 0,3$	$X_q' = 0,65$
$X_d'' = X_q'' = 0,25$	$X_2 = 0,25$	$X_0 = 0,04$	$R_s = 0,003$
$R_2 = 0,063$	$R_0 = 0,005$	$T_{D''} = 8,0s$	$T_{q''} = 1,0s$
$T_{d''} = 0,03$	$T_{q''} = 0,07s$	$H = 3,5$	$K_D = 0$



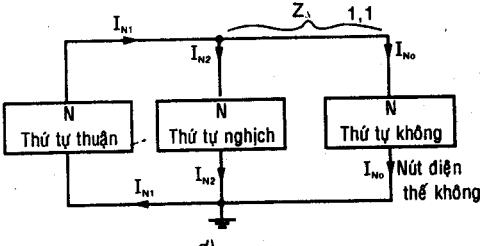
a) Mạng thứ tự thuận



b) Mạng thứ tự nghịch



c) Mạng thứ tự không



Hình B.11.2

Trung tính của stator máy phát và cuộn dây máy phía cao biến áp T1 được nối đất trực tiếp. Trung tính của cuộn dây nối hình sao của máy biến áp T2 không nối đất.

a) Ngăn mạch hai pha chạm đất xảy ra tại N. Cho biết trước khi sự cố tại máy phát:  $P_o = 0$ ;  $Q_o = 0$ ;  $E_G = 1,0$

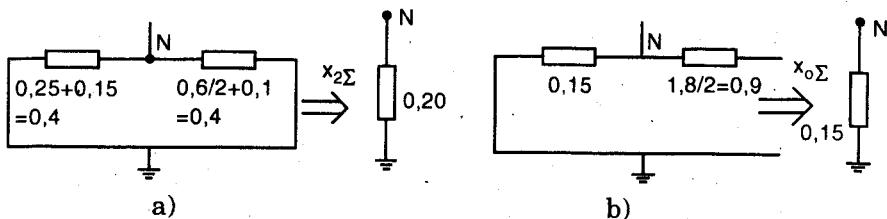
Tính toán biên độ của dòng thứ tự thuận, thứ tự nghịch, và thứ tự không trên hệ thống sau khi sự cố xảy ra.

b) Kết quả trên sẽ thay đổi thế nào nếu sự cố một pha với đất và sự cố pha với pha xảy ra tại N?

**Giải.** Trong tình trạng tức thì sau khi sự cố xảy ra, kháng trở thứ tự thuận máy phát là:  $X'' = X_d'' = X_q''$ . Ba mạng thứ tự của hệ thống được biểu diễn trên (H.B.11.2). Với:  $X_d'' = X_q'' = X_2$ , trở kháng thứ tự thuận và thứ tự nghịch của các phần tử bằng nhau.

**Ngăn mạch hai pha chạm đất:** Mạng thứ tự và mạng tương đương biểu diễn sự cố tại N được vẽ bằng cách liên kết các mạng thứ tự như trên H.B.11.2 cho trường hợp ngăn mạch 2 pha chạm đất.

Tổng trở tương đương thứ tự nghịch và thứ tự không được đo tại điểm chạm N biểu diễn trên (H.B.11.3).



Hình B.11.3

Tổng trở sự cố thêm vào  $Z_{\Delta}^{(1,1)}$  khi hai pha chạm đất: (xem bài 9)

$$Z_{\Delta}^{(1,1)} = \frac{Z_{2\Sigma} \cdot Z_{0\Sigma}}{Z_{2\Sigma} + Z_{0\Sigma}} = \frac{j(0,2 \cdot 0,15)}{0,35} = j0,0857 \text{ dvtd}$$

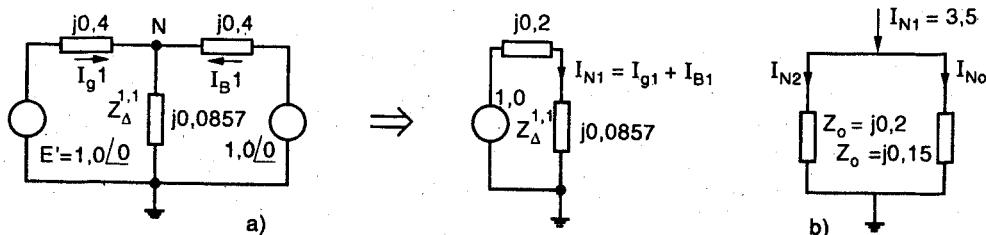
Trước khi sự cố xảy ra:  $P = Q = 0$ ;  $E'' = E_t = E_B = 1,0$  dvtd

Mạng thứ tự thuận liên kết với tổng trở sự cố thêm vào tại điểm sự cố tại N được rút gọn trên (H.4a).

Thành phần thứ tự thuận của dòng ngăn mạch là:

$$I_{N1} = \frac{1,0}{j0,2857} = -j3,5 \text{ dvtd}$$

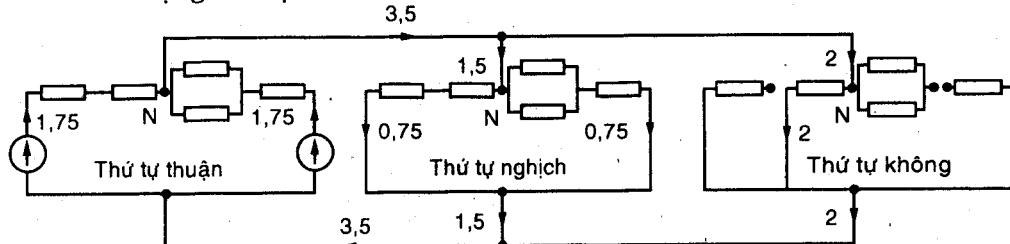
Dòng ngăn mạch thứ tự thuận bằng tổng 2 thành phần thứ tự nghịch và không được biểu diễn trên H.B.11.4b.



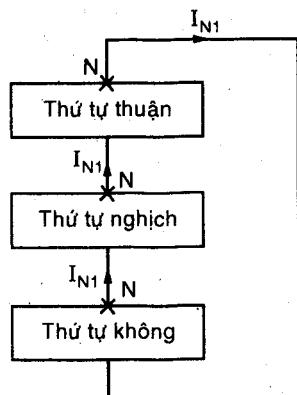
Hình B.11.4

$$I_{N1} = \frac{0,15 \cdot 3,5}{0,35} = 1,5 \text{ dvtd}; I_{N0} = I_{N1} - I_{N2} = 3,5 - 1,5 = 2 \text{ dvtd}$$

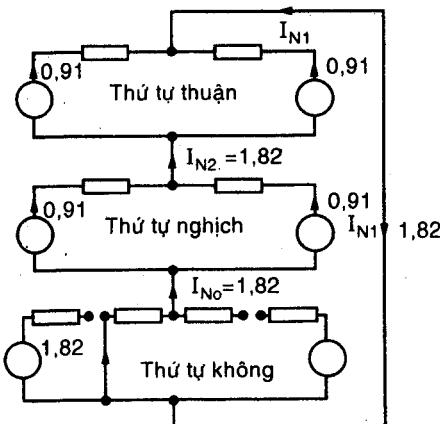
Sự cố tại điểm N, một nửa của dòng ngắn mạch của mỗi thành phần thứ tự chạy từ máy phát, và nửa còn lại từ thanh cái B. Do tổ đấu dây máy biến áp, dòng thứ tự không bị giới hạn đến máy biến áp; không có dòng thứ tự không chạy qua máy phát. H.B.11.5 biểu diễn dòng chạy từng phần khác nhau của mạng thứ tự.



Hình B.11.5

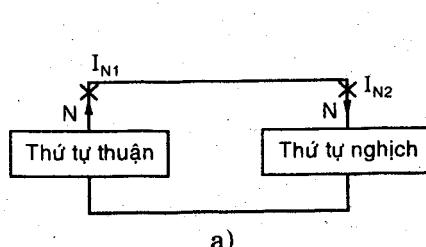


a)

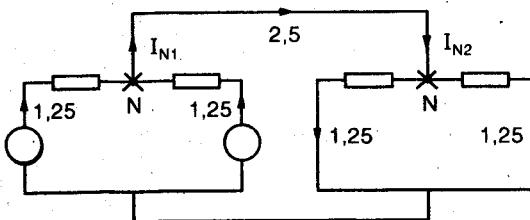


b)

Hình B.11.6



a)



b)

Hình B.11.7

Ngắn mạch một pha chạm đất:

Tổng trợ sự cố thêm vào  $Z_{\Delta}^{(1)}$  khi chạm đất 1 pha:

$$Z_{\Delta}^{(1)} = Z_{2\Sigma} + Z_{o\Sigma} = j(0,2 + 0,15) = j0,35 \text{ dvtd}$$

Mạng tương đương biểu diễn cho sự cố N<sup>1</sup> tại điểm N cho ở H.11.6a và vẽ cho trường hợp này là ở H.B.11.6b: biểu diễn dòng chạy trong từng phần khác nhau của hệ thống thứ tự.

$$\dot{I}_{N_0} = \dot{I}_{N1} = \dot{I}_{N2} = \frac{1,0}{Z_{1\Sigma} + Z_{2\Sigma} + Z_{0\Sigma}} = \frac{1,0}{j(0,2 + 0,2 + 0,15)} = -j1,82 \text{ dvtd}$$

Ngăn mạch hai pha:

Tổng trở  $Z_{\Delta}^{(2)}$  khi ngăn mạch hai pha:  $Z_{\Delta}^{(2)} = Z_{2\Sigma} = j0,2$

Mạch tương đương biểu diễn sự cố N<sup>2</sup> cho ở H.B.11.5a

$$\dot{I}_{N1} = -\dot{I}_{N2} = \frac{1,0}{Z_{1\Sigma} + Z_{2\Sigma}} = \frac{1,0}{j0,4} = -j2,5 \text{ dvtd}$$

H.B.11.7b: Biểu diễn dòng chạy trong mạng thứ tự.

12. Xây dựng sơ đồ nối kết mạng thứ tự cho trường hợp đường dây hở mạch 1 pha hay 2 pha. Nguyên nhân của các tình trạng hở mạch do dây dẫn bị đứt hoặc do máy cắt hoạt động chỉ một pha.

**Giải. Hở mạch một pha:**

H.B.12.1a biểu diễn một phần của hệ thống ba pha với pha a bị hở giữa điểm X và Y. Điện áp  $\dot{v}_a, \dot{v}_b, \dot{v}_c$ , lần lượt các điện áp rơi trên các pha giữa X và Y theo các pha a, b, c tương ứng;  $\dot{I}_a, \dot{I}_b, \dot{I}_c$  là các dòng điện pha. Từ H.B.12.1a:  $\dot{v}_b = \dot{v}_c = 0; \dot{I}_a = 0$

Theo lý thuyết của các thành phần đối xứng:

$$\dot{v}_{a1} = \dot{v}_{a2} = \dot{v}_{ao} = 1/3 \dot{v}_a; \quad \dot{I}_{a1} = \dot{I}_{a2} = \dot{I}_{ao} = 0$$

Sự kết nối mạng thứ tự thỏa mãn các hàm trên được biểu diễn trên H.B.12.1b.

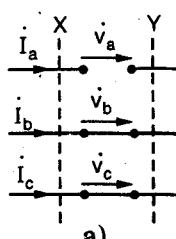
**Hở mạch 2 pha:**

Pha b và pha c trong tình trạng hở mạch giữa điểm X và Y được biểu diễn trên H.B.12.2a. Ta có:  $\dot{v}_a = 0; \dot{I}_b = \dot{I}_c = 0$

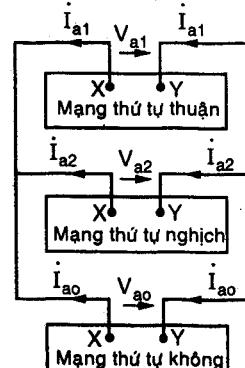
Theo lý thuyết của các thành phần đối xứng:

$$\dot{v}_{a1} + \dot{v}_{a2} + \dot{v}_{ao} = 0; \quad \dot{I}_{a1} = \dot{I}_{a2} = \dot{I}_{ao} = 1/3 \dot{I}_a$$

Sự kết nối mạng thứ tự thỏa mãn các biểu thức trên được biểu diễn trên H.B.12.2b.

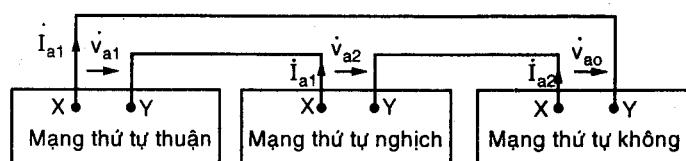
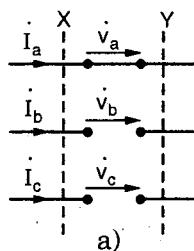


a)



Hình B.12.1

b)



Hình B.12.2

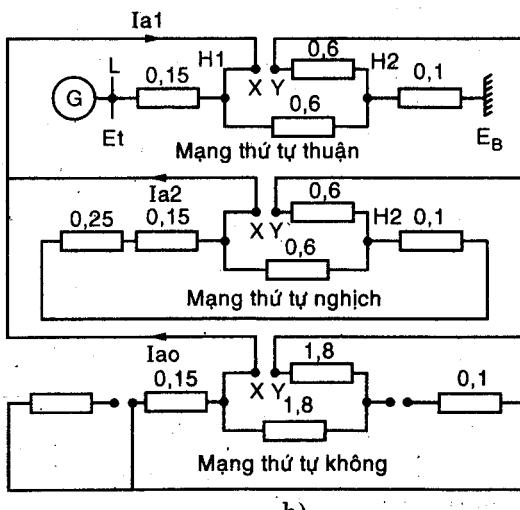
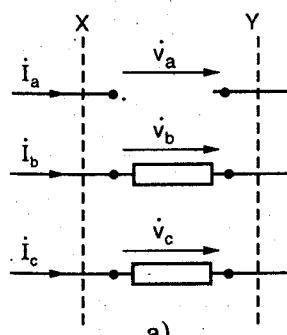
Từ H.12.1 ta thấy, với một pha hở mạch, mạng thứ tự được nối kết song song tại điểm X và Y; vì thế, thậm chí nếu mạch thứ tự không giữa X và Y có tổng vô cùng lớn, công suất vẫn được truyền qua đường dây giữa X và Y.

Trong trường hợp với hai pha hở mạch như (H.12.2), các mạng thứ tự được nối tiếp; trừ trường hợp mạch thứ tự không có tổng trở rất nhỏ, công suất không thể truyền qua đường dây.

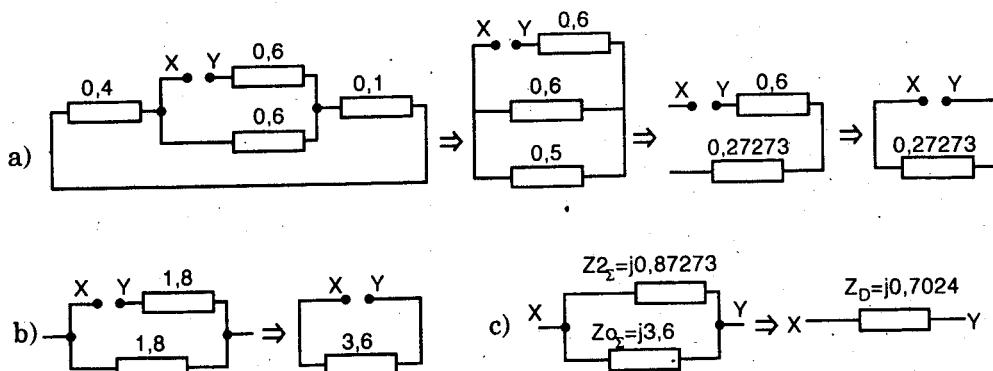
13. Một hệ thống được biểu diễn trên H.B.11.1 có sự cố một pha chạm đất tại điểm N trên đường dây. Sự cố được cắt bởi máy cắt một pha để cách ly dây dẫn bị sự cố. Trình bày cách biểu diễn mạng trong trường hợp này, nhận xét.

**Giải.** Tình trạng tương tự như bài tập trước được vẽ lại ở H.B.13.1a.

H.B.13.1b biểu diễn các mạng thứ tự của hệ thống và sự nối kết của chúng để biểu diễn tình trạng với một pha của đường dây 2 hở.



Hình B.13.1



Hình B.13.2

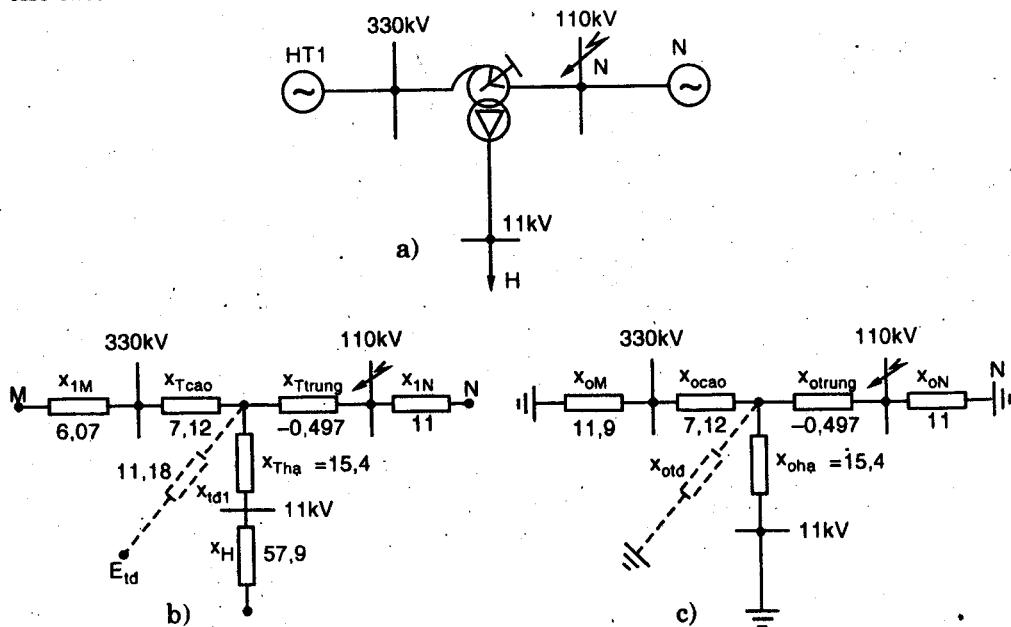
Trên H.B.13.2a,b tổng trở tương đương thứ tự nghịch và thứ tự không được nhìn từ điểm X và Y là:

$$Z_{2\Sigma} = j0.87273 \text{ đvtđ}; \quad Z_{0\Sigma} = j3.6 \text{ đvtđ}$$

và tổng trở thêm vào giữa điểm X và Y của mạng thứ tự thuận là: (H.B.13.2c):  $Z_D = j0.7024 \text{ đvtđ}$

Nhận thấy công suất truyền giữa máy phát và hệ thống khi một pha của mạch 2 hở bị giảm do tổng trở của mạch tăng 0,7024 đvtđ.

14. Cho sơ đồ như H.B.14a, trạm MBA tự ngẫu liên kết 2 hệ thống M: 330 kV và N 110 kV và cung cấp cho tải H công suất 80 MVA. Tính toán ngắn mạch 1 pha tại thanh góp để xác định độ nhạy bảo vệ so lạch. Số liệu cho như sau:



Hình B.14

Hệ thống M:  $E_{M\text{pha}} = 340\sqrt{3}$  kV;  $x_{1M} = x_{2M} = 50\Omega$ ;  $x_{oM} = 98\Omega$

Hệ thống N:  $E_{N\text{pha}} = 115\sqrt{3}$  kV;  $x_{1N} = x_{2N} = 110\Omega$ ;  $x_{oN} = 17\Omega$

MBA tự ngẫu:  $S = 200$  MVA;  $330/115/11$  kV;  $S_{\Delta AT} = 100$  MVA

$$U_{N\%C-T} = 10\%; \quad U_{N\%C-H} = 34\%; \quad U_{N\%T-H} = 22,5\%$$

**Giải.** Tính toán trong đơn vị có tên chuyển về cấp điện áp cơ bản 110kV. Ta biết dòng thứ tự không trung tính MBA tự ngẫu:

$$3I_{\text{chung}} = 3(I_{\text{cao}} - 3I_{\text{trung}}); \quad x_{o\text{cao}} = x_{\text{cao}}; \quad x_{o\text{trung}} = x_{\text{trung}}; \quad x_{o\text{h}\bar{a}} = x_{\text{h}\bar{a}}$$

Các giá trị tổng trở của MBA ở giá trị 110kV tương tự như bài tập 8:

$$x_{\text{cao}} = 7,12\Omega; \quad x_{\text{trung}} = -0,497\Omega; \quad x_{\text{h}\bar{a}} = 15,4\Omega$$

Đối với sđđ phụ tải và tổng trở phụ tải trong đơn vị tương đối theo công suất định mức và điện áp định mức trung bình 6,3; 10,5, chọn:  $x_{pt}^* = 0,35$  và  $E_{pt}^* = 0,85$  nên tính ở cấp  $U_{\text{cơ bản}} = 110$  kV:

$$E_{\text{phapt}} = 0,85 \cdot (11/\sqrt{3}) \cdot (115/11) = 56,5 \text{ kV}; \quad x_{1pt} = x_{2pt} = 0,35 \cdot (115^2/80) = 57,9 \Omega$$

Thông số hệ thống M tính ở cấp điện áp:

$$U_{\text{cơ bản}} = 110 \text{ kV}; \quad E_{\text{phapM}} = (340/\sqrt{3}) \cdot (115/330) = 68,3 \text{ kV}$$

$$x_{1M} = 50 \cdot (115^2/330^2) = 6,07 \Omega; \quad x_{oM} = 98 \cdot (115^2/330^2) = 11,9 \Omega$$

Từ sơ đồ thứ tự thuận và không: (H.B.14b, c)

$$E_{td} = [E_{\text{phaM}} \cdot (x_{pt} + x_{\text{h}\bar{a}}) + E_{\text{phapt}} \cdot (x_{1M} + x_{\text{cao}})] / (x_{pt} + x_{\text{h}\bar{a}} + x_{1M} + x_{\text{cao}})$$

$$E_{td} = [68,3 \cdot (57,9 + 15,4) + (56,5 + 7,12)] / (57,9 + 15,4 + 6,07 + 7,12) = 66,6 \text{ kV}$$

$$x_{1td} = x_{2td} = (x_{pt} + x_{\text{h}\bar{a}}) \cdot (x_{1M} + x_{\text{cao}}) / (x_{pt} + x_{\text{h}\bar{a}} + x_{1M} + x_{\text{cao}})$$

$$x_{1td} = (57,9 + 15,4) \cdot (6,07 + 7,12) / (57,9 + 15,4 + 6,07 + 7,12) = 11,18 \text{ kV}$$

Các giá trị tương đương tại điểm ngẫu mạch N:

$$E_{\text{pha}\Sigma} = [E_{td} \cdot x_{1N} + E_{\text{phaN}} \cdot (x_{1td} + x_{\text{trung}})] / (x_{1N} + x_{1td} + x_{\text{trung}}) \\ = [66,6 \cdot 11 + 66,4 \cdot (11,8 - 0,497)] / (11 - 0,497 + 11,18) = 66,5 \text{ kV}$$

$$x_{1\Sigma} = x_{2\Sigma} = [x_{1N} \cdot (x_{1td} + x_{\text{trung}})] / (x_{1N} + x_{1td} + x_{\text{trung}}) \\ = (11,18 - 0,497) \cdot 11 / (11,18 + 0,497 + 11) = 5,41 \Omega$$

$$x_{otd} = [x_{oN} \cdot (x_{oM} + x_{o\text{cao}})] / (x_{oN} + x_{o\text{cao}} + x_{\text{h}\bar{a}}) \\ = (11,9 + 7,12) \cdot 15,4 / (11,9 + 7,12 + 15,4) = 8,51 \Omega$$

Tổng trở tương đương tới điểm ngẫu mạch N:

$$x_{o\Sigma} = [x_{oN} \cdot (x_{otd} + x_{o\text{trung}})] / (x_{otd} + x_{o\text{trung}} + x_{oN}) \\ = [(85,1 - 0,497) \cdot 17] / (8,51 - 0,497 + 17) = 5,44 \Omega$$

Đặt:  $E_{\text{pha}\Sigma} = jE_{\text{pha}\Sigma}$

Dòng ngẫu mạch chạm đất pha A tại điểm ngẫu mạch N:

$$\dot{I}_{NA1}^{(1)} = \dot{E}_{\text{pha}\Sigma} / j(x_{1\Sigma} + x_{2\Sigma} + s x_{o\Sigma}) = j66,5 / j(5,41 + 5,41 + 5,44) = 4,09 \text{ kA}$$

$$\dot{I}_{NA1}^{(1)} = \dot{I}_{NA2}^{(1)} = \dot{I}_{NAo}^{(1)} = 4,09 \text{ kA}; \quad \dot{I}_{NA} = \dot{I}_{NA1}^{(1)} = 3 \cdot 4,09 = 12,27 \text{ kA}$$

$$\dot{U}_{NA1}^{(1)} = \dot{I}_{NA1}^{(1)} j(x_{2\Sigma} + x_{o\Sigma}) = j4,09.(5,41 + 5,44) = j44,4 \text{ kV}$$

$$\dot{U}_{NA2}^{(1)} = -\dot{I}_{NA2}^{(1)} j \cdot x_{2\Sigma} = -j4,09.5,41 = -j22,15 \text{ kV}$$

$$\dot{U}_{No}^{(1)} = -\dot{I}_{No}^{(1)} j \cdot x_{o\Sigma} = -j4,09.5,44 = -j22,25 \text{ kV}$$

Tính thành phần đối xứng dòng tới đầu 115kV máy biến áp tự ngẫu:

$$\dot{I}_{trungA1}^{(1)} = \dot{E}_{1td} - \dot{U}_{NA1}^{(1)}/j(x_{1td} + x_{trung}) = j(66,6 - 44,4)/j(11,8 - 0,497) = 2,08 \text{ kA}$$

$$\dot{I}_{trungA2}^{(1)} = 0 - \dot{U}_{NA2}^{(1)}/j(x_{2td} + x_{trung}) = -(-j22,25)/j(11,18 - 0,497) = 2,09 \text{ kA}$$

$$\dot{I}_{otrung}^{(1)} = -\dot{U}_{No}^{(1)}/j(x_{otd} + x_{otrung}) = -(-j22,25)/j(8,51 - 0,497) = 2,78 \text{ kA}$$

Tính thành phần đối xứng dòng đổ từ hệ thống M về phía cao MBA tự ngẫu ( $U_{co\bản} = 110 \text{ kV}$ ). Trước hết xác định điện áp tại điểm L:

$$\dot{U}_{LA1}^{(1)} = -\dot{U}_{N1}^{(1)} + \dot{I}_{trungA1}^{(1)} j x_{trung} = j1,44 + 2,08(-j0,497) = j43,37 \text{ kV}$$

$$\dot{I}_{caoA1}^{(1)} = (\dot{E}_{phaM}^{(1)} + \dot{U}_{LA1}^{(1)})/(x_{1M} + x_{cao}) = j(68,3 - 43,37)/j(6,07 + 7,12) = 1,885 \text{ kV}$$

$$\dot{I}_{caoA2}^{(1)} = \dot{I}_{trungA2}^{(1)} \cdot x_{td2}/(x_{1M} + x_{cao}) = 2,09.11,18/(6,07 + 7,12) = 1,77 \text{ kA}$$

$$\dot{I}_{oco}^{(1)} = \dot{I}_{otrung}^{(1)} \cdot x_{otd}/(x_{oM} + x_{cao}) = 2,78.8,52/(11,9 + 7,12) = 1,245 \text{ kA}$$

Các giá trị dòng thực ở phía cao áp 330 kV:

$$\dot{I}_{caoA1}^{(1)} = 1,885.(115/330) = 0,657 \text{ kA}; \quad \dot{I}_{caoA2}^{(1)} = 1,77.(115/330) = 0,617 \text{ kA}$$

$$\dot{I}_{oco}^{(1)} = 1,245.(115/330) = 0,434 \text{ kA}$$

Dòng trong cuộn chung MBA tự ngẫu:

$$\dot{I}_{chungA1}^{(1)} = \dot{I}_{caoA1}^{(1)} - \dot{I}_{trungA1}^{(1)} = 0,657 - 2,08 = -1,423 \text{ kA}$$

$$\dot{I}_{chungA2}^{(1)} = \dot{I}_{caoA2}^{(1)} - \dot{I}_{trungA2}^{(1)} = 0,617 - 2,09 = -1,473 \text{ kA}$$

$$\dot{I}_{ochung}^{(1)} = \dot{I}_{oco}^{(1)} - \dot{I}_{otrung}^{(1)} = 0,434 - 2,78 = -2,346 \text{ kA}$$

Dấu trừ chỉ hướng chạy dòng trung tính về đầu cuộn dây

Dòng chạm đất có hướng từ điểm chạm về trung tính và bằng:

$$3\dot{I}_{ochung} = 3 \cdot 2,346 = 7,038 \text{ kA}$$

Tính dòng phía hạ sử dụng sơ đồ thay thế hình b quay  $I_{haA1}$  góc  $+30^\circ$  và  $I_{haA2}$  góc  $-30^\circ$  khi chuyển từ phía đấu sao sang phía đấu  $\Delta$  của MBA tự ngẫu:

$$\dot{I}_{haA1}^{(1)} = (\dot{I}_{trungA1}^{(1)} - \dot{I}_{caoA1}^{(1)})(0,87 + j0,5) \cdot (115/11) =$$

$$= (2,08 - 1,885)(0,87 + j0,5) \cdot (115/11) = 1,77 + j1,02 = 2,04e^{j30} \text{ kA}$$

$$\begin{aligned}\dot{I}_{\text{hà A2}}^{(1)} &= (\dot{I}_{\text{trung A2}}^{(1)} - \dot{I}_{\text{cao A2}}^{(1)})(0,87 + j0,5)(115/11) = \\ &= (2,09 - 1,77)(0,87 + j0,5)(115/11) = 2,91 - j1,667 = 3,34e^{j30^\circ} \text{ kA}\end{aligned}$$

trong 2 phương trình trên  $I_{\text{cao}}$  tính cấp  $U = 115 \text{ kV}$ .

Dòng toàn phần của pha sự cố (vì cuộn hạ  $\Delta$  nên dòng toàn phần không có thành phần thứ tự không):

$$\dot{I}_{\text{hà}}^{(1)} = n(1,77 + j1,02) + (2,91 - j1,67) = 4,79e^{j} \text{ kA}$$

$$\dot{I}_{\text{trung A}}^{(1)} = 2,08 + 2,09 + 2,78 = 6,95 \text{ kA}; \dot{I}_{\text{cao A}}^{(1)} = 0,657 + 0,617 + 0,434 = 1,708 \text{ kA}$$

Dòng trong cuộn Chung:

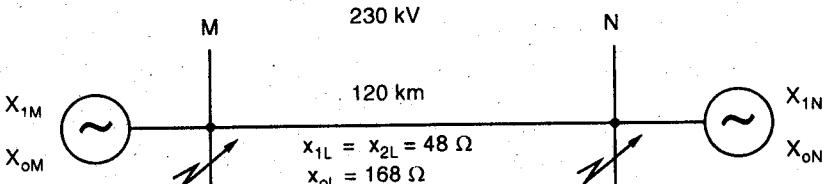
$$\dot{I}_{\text{chung A}}^{(1)} = \dot{I}_{\text{cao A}}^{(1)} - \dot{I}_{\text{trung A}}^{(1)} = 1,708 - 6,95 = -5,242 \text{ kA}$$

$$\dot{I}_{\text{chung A}}^{(1)} = \dot{I}_{\text{chung A1}}^{(1)} + \dot{I}_{\text{chung A2}}^{(1)} + \dot{I}_{\text{o chung}}^{(1)} = -1,423 - 1,473 - 2,346 = -5,242 \text{ kA}$$

Kết quả giống nhau.

15. Tính dòng ngắn mạch khi chạm đất 1 pha tại M và N; cho  $S_{NM}$  và  $S_{NN}$  là công suất ngắn mạch tại M và N.

$$S_{NM}^{(3)} = 3000 \text{ MVA}; S_{NM}^{(1)} = 90 \text{ MVA}; S_{NN}^{(3)} = 4500 \text{ MVA}; S_{NN}^{(1)} = 1400 \text{ MVA}$$



Hình B.15

Giải. Sđd hệ thống M và N được chọn bằng nhau là điện áp trung bình 230kV. Tính toán trong đơn vị có tên:

$$\text{Tổng trở nguồn: } x_{1M} = \frac{U_{\text{tb}}^2}{S_N^{(2)}} = \frac{230^2}{3000} = 17,63 \Omega; x_{1N\Sigma} = \frac{230^2}{4500} = 11,75 \Omega$$

$$\text{Dòng NM 1 pha: } I_{NM}^{(1)} = \frac{S_{NM}^{(1)}}{U_{\text{pdm}}} = \frac{900}{3000/\sqrt{3}} = 6,76 \text{ kA}; I_{NN}^{(1)} = \frac{1400}{230/\sqrt{3}} = 10,53 \text{ kA}$$

$$\text{Cho } x_{1\Sigma} = x_{2\Sigma}, x_{oM\Sigma} = 3 \frac{U_{\text{ptb}}}{I_{NN}^{(1)}} - 2x_{1M\Sigma} = 3 \frac{230/\sqrt{3}}{6,76} - 2 \cdot 17,63 = 23,74 \Omega$$

$$x_{oN\Sigma} = 3 \frac{230/\sqrt{3}}{10,53} = 2 \cdot 1,75 = 14,3 \Omega$$

Xác định tổng trở hệ thống M và N ta xây dựng các hệ phương trình:

$$\left\{ \begin{array}{l} x_{1M\Sigma} = \frac{x_{1M}(48+x_{1N})}{x_{1M}+48+x_{1N}} = 17,63 \Omega \\ x_{1N\Sigma} = \frac{x_{1N}(48+x_{1N})}{x_{1N}+48+x_{1N}} = 11,75 \Omega \\ x_{oM} = \frac{x_{oM}(168+x_{oN})}{x_{oM}+168+x_{oN}} = 23,74 \Omega \\ x_{oN} = \frac{x_{oN}(168+x_{oM})}{x_{oN}+168+x_{oM}} = 14,3 \Omega \end{array} \right.$$

Giải hệ phương trình trên ta được:

$$x_{1M} = x_{2M} = 24,76 \Omega; x_{oM} = 27,3 \Omega; x_{1N} = x_{2N} = 14 \Omega; x_{oN} = 15,5 \Omega$$

khi NM 1 pha:  $\dot{I}_{NM}^{(1)} = 3\dot{I}_{NMA1}^{(1)} = 3\dot{I}_{NMA2}^{(1)} = 3\dot{I}_{oNM}^{(1)} = 6,76 \text{ kA}$

$$\text{do đó: } \dot{I}_{NMA1}^{(1)} = \dot{I}_{NMA2}^{(1)} = \dot{I}_{oNM}^{(1)} = \frac{6,76}{3} = 2,25 \text{ kA}$$

Cho:  $E_{P\Sigma} = jU_{Ptb}$  thì:  $\dot{I}_N = I_N$ . Điện áp tại thanh cái M:

$$\dot{U}_{MA1}^{(1)} = \dot{I}_{NMA1}^{(1)} j(x_{2M\Sigma} + x_{oM\Sigma}) = 2,25j(17,63+23,74) = j93,2 \text{ kV}$$

$$\dot{U}_{MA2}^{(1)} = -\dot{I}_{NMA2}^{(1)} jx_{2M\Sigma} = -j2,25 \cdot 17,63 = -j39,7 \text{ kV}$$

$$\dot{U}_{oM}^{(1)} = -\dot{I}_{oNM}^{(1)} j \cdot x_{oM\Sigma} = -j2,25 \cdot 23,74 = -j53,5 \text{ kV}$$

$$\text{Đồng trên đường dây L: } \dot{I}_{LA1}^{(1)} = \frac{\dot{E}_{P\Sigma} - \dot{U}_{MA1}^{(1)}}{j(x_{1N} + x_{1L})} = \frac{j133 - j93,2}{j(14 + 48)} = 0,641 \text{ kA}$$

$$\text{Vì: } x_1 = x_2 \text{ nên: } \dot{I}_{LA2}^{(1)} = \dot{I}_{LA1}^{(1)} = 0,64 \text{ kA}$$

$$\text{Kiểm tra lại: } \dot{I}_{LA2}^{(1)} = \frac{0 - \dot{U}_{MA2}^{(1)}}{j(x_{1N} + x_{2L})} = \frac{-(-j39,7)}{j(14 + 48)} = 0,64 \text{ kA}$$

$$\dot{I}_{oL}^{(1)} = \frac{0 - \dot{U}_{oM}^{(1)}}{j(x_{oM} + x_{oL})} = \frac{(-j53,5)}{j(15,5 + 168)} = 0,292 \text{ kA}$$

$$\text{Đồng pha sự cố đường dây L: } \dot{I}_{LA} = 0,641 + 0,641 + 0,292 = 1,574 \text{ kA}$$

Điện áp thanh cái N:

$$\dot{U}_{NA1}^{(1)} = \dot{U}_{MA1}^{(1)} + \dot{I}_{LA1}^{(1)} jx_{1L} = j93,2 + j0,641 \cdot 48 = j124 \text{ kV}$$

$$\dot{U}_{NA2}^{(1)} = \dot{U}_{MA2}^{(1)} + \dot{I}_{LA2}^{(1)} jx_{2L} = -j39,7 + j0,641 \cdot 48 = -j8,9 \text{ kV}$$

$$\dot{U}_{oN}^{(1)} = \dot{U}_{oM}^{(1)} + \dot{I}_{oL}^{(1)} jx_{oL} = j53,5 + j0,292 \cdot 168 = -j4,4 \text{ kV}$$

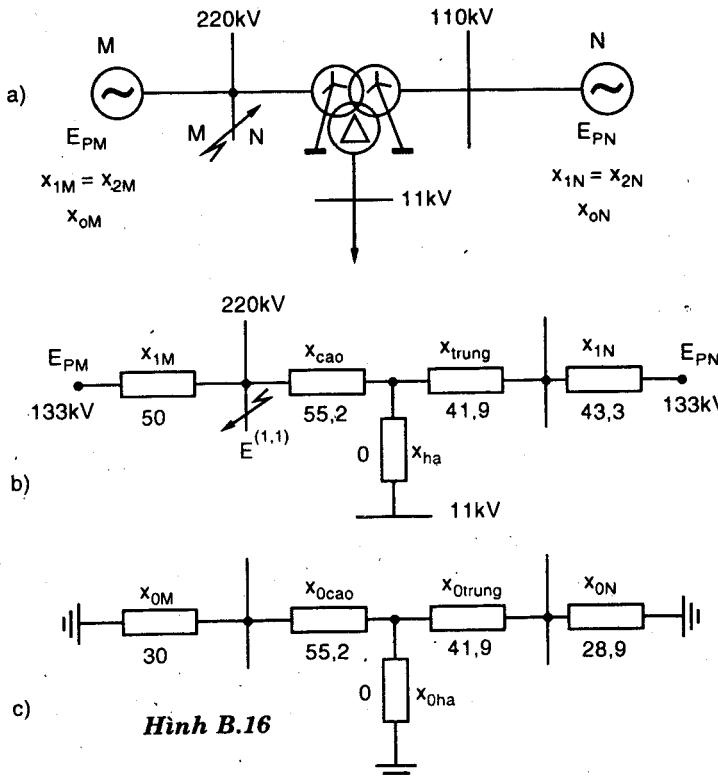
16. Cho sơ đồ như H.B.16a tính toán dòng NM khi ngắn mạch 2 pha chạm đất tại N để phân tích cho bảo vệ đường dây và MBA. Cho:

HT\_M:  $x_{1M} = x_{2M} = 30 \Omega$ ;  $x_{0M} = 50 \Omega$ ;  $E_{PM} = 133 \text{ kV}$ .

HT\_N:  $x_{1N} = x_{2N} = 8 \Omega$ ;  $x_{0N} = 12 \Omega$ ;  $E_{PN} = 69,9 \text{ kV}$ .

MBA\_T:  $S = 120 \text{ MVA } 230/121/11 \text{ kV}$

$U_{NC-H} = 12,5\%$ ;  $U_{NB-T} = 22\%$ ;  $U_{NT-H} = 9,5\%$



**Giải.** Tính toán trong đơn vị có tên, chọn  $U_{cb} = 230 \text{ kV}$ . Tổng trở MBA 3

$$\text{cuộn dây: } x_{cao} = \frac{0,5}{100} (12,5 + 22 - 9,5) \cdot \frac{230^2}{120} = 55,2 \Omega$$

$$x_{trung} = \frac{0,5}{100} (22 + 9,5 - 12,5) \cdot \frac{230^2}{120} = 41,9 \Omega; x_{ha} = \frac{0,5}{100} (12 + 9,5 - 22) \cdot \frac{230^2}{120} = 0 \Omega$$

Hệ thống N chuyển về phía 220kV:  $E_{PN} = 69,9 \cdot (230/121) = 133 \text{ kV}$

$$x_{1N} = 8 \cdot (230/121)^2 = 28,9 \text{ kV}; E_{PN} = 12 \cdot (230/121)^2 = 43,4 \text{ kV}$$

Nếu không tải:  $x_{1pt} = x_{2pt} = \infty$

Sức điện động:  $E_{PS} = E_{PM} = E_{PN} = 133 \text{ kV}$

Từ sơ đồ thay thế, tổng trở nhìn từ phía NM.

$$x_{1\Sigma} = x_{2\Sigma} = \frac{x_{1M} (x_{1N} + x_{trung} + x_{cao})}{x_{1M} + x_{1N} + x_{trung} + x_{cao}} = \frac{30(28,9 + 41,9 + 55,2)}{30 + 28,9 + 41,9 + 55,2} = 24,25 \Omega$$

$$x_{o\Sigma} = \frac{x_{oM}(x_{ocao} + x_{oha})}{x_{oM} + x_{ocao} + x_{oha}} = \frac{50(55,2 + 0)}{50 + 55,2 + 0} = 26,2 \Omega$$

Dòng NM:  $\dot{I}_{NA1}^{(1,1)} = \frac{j\dot{U}_{PS}}{jx_{1\Sigma} + \frac{jx_{2\Sigma} \cdot jx_{o\Sigma}}{j(x_{2\Sigma} + x_{o\Sigma})}} = \frac{j133}{j24,25 + \frac{j24,25 \cdot j26,2}{j(24,25 + 26,2)}} = 3,61 \text{ kA}$

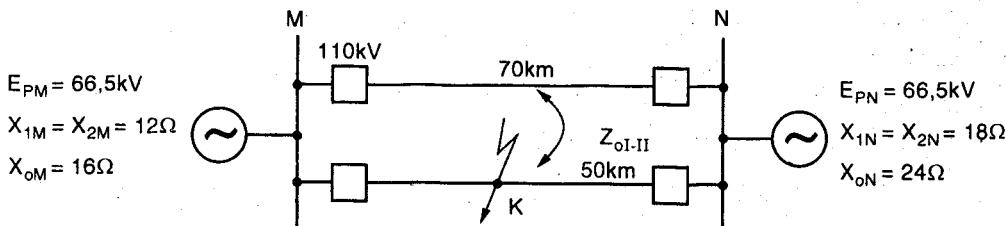
$$I_{N_0}^{(1,1)} = -\frac{x_{2\Sigma}}{x_{2\Sigma} + x_{o\Sigma}} I_{NA1}^{(1,1)} = -1,735 \text{ kA}$$

Dòng thứ tự không từ HTM đổ về điểm NM:  $I_{oM}^{(1,1)} = \frac{I_{N_0}^{(1,1)} \cdot x_{o\Sigma}}{x_{o\Sigma}} = -0,91 \text{ kA}$

Dòng thứ tự không qua cuộn dây 230kV của MBA:

$$I_{ocao}^{(1,1)} = I_{N_0}^{(1,1)} - I_{oM}^{(1,1)} = -1,735 - (-0,91) = -0,825 \text{ kA}$$

17. Cho sơ đồ mạng như H.B.17.1



Hình B.17.1

$x_{1L} = 0,38\Omega/\text{km}$ : kháng trễ thứ tự thuận đường dây.

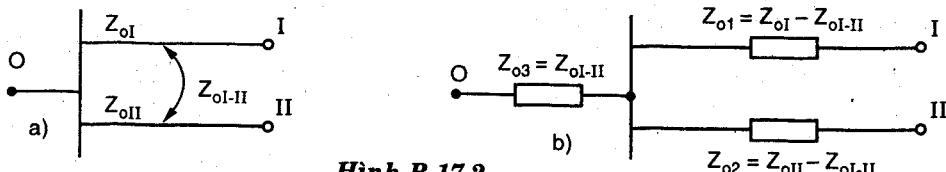
$x_{2L} = 1,43\Omega/\text{km}$ : kháng trễ thứ tự không 1 đường dây khi cắt 1 đường dây và tiếp đất đường dây.

$x'_{oL} = 2,414\Omega/\text{km}$ : kháng trễ thứ tự không 1 đường dây khi 2 đường dây làm việc song song và NM chạm đất ngoài đường dây.

a) Tính dòng ngắn mạch 1 pha chạm đất tại K.

b) Tính dòng NM 2 pha chạm đất tại thanh gác N khi 1 đường dây làm việc và 1 đường dây cắt có tiếp đất.

Giải.

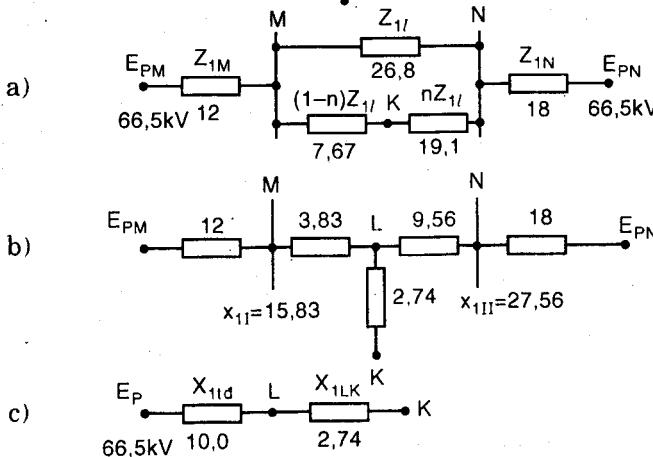


Hình B.17.2

Kháng trễ hổ tương của 2 đường dây song song:

$$x_{OI-II} = x'_{oL} - x_{oL} = 2,414 - 1,43 = 0,984 \Omega/\text{km}$$

Lưu ý rằng 2 đường dây song song có điểm nối chung O từ 1 phía, kháng trở mỗi đường dây  $Z_{0I}$  và  $Z_{0II}$  và kháng trở tương hỗ giữa 2 đường dây là  $Z_{0I-II}$  có thể thay thế bằng sơ đồ tính toán tương đương thứ tự không như H.B.17.2b. Sơ đồ thay thế thứ tự thuận và nghịch của mạng điện cho ở H.B.17.3.



Hình B.17.3

Tính các thông số sơ đồ:

$$n = l_{MN}/l_{NK} = 50/70 = 0,714; x_{1I} = x_{2I} = x_{1L}, l_{MN} = 0,392 \cdot 70 = 26,8 \Omega$$

$$x_{0I} = x_{0L} \cdot l_{MN} = 1,43 \cdot 70 = 100,2 \Omega; x_{0I-II} = x_{0I-II} \cdot l_{MN} = 0,984 \cdot 70 = 100,2 \Omega$$

$$x_{0I} - x_{0I-II} \cdot l_{MN} = 100,2 - 68,8 = 31,4 \Omega; nx_{II} = 0,714 \cdot 26,8 = 19,13 \Omega$$

$$1 - n = 1 - 0,714 = 0,286 \Omega; (1 - n)x_{II} = 0,286 \cdot 26,8 = 7,67 \Omega$$

$$nx_{0I-II} = 0,714 \cdot 68,8 = 49,1 \Omega; (1 - n)x_{0I-II} = 0,286 \cdot 68,8 = 19,7 \Omega$$

$$x_{0I} - x_{0I-II} = 0,714 \cdot 31,4 = 22,4 \Omega; (1 - n)(x_{0I} - x_{0I-II}) = 0,286 \cdot 31,4 = 9 \Omega$$

Biến đổi  $\Delta$ ,  $Y$  của H.B.17.3a thành H.B.17.3b.

$$x_{ML} = \frac{x_{MN} \cdot x_{MK}}{x_{MN} + x_{MK} + x_{KN}} = \frac{26,8 \cdot 7,67}{26,8 + 7,67 + 19,13} = 3,83 \Omega$$

$$x_{NL} = \frac{x_{NM} \cdot x_{NK}}{x_{NM} + x_{NK} + x_{NM}} = \frac{26,8 \cdot 19,13}{53,6} = 9,56 \Omega$$

$$x_{KL} = \frac{x_{KM} \cdot x_{KN}}{x_{KM} + x_{KN} + x_{NM}} = \frac{7,67 \cdot 19,13}{53,6} = 2,74 \Omega$$

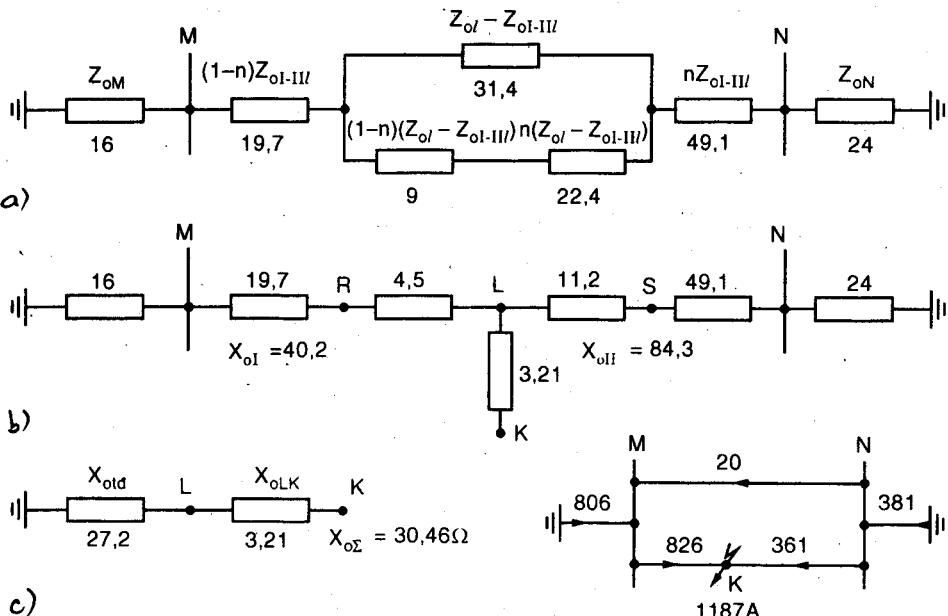
Kháng trở tương đương  $x_{1td}$  tới điểm L.

$$x_{1td} = \frac{x_I \cdot x_{II}}{x_I + x_{II}} = \frac{(12 + 3,83)(18 + 9,56)}{12 + 3,83 + 18 + 9,56} = 10,06 \Omega$$

Tổng kháng trở tương đương tới điểm ngắn mạch:

$$x_{1\Sigma} = x_{2\Sigma} = x_{1td} + x_{LK} = 10,06 + 2,74 = 12,8 \Omega$$

Sơ đồ thay thế thứ tự không cho H.B.17.4.



Hình B.17.4

Biến đổi tam giác KRS thành hình sao:

$$x_{oRL} = \frac{x_{oRS} \cdot x_{oRK}}{x_{oRS} + x_{oRK} + x_{oKS}} = \frac{31,4 \cdot 9}{62,8} = 4,5 \Omega$$

$$x_{oLS} = \frac{x_{oSR} \cdot x_{oSK}}{x_{oSR} + x_{oSK} + x_{oKR}} = \frac{31,4 \cdot 22,4}{62,8} = 11,2 \Omega$$

$$x_{oLK} = \frac{x_{oKR} \cdot x_{oKS}}{x_{oKR} + x_{oKS} + x_{oSR}} = \frac{22,4 \cdot 9}{62,8} = 3,21 \Omega$$

Kháng trở tương đương tới điểm L:

$$x_{dd} = \frac{40,2 \cdot 84,3}{40,2 \cdot 84,3} = 27,25 \Omega$$

Kháng trở tương đương tới điểm NM:

$$x_{o\Sigma} = x_{oold} + x_{oLK} = 27,25 + 3,21 = 30,46 \Omega$$

Dòng tại điểm ngắn mạch K thành phần thứ tự:

$$I_{KA1}^{(1)} = I_{KA2}^{(1)} = I_{Ko}^{(1)} = \frac{jEp}{j(2x_{1\Sigma} + x_{\Sigma})} = \frac{66500}{2x12,8+30,45} = 1187 \Omega$$

Dòng thứ tự không từ phía M và N đổ về K:

$$I_{oM}^{(1)} = \frac{I_{Ko}^{(1)} x_{oold}}{x_{oI}} = \frac{27,25 \cdot 1187}{40,2} = 806 A; I_{oN}^{(1)} = I_{oM}^{(1)} = 1187 - 806 = 381 A$$

Dòng thứ tự không nhánh MK và NK:

$$I_{oMK}^{(1)} = \frac{I_{Ko}^{(1)} x_{oLK} + I_{oM}^{(1)} x_{oLR}}{x_{oRK}} = \frac{1187 \cdot 3,21 + 381 \cdot 11,2}{9} = 826 A$$

$$I_{oNK}^{(1)} = \frac{I_{oN}^{(1)} x_{oLK} + I_{oN}^{(1)} x_{oLS}}{x_{oSK}} = \frac{1187.3,21 + 381.11,2}{22,4} = 361 \text{ A}$$

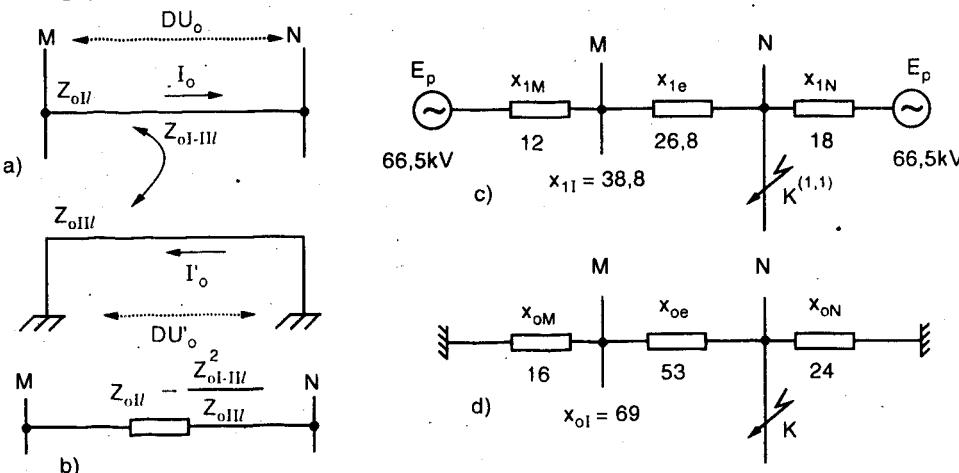
$$I_{oMN}^{(1)} = \frac{-I_{oN}^{(1)} x_{oLS} + I_{oM}^{(1)} x_{oLR}}{x_{oRS}} = \frac{-381.11,2 + 806.4,5}{31,4} = -20 \text{ A}$$

$$\text{Từ H.B.17.5a: } \Delta \dot{U}_o = \dot{I}_o \dot{Z}_{oII} - \dot{I}_o \dot{Z}_{oI-III}; \quad \Delta \dot{U}_o = \dot{I}_o \dot{Z}_{oII} - \dot{I}_o \dot{Z}_{oI-III} = 0$$

Từ 2 phương trình này ta có:

$$\rightarrow \Delta \dot{U}_o = \dot{I}_o \left[ \dot{Z}_{oII} - \frac{Z_{oI-III}^2}{Z_{oIII}} \right] = \dot{I}_o \dot{Z}'_o; \quad \rightarrow x'_{o1} = x_{o1} - \frac{x_{oI-III}^2}{x_{o1}} = 100,2 - \frac{68,8^2}{100,2} = 53 \Omega$$

Từ các giá trị tính toán được có các sơ đồ thay thế khi ngắn mạch tại thanh gốp N. H.B.17.5 c, d.



Hình B.17.5

Kháng trở tương đương thứ tự thuận (nghịch) và không tới điểm ngắn mạch là:  $x_{1\Sigma} = x_{2\Sigma} = \frac{x_{II} \cdot x_{IN}}{x_{II} + x_{IN}} = \frac{38,3 \cdot 18}{38,3 + 18} = 12,3 \Omega$

$$x_{o\Sigma} = \frac{x_{oI} \cdot x_{oN}}{x_{oI} + x_{oN}} = \frac{69 \cdot 24}{69 + 24} = 17,8 \Omega$$

Dòng thứ tự thuận và không tại điểm ngắn mạch là:

$$I_{KA1}^{(1,1)} = \frac{jE_p}{jx_{1\Sigma} + j \frac{x_{2\Sigma} x_{o\Sigma}}{x_{2\Sigma} + x_{o\Sigma}}} = \frac{66500}{12,3 + 12,3 \cdot \frac{17,8}{30,1}} = 3400 \text{ A}$$

$$I_{Ko}^{(1,1)} = \frac{-x_{2\Sigma} I_{KA1}^{(1,1)}}{x_{2\Sigma} + x_{o\Sigma}} = \frac{12,3 \cdot 3400}{12,3 + 17,8} = -1390 \text{ A}$$

$$\text{Dòng trên đường dây: } I_{o1}^{(1,1)} = \frac{-x_{o\Sigma} I_{Ko}^{(1,1)}}{x_{o1}} = \frac{17,8}{69} (-1390) = -359 \text{ A}$$

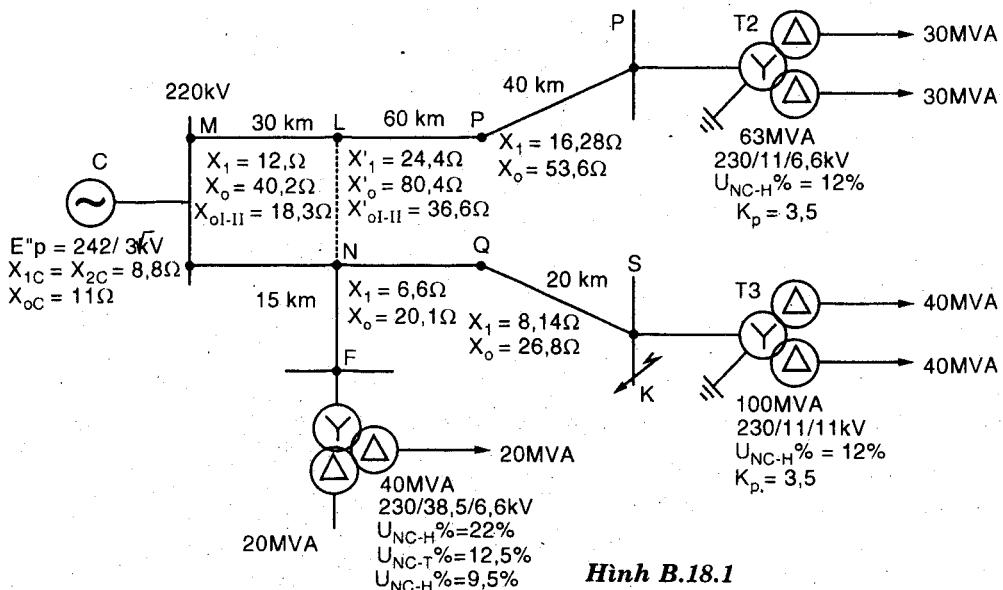
18. Cho sơ đồ và số liệu như (H.B.18.1). Tính dòng NM khi chạm đất 1 pha tại thanh gốp S. Cho sđđ và tổng trở phụ tải tính theo công suất đầy tải là  $E''_{pt} = 0,8$ ;  $x''_{pt} = 0,35$ . Đường dây ML và MN là đường dây song song.

**Giải.** Tính toán trong đơn vị có tên ở cấp điện áp 220kV.

$$\text{Tổng trở MBA T1: } x_{\text{cao}} = 0,5(22 + 12,5 - 9,5)(230^2/100 \cdot 40) = 165,5 \Omega$$

$$x_{\text{trung}} = 0,5(12,5 + 9,5 - 22)(230^2/100 \cdot 40) = 0 \Omega$$

$$x_{\text{hà}} = 0,5(22 + 9,5 - 12,5)(230^2/100 \cdot 40) = 125,7 \Omega$$



Hình B.18.1

Máy biến thế T2 có 2 cuộn hàn:

$$x_{\text{cao}} = U_{N\%} C_{-H} \frac{U_{dm}^2}{100 S_{dm}} = 12 \frac{230^2}{100 \times 63} = 101 \Omega$$

$$x_{H1-H2} = K x_{\text{cao}} = 3,5 \cdot 101 = 353,6 \Omega$$

$$x_{\text{cao}} = x_{\text{cao}} - 0,25 x_{H1-H2} = 101 - 0,25 \cdot 353,6 = 12,6 \Omega$$

$$x_{H1} = x_{H2} = 0,5 x_{H1-H2} = 0,5 \cdot 353,6 = 176,8 \Omega$$

Máy biến thế T3 có hai cuộn dây hàn:

$$x_{\text{cao-hà}} = \frac{12 \cdot 230^2}{100 \cdot 100} = 63,6 \Omega; \quad x_{H1-H2} = 3,5 \cdot 63,6 = 222,6 \Omega$$

$$x_{\text{cao}} = x_{\text{cao-hà}} - 0,25 x_{H1-H2} = 63,6 - 0,25 \cdot 222,6 = 7,95 \Omega$$

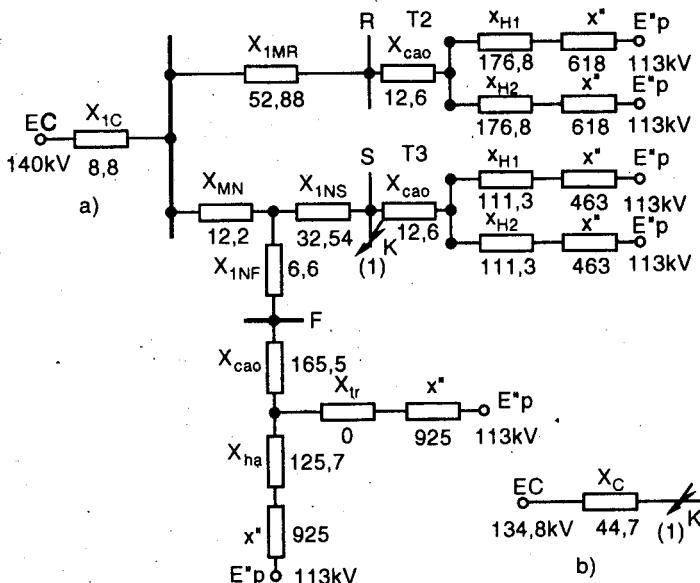
$$x_{H1} = x_{H2} = 0,5 \cdot 222,6 = 111,3 \Omega$$

$$\text{Sđđ và tổng trở phụ tải: } E''_{pt} = E''_{pt} \cdot U_{pdm} = 0,85 \frac{230}{\sqrt{3}} = 113 \text{ kV}$$

$$\text{Tổng trở phụ tải } 20; 30; \text{ và } 40 \text{ MVA: } x''_{20} = 0,35(230^2/20) = 925 \Omega$$

$$x''_{30} = 0,35(230^2/30) = 618 \Omega; \quad x''_{40} = 0,35(230^2/40) = 436 \Omega$$

Từ dây có sơ đồ thay thế tương đương (H.B.18.2).



Hình B.18.2

Nhập nhánh M - T2 và hệ thống C.

$$E_{tdl} = \frac{113.8.8 + 140.462.88}{8.8 + 462.88} = 139.1 \text{ kV} ; \quad X_{tdl} = \frac{8.8.462.88}{8.8 + 462.88} = 8.6 \Omega$$

$$\text{Nhánh N - T1: } X_{N-T1} = 172.1 + \frac{925.1050.7}{1975.7} = 664 \Omega$$

Nhập nhánh tới điểm N và N - T1.

$$E_{tdlII} = \frac{E'_{Ppt}(X_{tdl} + X_{1MN}) + E_{tdl}X_{N-T1}}{X_{tdl} + X_{1MN} + X_{N-T1}} = \frac{113(8.62 + 12.2) + 139.1.664}{8.62 + 12.2 + 664} = 138.44 \text{ kV}$$

$$X_{tdlII} = \frac{(8.62 + 12.2) + 664}{8.62 + 12.2 + 664} = 20.2 \Omega$$

Tổng trở tương đương phía trái và phải điểm NM:

$$X_{tdlIII} = X_{tdlII} = X_{1NS} = 20.2 + 32.54 = 52.74 \Omega$$

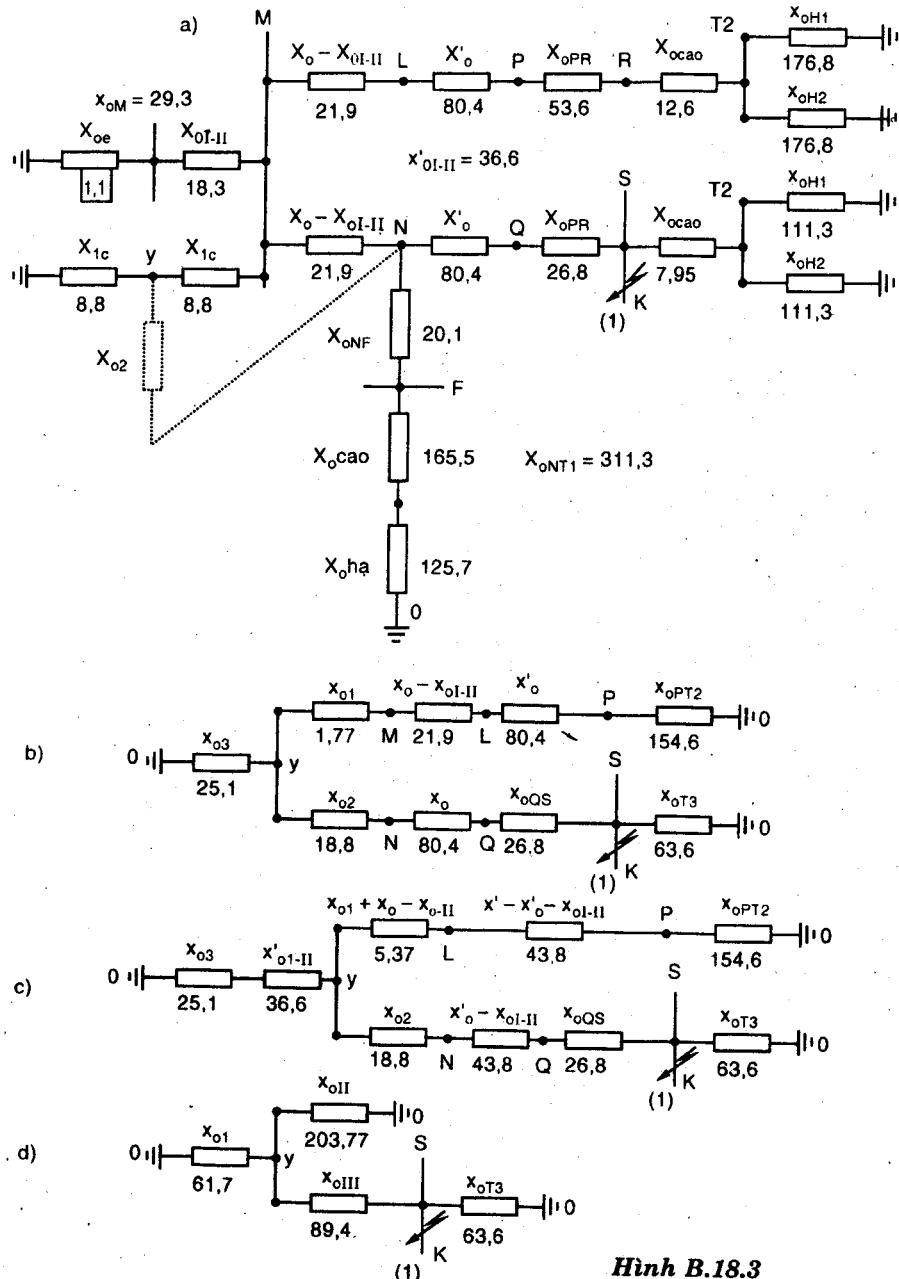
$$X_{ST3} = 79.5 + (113.3 + 463) = 295.1 \Omega$$

Sđd và tổng trở tương đương tới điểm NM:

$$E'_{p\Sigma} = \frac{E_{tdlII} \cdot X_{ST3} + E'_{Ppt} \cdot X_{tdlIII}}{X_{tdlIII} + X_{ST3}} = \frac{138.44.295.1 + 113.52.74}{52.74 + 295.1} = 134.8 \text{ kV}$$

$$X_{1\Sigma} = \frac{527.4.295.1}{347.84} = 44.7 \Omega = X_{2\Sigma}$$

Thành lập sơ đồ thứ tự không đoạn dây song song MN và MN tương tự như bài tập 17 và các phần còn lại của sơ đồ cho (H.B.18.3).



Hình B.18.3

Biến đổi tam giác MNO (O - điểm nối đất) thành hình sao tương đương:

$$X_{01} = \frac{X_{OM} X_{OMN}}{X_{OM} + X_{OMN} + X_{ONT1}} = \frac{29,3 \cdot 21,9}{29,3 + 21,9 + 311,3} = 1,77 \Omega$$

$$X_{02} = \frac{X_{OMN} X_{ONT1}}{X_{OM} + X_{OMN} + X_{ONT1}} = \frac{21,9 \cdot 311,3}{362,5} = 18,8 \Omega$$

$$X_{03} = \frac{X_{OM} X_{ONT1}}{X_{OM} + X_{OMN} + X_{ONT1}} = \frac{29,3 \cdot 311,3}{362,5} = 25,1 \Omega$$

Từ các sơ đồ (H.B.18.3 b, c, d):

$$X_{oI} = X_{o3} + X'_{o1-II} = 25,1 + 36,6 = 61,7 \Omega$$

$$X_{oII} = X_{o1} + X_o - X_{o1-II} - X'_o - X'_{o1-II} - X_{oPT2} = 5,37 + 43,8 + 154,6 = 203,77 \Omega$$

$$X_{oIII} = X_{o2} + X'_o - X_{o1-II} + X_{oQS} = 18,8 + 43,8 + 26,8 = 89,4 \Omega$$

Tổng trở tương đương phía trái điểm K:

$$X_{otd} = X_{oIII} + \frac{X_{oI}X_{oII}}{X_{oI} + X_{oII}} = 89,4 + \frac{61,7 \cdot 203,77}{265,47} = 136,7 \Omega$$

Tổng trở tương đương tới điểm ngắn mạch:

$$X_{o\Sigma} = \frac{X_{otd} \cdot X_{oT3}}{X_{otd} + X_{oT3}} = \frac{136,7 \cdot 63,6}{136,7 + 63,6} = 43,5 \Omega$$

Dòng các thành phần đối xứng tại điểm ngắn mạch:

$$I_{KA1}^{(1)} = I_{KA2}^{(1)} = I_{Ko}^{(1)} = \frac{jE_{p\Sigma}}{j(2X_{12} + X_{o\Sigma})} = \frac{j134,8}{j(2 \cdot 44,7 + 43,5)} = 1,014 \text{ kA}$$

Dòng đường dây L2 và L1:

$$I_{oL2}^{(1)} = \frac{X_{o\Sigma} I_{Ko}^{(1)}}{X_{otd}} = \frac{43,5 \cdot 1,014}{13,67} = 0,323 \text{ kA}; I_{oL1}^{(1)} = \frac{X_{oI} I_{oL2}^{(1)}}{X_{oI} + X_{oII}} = \frac{61,7 \cdot 0,323}{61,7 + 203,77} = 0,0751 \text{ kA}$$

**19.** Cho hai đường dây song song như H.B.19a. Tính dòng điện NM 1 pha tại K khi MC 2 mở. Khảo sát tình trạng cắt không đồng thời, MC 2 mở tức thời, MC 4 mở sau một thời gian.

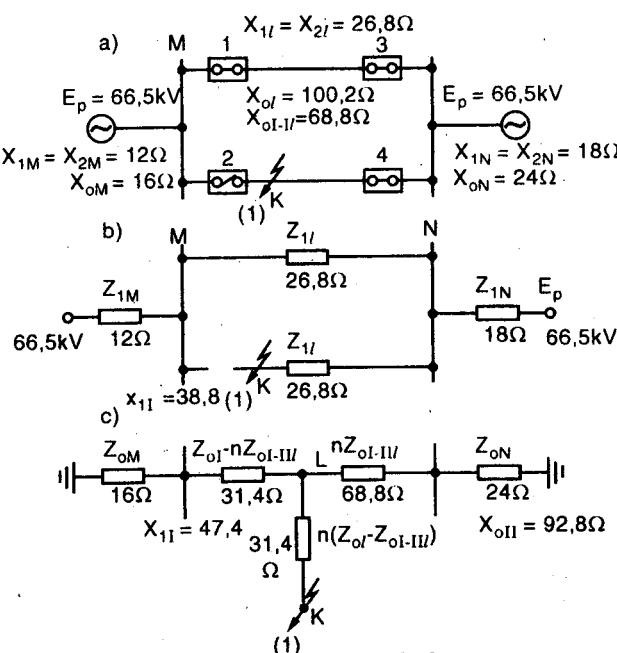
Cho:  $X_{oI}$  - kháng trở thứ tự không của một đường dây khi cắt 2 MC mạch kia và không tiếp đất;  $X_{o1-III}$  - kháng trở hổ cảm giữa 2 đường dây

$X_{1l}$  - kháng trở thứ tự thuận đường dây.

**Giải.** (H.B.19b,c) sơ đồ thay thế thứ tự thuận (nghịch) và không của H.B.19a.

Tính toán sơ đồ thứ tự thuận (nghịch):

$$X_{1td} = \frac{X_{1l} \cdot X_{1N}}{X_{1l} + X_{1N}} = \frac{38,8 \cdot 18}{38,8 + 18} = 12,3 \Omega; X_{1\Sigma} = X_{2\Sigma} = X_{1td} + X_{1l} = 12,3 + 26,8 = 39,1 \Omega$$



Hình B.19

Tính toán sơ đồ thứ tự không:

$$X_{ol} - X_{ol\text{ III}} = 100,2 - 68,8 = 31,4 \Omega$$

Tổng trở tới điểm L:

$$X_{otd} = \frac{X_{oI} \cdot X_{oII}}{X_{oI} + X_{oII}} = \frac{47,4 \cdot 92,8}{140,2} = 31,3 \Omega; X_{o\Sigma} = X_{otd} + X_{oLK} = 31,3 + 31,4 = 62,7 \Omega$$

Dòng NM thứ tự:

$$I_{A1}^{(1)} = I_{A2}^{(1)} = I_o^{(1)} = \frac{E_p}{j(2X_{1\Sigma} + X_{o\Sigma})} = \frac{j66500}{j(2.39,1 + 62,7)} = 472 \text{ A}$$

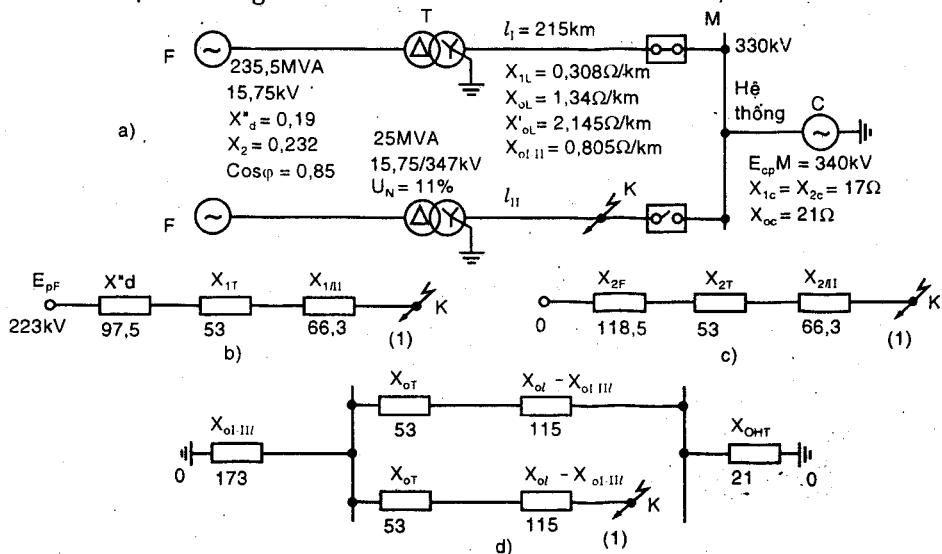
Dòng ngắn mạch tại điểm NM:  $I_A^{(1)} = I_{lA}^{(1)} = 3I_{A1}^{(1)} = 3.472 = 1416 \text{ A}$

Dòng pha A của đường dây không sự cố:

$$I_{lA}^{(1)} = \dot{I}_{lA2}^{(1)} = \frac{X_{1td} \cdot \dot{I}_{A1}^{(1)}}{X_{11}} = \frac{12,3 \cdot 472}{38,8} = 150 \text{ A}$$

$$\dot{I}_{l0}^{(1)} = \frac{X_{otd} \cdot \dot{I}_{A1}^{(1)}}{X_{ol}} = \frac{31,3 \cdot 472}{47,4} = 312 \text{ A}; \dot{I}_{lA}^{(1)} = 2\dot{I}_{lA1}^{(1)} + \dot{I}_{l0}^{(1)} = 2150 + 312 = 612 \text{ A}$$

20. Cho sơ đồ và thông số H.B.20a



$X_{ol}$  kháng trở thứ tự 0/km của một mạch khi cắt mạch kia không tiếp đất

$X'_{ol}$  kháng trở thứ tự 0/km của một mạch khi hai đường dây làm việc song song và khi NM một pha ngoài đường dây

Hình B.20

Khi chạm đất một pha tại thanh M và cắt MC2, tính dòng thứ tự không. Khảo sát tình trạng cắt nhầm (không đồng thời của MC1) khi đã cắt MC2.

Giải. Tính toán trong đơn vị có tên ở cấp điện áp 330kV.

Sđd máy phát F:  $E_{pF} = \sqrt{(1.0,85)^2 + (1.0,53 + 1.0,19)^2 \cdot 347/\sqrt{3}} = 223 \text{ kV}$

Kháng trở máy phát:  $X_d = \frac{0,19.347^2}{235,3} = 97,5 \Omega$ ;  $X_{2F} = \frac{0,232.347^2}{235,3} = 118,7 \Omega$

Kháng trở BMA:  $X_{1T} = X_{2T} \approx X_{oT} = \frac{11.347^2}{100.250} = 53 \Omega$

Kháng trở một mạch đường dây:

$$X_{1l} = 0,308 \cdot 215 = 66,3 \Omega; X_{ol} = 1,34 \cdot 215 = 288 \Omega$$

$$X_{ol-III} = X_{oL} - X_{oL} = 2,145 - 1,34 = 0,805 \Omega/\text{km}$$

$$X_{ol-III} = 215 \cdot 0,805 = 173 \Omega; X_{oI} - X_{ol-III} = 288 - 173 = 115 \Omega$$

Tính sơ đồ thay thế (H.B.20b,c,d):

Kháng trở tương đương thứ tự thuận nghịch:

$$X_{1\Sigma} = 97,5 + 53 + 66,3 = 216,8 \Omega; X_{2\Sigma} = 118,7 + 52 + 66,3 = 238 \Omega$$

Sơ đồ thứ tự không:

$$X_{ol} = X_{oHT} + (X_{ol} - X_{ol-III}) + X_{oT} = 21 + 115 + 53 = 189 \Omega$$

Nhập hai nhánh OMN và ON tới điểm N:

$$X_{otd} = \frac{X_{ol} X_{ol-III}}{X_{ol} + X_{ol-III}} = \frac{189 \cdot 173}{362} = 90,3 \Omega$$

Kháng trở tương đương thứ tự không:

$$X_{o\Sigma} = X_{otd} + X_{ot} + (X_{ol} - X_{ol-III}) = 90,3 + 53 + 115 = 258,3 \Omega$$

Dòng tại điểm M và trên đường dây  $I_{II}$ :

$$I_{A1}^{(1)} = I_{A2}^{(1)} = I_o^{(1)} = I_{olII}^{(1)} = \frac{jE_{pF}}{j(X_{1\Sigma} + X_{2\Sigma} + X_{o\Sigma})} = \frac{223 \cdot 10^3}{216,8 + 238 + 258,3} = 312 \text{ A}$$

Dòng thứ tự không của đường dây không sự cố:

$$I_{olII}^{(1)} = \frac{X_{otd}}{X_{ol}} I_o^{(1)} = \frac{90,3 \cdot 312}{189} = 149 \text{ A}$$

Dòng  $3I_o = 3 \times 149 = 447 \text{ A}$  đủ để role tác động.

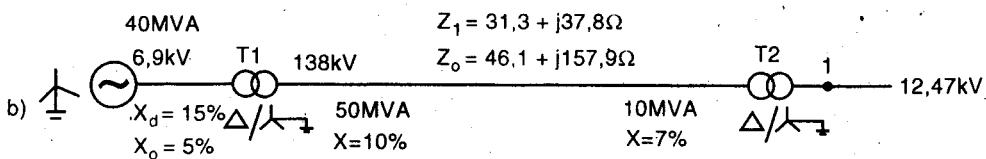
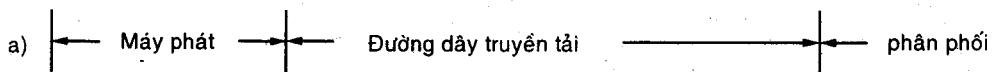
Bảo vệ thứ tự không có hướng của đường dây không sự cố phía trạm M trong chế độ cắt MC2 có thể tác động nhầm. Bởi vì role công suất thứ tự không trong lúc này khởi động do sđd cảm ứng trên đường dây không sự cố từ dòng thứ tự không của đường dây sự cố.

21. Tính tổng trở tương tự tương đương nhìn từ nút 1 phía hạ máy biến áp T2 của mạng điện cho ở H.B.21.

Giải. Để ứng dụng phương pháp đơn vị tương đối cho việc tính toán tổng trở nguồn của hệ thống ba pha, cần thiết phải chọn công suất cơ bản 3 pha chung cho các cấp điện áp và điện áp cơ bản, giá trị dây tương ứng với điện áp dây tỷ số máy biến áp. Cho máy phát với công suất 40 MVA được chọn là

công suất cơ bản; các điện áp cơ bản là 6,9 kV, 138 kV, 12,47 kV.

Vì công suất máy phát được chọn là công suất cơ bản và mức điện áp cơ bản của nó 6,9 kV, giá trị tương đối của kháng trở máy phát có thể lấy trực tiếp từ hình, giả thiết  $X''_q = X''_d$ , với máy phát trị tương đối của tổng trở thứ tự là:  $\dot{Z}_1 = jX''_d = j0,15$  dvtd;  $\dot{Z}_2 = \dot{Z}_1 = j0,15$  dvtd;  $\dot{Z}_o = jX''_{go} = j0,05$  dvtd



Tổng trở % máy biến áp được tính dựa trên cơ bản công suất định mức cơ bản của máy biến áp. Tổng trở của máy biến áp không thể lấy trực tiếp được, vì công suất định mức của nó khác với công suất cơ bản chọn. Để quy đổi tổng trở  $T_1$  và  $T_2$  về công suất cơ bản mới, ta tính toán:

với  $T_1$ :  $\dot{Z}_1^* = j0,10 \cdot 40/50 = j0,08$  dvtd

với  $T_2$ :  $\dot{Z}_2^* = j0,07 \cdot 40/10 = j0,28$  dvtd

Giá trị này được dùng cho cả hai phía điện áp cao hoặc thấp của máy biến áp.

Với đường dây truyền tải tổng trở cho là ohms. Để tính sang giá trị tương đối:  $Z_{cb} = \frac{U_{cb}^2}{S_{cb}} = \frac{(138)^2}{40} = 476,1\Omega$

$$\dot{Z}_1^* = \frac{1}{476,1} (31,3 + j37,8) = 0,0657 + j0,0749 \text{ dvtd}$$

$$\dot{Z}_o^* = \frac{1}{476,1} (46,1 + j158) = 0,0968 + j0,3317 \text{ dvtd}$$

Tổng trở thứ tự không MBA  $\Delta/Y$  không liên tục qua cuộn dây mắc  $\Delta$ , như thế tổng trở thứ tự lần lượt các phần tử của hệ thống được nhìn từ điểm 1 trên mạng phân phối là:

	$\dot{Z}_1^* = \dot{Z}_2^* \text{ (dvtd)}$	$\dot{Z}_o^* \text{ (dvtd)}$
Máy phát	j0,15	0
$T_1$	j0,08	0
Đường dây truyền tải	$0,0657 + j0,0749$	0
$T_2$	j0,28	j0,28
<b>Tổng cộng</b>	<b><math>0,0657 + j0,5894</math></b>	<b>j0,28</b>

Để biểu diễn giá trị thực tổng trở hệ thống trên 12,47kV cơ bản, tổng trở cơ bản tại điện áp này:  $Z_{cb} = (12,47)^2 / 40 = 3,8875 \Omega$

Như vậy tổng trở hệ thống được nhin từ điểm 1 điện áp thấp của trạm là:  $\dot{Z}_1 = \dot{Z}_2 = (0,0675 + j0,5894)3,8875 = 0,255 + j2,291 \Omega$

$$\dot{Z}_o = (0 + j0,28)3,8875 = 0 + j1,089 \Omega$$

22. Cho hệ thống nguồn gồm máy phát, MBA T1, T2, đường dây truyền tải tới điểm số 1 giống như bài 21. Hệ thống phan phoi gồm một mạng trên không và một mạng dưới đất 12,47kV. Nút ngắn mạch được ký hiệu bằng số, chiều dài đường dây và các thể loại dây đã cho. Tính dòng ngắn mạch ở nút 5. Tính toán tương tự cho tất cả các nút khác. (H.B.22.1). Tổng trở hệ thống thứ tự nhin từ nút 1 được tính toán ở bài tập 21 được áp dụng cho bài tập này:

$$\dot{Z}_1 = \dot{Z}_2 = (0,0675 + j0,5894)3,8875 = 0,255 + j2,291 \Omega$$

$$\dot{Z}_o = (0 + j0,28)3,8875 = 0 + j1,089 \Omega$$

Tổng trở thứ tự đường dây tính bằng đơn vị  $\Omega$  / đơn vị chiều dài được cho

Với đường dây trên không:  $Z_1 = 0,1150 + j0,1386$ ;  $Z_o = 2328 + j0,4034$ .

Với cáp dưới đất:  $Z_1 = 0,0550 + j0,0581$ ;  $Z_o = 0,1188 + j0,0305$

**Giải.** Xác định tổng trở thứ tự của đường dây theo từng đoạn.

Đoạn	Thể loại	Chiều dài (km)	$\dot{Z}_1 (\Omega)$	$\dot{Z}_o (\Omega)$
1 - 2	Cáp ngầm	8,448	$0,465 + j0,491$	$1,004 + j0,258$
2 - 3	Trên không	4,224	$0,486 + j0,585$	$0,983 + j1,704$
3 - 5	Trên không	21,278	$2,447 + j2,949$	$4,953 + 8,584$

- Chọn tổng trở chạm trung gian. Tổng trở sự cố trung gian sử dụng cho hệ thống đường dây trên không được chọn khoảng từ 0 - 20  $\Omega$ . Ở hệ thống ngầm cho chạm trực tiếp ( $Z_N = 0$ )

- Tính toán tổng trở thứ tự tại điểm sự cố. Tổng tổng trở thứ tự của hệ thống tại nút 5 sự cố là tổng của các tổng trở thứ tự của các đoạn giữa nguồn và nút 5. Tổng tổng trở thứ tự thuận và nghịch:

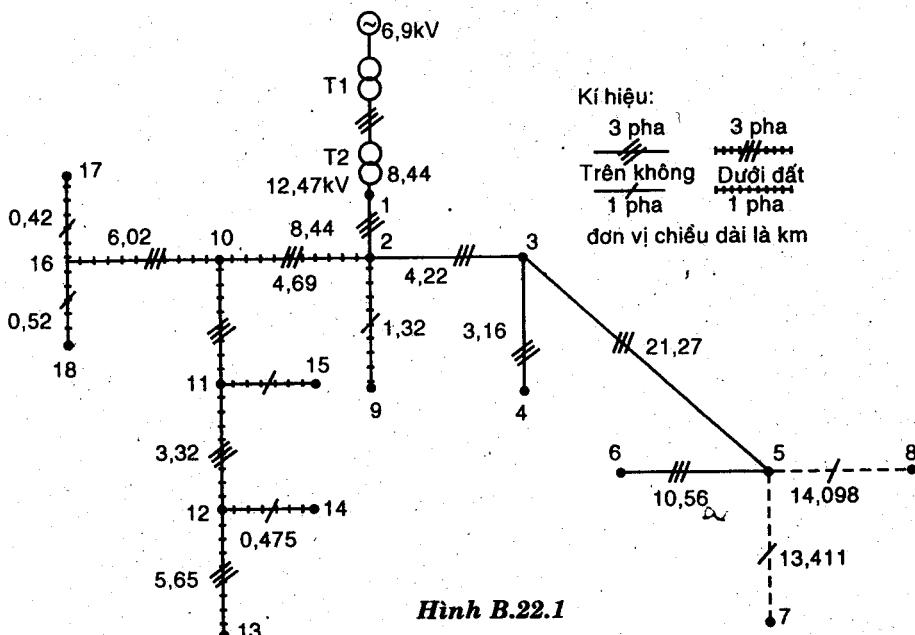
$$\begin{aligned}
 & 0,255 + j2,291 && \text{nguồn} \\
 & + 0,465 + j0,491 && \text{đoạn 1-2} \\
 & + 0,486 + j0,585 && \text{đoạn 2-3} \\
 & + 2,447 + j2,949 && \text{đoạn 3-5}
 \end{aligned}$$

$$\dot{Z}_1 = \dot{Z}_2 = 3,653 + j6,316 \Omega \quad \text{tại nút 5}$$

Tổng tổng trở thứ tự không:

$$\begin{aligned}
 & 0,000 + j1,089 \\
 & +1,004 + j0,258 \\
 & +0,983 + j1,704 \\
 & + 4,593 + j8,548 \\
 \hline
 Z_0 & = 6,940 + j11,635 \Omega
 \end{aligned}$$

nguồn  
đoạn 1-2  
đoạn 2-3  
đoạn 3-5  
tại nút 5



Tìm dòng ngắn mạch đôi xứng: trong bài tập này  $Z_N = 0$

Ngắn mạch 3 pha ta tính được:

$$|\dot{I}| = \left| \frac{\dot{U}_p}{\dot{Z}_1 + \dot{Z}_N} \right| = \left| \frac{12470/\sqrt{3}}{(3,653 + j6,316)} \right| = 7199,56 \left| \frac{1}{3,653 + j6,316} \right| = 986,738 \text{ A}$$

Ngắn mạch 2 pha:  $(\dot{Z}_1 = \dot{Z}_2)$

$$|\dot{I}| = \left| \frac{\pm j\sqrt{3}U_p}{\dot{Z}_1 + \dot{Z}_2 + \dot{Z}_N} \right| = \left| \frac{\pm j\sqrt{3} \cdot 12470/\sqrt{3}}{2(3,653 + j6,316)} \right|$$

$$= 7199,56 \left| \frac{\pm j}{4,218 + j7,293} \right| = 7199,56 \left| \frac{\pm j}{4,218 + j7,293} \right| = 854,541 \text{ A}$$

Ngắn mạch một pha:

$$|\dot{I}| = \left| \frac{3|\dot{I}|_p}{\dot{Z}_1 + \dot{Z}_2 + \dot{Z}_o + \dot{Z}_N} \right| = \left| \frac{3 \cdot 12470/\sqrt{3}}{2(3,653 + j6,316) + 6,940 + j11,635} \right| = 767,555 \text{ A}$$

Ngăn mạch hai pha chạm đất:

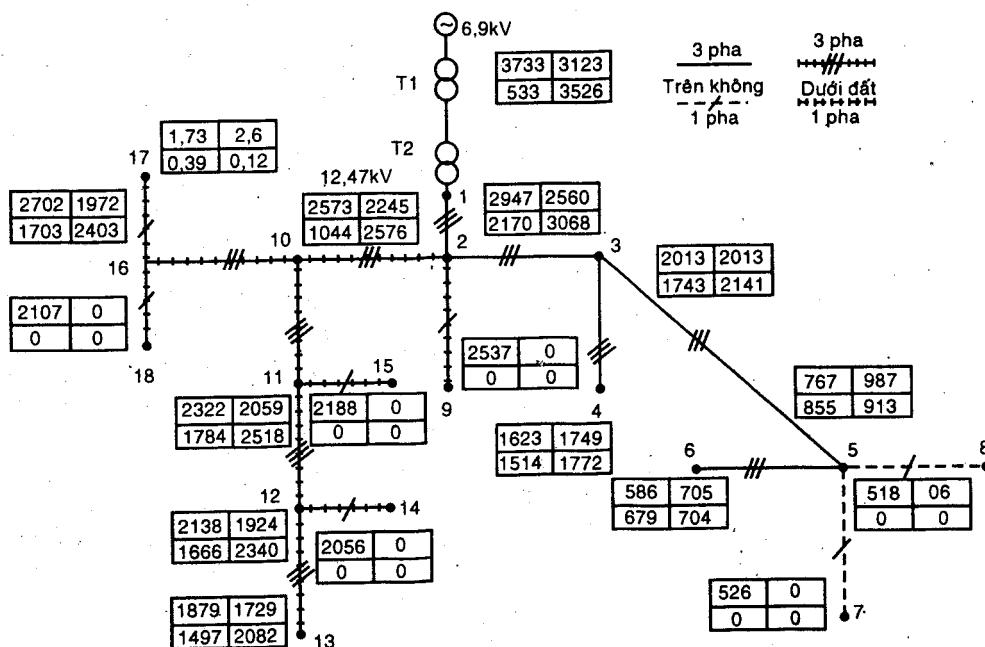
$$|\dot{I}| = \left| \frac{-j\sqrt{3}(\dot{Z}_0 + 3\dot{Z}_N - a\dot{Z}_2)}{\dot{Z}_1 \dot{Z}_2 + (\dot{Z}_1 + \dot{Z}_2)(\dot{Z}_0 + 3\dot{Z}_N)} \right|$$

$$= 7199,56 \left| \frac{\sqrt{3}((6,940 + j11,635) - (-0,5 + j0,866)(3,653 + j6,316)(-j))}{(3,653 + j6,316)^2 + 2(3,653 + j6,316)(6,940 + j11,635)} \right|$$

$$= 7199,56 \left| \frac{-j}{1,361 + j7,763} \right| = 907,261 \text{ A}$$

Pha khác tương tự:  $|\dot{I}| = 907,261 \text{ A}$

Tính toán tương tự các nút khác ta có kết quả cho ở H.B.22.2



Hình B.22.2

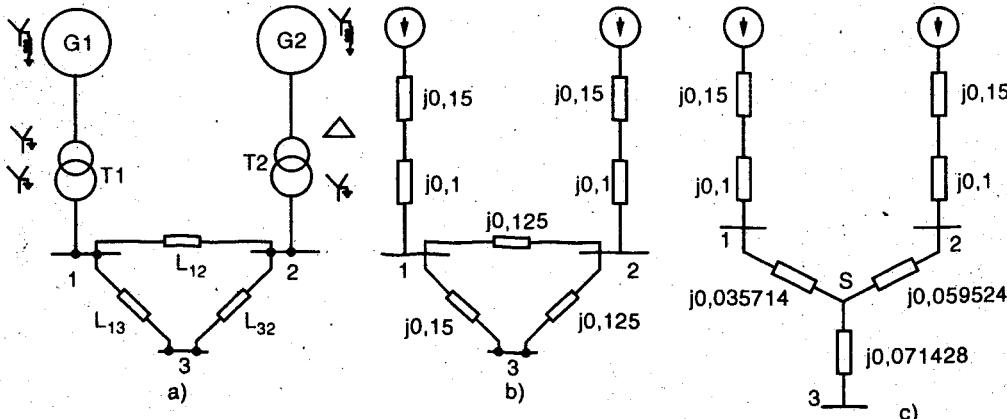
$I_N (1)$	$I_N (3)$
$I_N (2)$	$I_N (1,1)$

23. Cho hệ thống điện đơn giản (H.B.23.1a), trung tính mỗi máy phát điện được nối đất qua kháng trở giới hạn dòng điện có trị số  $0,25/3$  đvtđ ở cơ bản  $S_{cb \text{ bân}} = 100 \text{ MVA}$ . Dữ liệu các phần tử của sơ đồ tính trong đvtđ ( $S_{cb} = 100 \text{ MVA}$ ) cho ở bảng. Các máy phát đang chạy không tải ở điện áp định mức và tần số định mức.

Phần tử	$S_{\text{cơ bản}}, \text{MVA}$	Điện áp định mức (KV)	$X_1^* \text{ (dvtd)}$	$X_2^* \text{ (dvtd)}$	$X_0^* \text{ (dvtd)}$
$G_1$	100	20	0,15	0,15	0,05
$G_2$	100	20	0,15	0,15	0,05
$T_1$	100	20/200	0,1	0,1	0,1
$T_2$	100	20/200	0,1	0,1	0,1
$L_{12}$	100	220	0,125	0,125	0,3
$L_{13}$	100	220	0,15	0,15	0,35
$L_{23}$	100	220	0,25	0,25	0,7125

Xác định dòng điện ngắn mạch trong các trường hợp sau:

- Ngắn mạch 3 pha tại thanh cái 3 qua tổng trở chạm đất  $\dot{Z}_N = j0,1 \text{ dvtd.}$
- Ngắn mạch 1pha chạm đất tại thanh cái 3 qua tổng trở chạm đất  $\dot{Z}_N = j0,1 \text{ dvtd.}$
- Ngắn mạch 2 pha tại thanh cái 3 qua tổng trở chạm đất  $\dot{Z}_N = j0,1 \text{ dvtd.}$
- Ngắn mạch 2 pha chạm đất tại thanh cái 3 qua tổng trở chạm đất  $\dot{Z}_N = j0,1 \text{ dvtd.}$



Hình B.23.1

**Giải.** Mạng tổng trở thứ tự thuận hệ thống H.B.23.1a cho ở H.B.23.1b và biến đổi  $\Delta \rightarrow Y$  ở H.B.23.1c.

$$\dot{Z}_{1s}^* = \frac{(j0,125)(j0,15)}{j0,525} = j0,0357143; \dot{Z}_{2s}^* = \frac{(j0,125)(j0,25)}{j0,525} = j0,0595238$$

$$\dot{Z}_{3s}^* = \frac{(j0,15)(j0,15)}{j0,525} = j0,0714286$$

Tổng trở tương đương thứ tự thuận tới nút số 3 (H.B.23.2a)

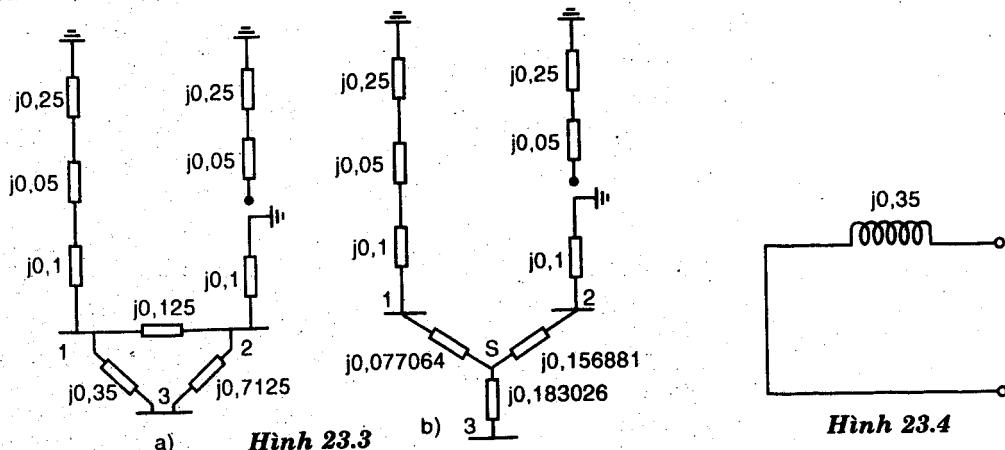
$$\dot{Z}_{33}^{1*} = \frac{(j0,2857143)(j0,3095238)}{j0,5952381} + j0,0714286 = j0,22$$

Vì tổng trở thành phần thứ tự thuận và nghịch các phần tử giống nhau  
nên:  $Z_{33}^{2*} = Z_{33}^1 = j0,22$



Hình 23.2

Sơ đồ mang thứ tự không của hệ thống cho ở H.B.23.3a (lưu ý trung tính BMA) Biến đổi sơ đồ  $\Delta \rightarrow Y$  thành sơ đồ H.B.23.3b.



Hình 23.4

$$\dot{Z}_{1S}^* = \frac{(j0,30)(j0,35)}{j1,3625} = j0,0770642; \quad \dot{Z}_{2S}^* = \frac{(j0,30)(j0,7125)}{j1,3625} = j0,1568807$$

$$\dot{Z}_{3S}^* = \frac{(j0,35)(j0,7125)}{j1,3625} = j0,1830257$$

Tổng trở thứ tự không tương đương với nút số 3

$$\dot{Z}_{33}^{o*} \frac{(j0,4770642)(j0,2568807)}{j0,7339449} + j0,1830275 = j0,35$$

Mạch tương đương thứ tự không cho H.B.23.4.

Ngắn mạch 3 pha tại thanh cái số 3: Giả sử sđđ máy phát không tải là 1 dvtd thì dòng ngắn mạch 3 pha là:

$$\dot{I}_3^a (N) = \frac{\dot{V}_3^a(0)}{\dot{Z}_{33}^1 + \dot{Z}_N} = \frac{1,0}{j0,22 + j0,1} = -j3,125 = 820,1 \angle -90^\circ A$$

Ngắn mạch 1 pha chạm đất tại thanh cái 3: Thành phần thứ tự của dòng điện ngắn mạch là:

$$\dot{I}_3^0 = \dot{I}_3^1 = \dot{I}_3^2 = \frac{\dot{V}_3^a(0)}{\dot{Z}_{33}^1 + \dot{Z}_{33}^2 + \dot{Z}_{33}^0 + 3\dot{Z}_N} = \frac{1,0}{j0,22 + j0,22 + j0,35 + 3(j0,1)} = -j0,9174$$

$$\begin{bmatrix} \dot{I}_3^a \\ \dot{I}_3^0 \\ \dot{I}_3^c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{I}_3^0 \\ \dot{I}_3^0 \\ \dot{I}_3^0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3\dot{I}_3^0 \\ 0 \\ C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -j2,7523 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Ngắn mạch 2 pha b, c tại nút 3: Thành phần dòng thứ tự không bằng 0:

$$\dot{I}_3^0 = 0$$

Thành phần dòng thứ tự thuận và nghịch:

$$\dot{I}_3^1 = \dot{I}_3^2 = \frac{\dot{V}_3^c(0)}{\dot{Z}_{33}^1 + \dot{Z}_{33}^2 + \dot{Z}_{33}^0 + \dot{Z}_N} = \frac{1}{j0,22 + j0,22 + j0,1} = -j1,8519 \text{ dvtd}$$

Dòng điện ngắn mạch là:

$$\begin{bmatrix} \dot{I}_3^a \\ \dot{I}_3^b \\ \dot{I}_3^c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ -j1,8519 \\ j1,8519 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -3,2075 \\ 3,2075 \end{bmatrix}$$

Ngắn mạch 2 pha chạm đất: Thành phần thứ tự thuận của dòng ngắn mạch:

$$\dot{I}_3^1 = \frac{\dot{V}_3^a(0)}{\dot{Z}_{33}^1 + \frac{\dot{Z}_{33}^2 (\dot{Z}_{33}^0 + 3\dot{Z}_N)}{\dot{Z}_{33}^2 + \dot{Z}_{33}^0 + 3\dot{Z}_N}} = \frac{1}{j0,22 + \frac{j0,22(j0,35 + j0,3)}{j0,22 + j0,35 + j0,3}} = -j2,601 \text{ dvtd}$$

Thành phần thứ tự nghịch

$$\dot{I}_3^2 = \frac{\dot{V}_3^a(0) - \dot{Z}_{33}^1 \dot{I}_3^1}{\dot{Z}_{33}^2} = \frac{1 - (j0,22)(-j2,6017)}{j0,22} = j1,9438 \text{ dvtd}$$

Thành phần thứ tự không:

$$\dot{I}_3^0 = -\frac{\dot{V}_3^a(0) - \dot{Z}_{33}^1 \dot{I}_3^1}{\dot{Z}_{33}^2 + 3\dot{Z}_{NM}} = -\frac{1 - (j0,22)(-j2,6017)}{j0,35 + j0,3} = j0,6579 \text{ dvtd}$$

Dòng sự cố từng pha:

$$\begin{bmatrix} \dot{I}_3^a \\ \dot{I}_3^b \\ \dot{I}_3^c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} j0,6579 \\ -j,6017 \\ j1,9438 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 4,058\angle 165,93^\circ \\ 4,058\angle 4,07^\circ \end{bmatrix}$$

Dòng tại điểm ngắn mạch:  $\dot{I}_3 = \dot{I}_3^b + \dot{I}_3^c = 1,9732\angle 90^\circ$

24. Giải lại bài tập dùng ma trận tổng trở thanh cáp. Tìm điện thế thanh cáp và dòng điện đường dây.

**Giải.** Tổng trở thanh cáp thứ tự thuận và không được thành lập từ mạng thứ tự thuận và không.

$$Z_{bus}^1 = \begin{bmatrix} j0,1450 & j0,1050 & j0,1300 \\ j0,1050 & j0,1450 & j0,1200 \\ j0,1300 & j0,1200 & j0,2200 \end{bmatrix}; Z_{bus}^0 = \begin{bmatrix} j0,1820 & j0,0545 & j0,1400 \\ j0,0545 & j0,0864 & j0,0650 \\ j0,014 & j0,0650 & j0,3500 \end{bmatrix}$$

Ngắn mạch 3 pha:

Thành phần dòng đối xứng

$$\dot{I}_3^{o12}(N) = \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{Z_{33}^1 + Z_N} \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{j0,22 + j0,1} \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -j3,125 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Dòng điện ngắn mạch

$$\dot{I}_3^{abc}(N) = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ -j3,125 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3,125\angle -90^\circ \\ 3,125\angle 150^\circ \\ 3,125\angle 30^\circ \end{bmatrix}$$

Khi ngắn mạch đối xứng chỉ có thành phần áp thứ tự thuận. Điện thế thanh cáp pha A lúc chạm:

$$\dot{V}_1(N) = 1 - \dot{Z}_{13}^1 \dot{I}_3(N) = 1 - j0,13(-j3,125) = 0,59375$$

$$\dot{V}_2(N) = 1 - \dot{Z}_{23}^1 \dot{I}_3(N) = 1 - j0,12(-j3,125) = 0,62500$$

$$\dot{V}_3(N) = 1 - \dot{Z}_{33}^1 \dot{I}_3(N) = 1 - j0,22(-j3,125) = 0,31250$$

Dòng điện pha A trên đường dây

$$\dot{I}_{21}(N) = \frac{\dot{V}_2(N) + \dot{V}_1(N)}{\dot{Z}_{12}^1} = \frac{0,62500 - 0,59375}{j0,125} = 0,25500\angle -90^\circ$$

$$\dot{I}_{13}(N) = \frac{\dot{V}_1(N) + \dot{V}_3(N)}{\dot{Z}_{13}^1} = \frac{0,59375 - 0,31250}{j0,15} = 0,1875\angle -90^\circ$$

$$\dot{I}_{23}(N) = \frac{\dot{V}_2(N) + \dot{V}_3(N)}{\dot{Z}_{23}^1} = \frac{0,62500 - 0,31250}{j0,25} = 0,125 \angle -90^\circ$$

**Chạm đất pha A tại nút 3 qua tổng trở:  $Z_N = j0,1$**

Thành phần dòng đối xứng:

$$\dot{I}_3^0(N) = \dot{I}_3^1(N) = \dot{I}_3^2(N) = \frac{1,0}{\dot{Z}_{33}^1 + \dot{Z}_{33}^2 + \dot{Z}_N} = \frac{1,0}{j0,22 + j0,22 + j0,35 + j3(0,1)} = -j0,9174$$

Dòng ngắn mạch:

$$\dot{I}_3^{abc}(N) = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -j0,9174 \\ -j0,9174 \\ -j0,9174 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2,7523 \angle -90^\circ \\ 0 \angle 0^\circ \\ 0 \angle 0^\circ \end{bmatrix}$$

Thành phần đối xứng của điện áp lúc chạm:

$$\dot{V}_1^{012}(N) = \begin{bmatrix} 0 - \dot{Z}_{13}^0 \dot{I}_3^0 \\ \dot{V}_2^1(0) - \dot{Z}_{13}^1 \dot{I}_3^1 \\ 0 - \dot{Z}_{13}^2 \dot{I}_3^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 - j0,140(-j0,9174) \\ 1 - j0,130(-j0,9174) \\ 0 - j0,130(-j0,9174) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0,1284 \\ 0,8807 \\ -0,1193 \end{bmatrix}$$

$$\dot{V}_2^{012}(N) = \begin{bmatrix} 0 - \dot{Z}_{23}^0 \dot{I}_3^0 \\ \dot{V}_2^1(0) - \dot{Z}_{23}^1 \dot{I}_3^1 \\ 0 - \dot{Z}_{23}^2 \dot{I}_3^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 - j0,065(-j0,9174) \\ 1 - j0,120(-j0,9174) \\ 0 - j0,120(-j0,9174) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0,0596 \\ 0,8899 \\ -0,1101 \end{bmatrix}$$

$$\dot{V}_3^{012}(N) = \begin{bmatrix} 0 - \dot{Z}_{33}^0 \dot{I}_3^0 \\ \dot{V}_2^1(0) - \dot{Z}_{33}^1 \dot{I}_3^1 \\ 0 - \dot{Z}_{33}^2 \dot{I}_3^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 - j0,350(-j0,9174) \\ 1 - j0,220(-j0,9174) \\ 0 - j0,220(-j0,9174) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0,3211 \\ 0,7982 \\ -0,2018 \end{bmatrix}$$

Điện thế thanh cái 3 lúc sự cố:

$$\dot{V}_1^{abc}(N) = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -0,1284 \\ 0,8807 \\ -0,1193 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,633 \angle 0^\circ \\ 1,0046 \angle -120,45^\circ \\ 1,0046 \angle +120,45^\circ \end{bmatrix}$$

$$\dot{V}_2^{abc}(N) = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -0,0596 \\ 0,8899 \\ -0,1101 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,7207 \angle 0^\circ \\ 1,9757 \angle -117,43^\circ \\ 1,9757 \angle +117,43^\circ \end{bmatrix}$$

$$\dot{V}_3^{abc}(N) = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -0,1284 \\ 0,8807 \\ -0,1193 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,2752\angle 0^\circ \\ 1,0647\angle -125,56^\circ \\ 1,0647\angle +125,56^\circ \end{bmatrix}$$

Thành phần đối xứng dòng ngắn mạch pha trên đường dây:

$$\dot{Z}_{21}^{o12} = \begin{bmatrix} \dot{V}_2^o(N) - \dot{V}_1^o(N) \\ \dot{Z}_{12}^o \\ \dot{V}_2^1(N) - \dot{V}_1^1(N) \\ \dot{Z}_{12}^1 \\ \dot{V}_2^2(N) - \dot{V}_1^2(N) \\ \dot{Z}_{12}^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0,0596 - (-0,1284) \\ j0,3 \\ -0,8899 - 0,8807 \\ j0,125 \\ -0,1101 - (-0,1193) \\ j0,125 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,2249\angle -90^\circ \\ 0,0734\angle -90^\circ \\ 0,0734\angle -90^\circ \end{bmatrix}$$

$$\dot{I}_{13}^{o12} = \begin{bmatrix} \dot{V}_1^o(N) - \dot{V}_3^o(N) \\ \dot{Z}_{12}^o \\ \dot{V}_1^1(N) - \dot{V}_3^1(N) \\ \dot{Z}_{13}^1 \\ \dot{V}_1^2(N) - \dot{V}_3^2(N) \\ \dot{Z}_{11}^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0,1284 - (-0,3211) \\ j0,3 \\ -0,8807 - 0,7682 \\ j0,125 \\ -0,1193 - (-0,2018) \\ j0,125 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,5505\angle -90^\circ \\ 0,5505\angle -90^\circ \\ 0,5505\angle -90^\circ \end{bmatrix}$$

$$\dot{I}_{23}^{o12} = \begin{bmatrix} \dot{V}_2^o(N) - \dot{V}_3^o(N) \\ \dot{Z}_{23}^o \\ \dot{V}_2^1(N) - \dot{V}_3^1(N) \\ \dot{Z}_{23}^1 \\ \dot{V}_2^2(N) - \dot{V}_3^2(N) \\ \dot{Z}_{23}^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0,0596 - (-0,3211) \\ j0,7125 \\ -0,8899 - 0,7982 \\ j0,25 \\ -0,1101 - (-0,2018) \\ j0,25 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,3670\angle -90^\circ \\ 0,3670\angle -90^\circ \\ 0,3670\angle -90^\circ \end{bmatrix}$$

Dòng ngắn mạch trên đường dây:

$$\dot{I}_{21}^{abc}(N) = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,2249\angle -90^\circ \\ 0,0734\angle -90^\circ \\ 0,0734\angle -90^\circ \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,3761\angle -90^\circ \\ 0,1560\angle -90^\circ \\ 0,1560\angle -90^\circ \end{bmatrix}$$

$$\dot{I}_{13}^{abc}(N) = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,5505 \angle -90^\circ \\ 0,5505 \angle -90^\circ \\ 0,5505 \angle -90^\circ \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,6514 \angle -90^\circ \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\dot{I}_{23}^{abc}(N) = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,3670 \angle -90^\circ \\ 0,3670 \angle -90^\circ \\ 0,3670 \angle -90^\circ \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,1009 \angle -90^\circ \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Ngắn mạch 2 pha tại nút 3 qua tổng trở:  $Z_N = j0,1$

Thành phần đối xứng dòng ngắn mạch:

$$\dot{I}_3^o = 0$$

$$\dot{I}_3^1 = -\dot{I}_3^2 = \frac{\dot{V}_3(0)}{\dot{Z}_{33}^1 + \dot{Z}_{33}^2 + \dot{Z}_N} = \frac{1}{j0,22 + j0,22 + j0,1} = j1,8519$$

Dòng ngắn mạch:

$$\dot{I}_3^{abc}(N) = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ -j1,8519 \\ -j1,8519 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -3,2075 \\ 3,2075 \end{bmatrix}$$

Thành phần đối xứng điện áp:

$$\dot{V}_1^{o12}(N) = \begin{bmatrix} 0 \\ \dot{V}_2^1(0) - \dot{Z}_{13}^1 \dot{I}_3^1 \\ 0 - \dot{Z}_{13}^2 \dot{I}_3^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 - j0,130(-j1,8519) \\ 0 - j0,130(-j1,8519) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0,7593 \\ 0,2407 \end{bmatrix}$$

$$\dot{V}_2^{o12}(N) = \begin{bmatrix} 0 \\ \dot{V}_2^1(0) - \dot{Z}_{23}^1 \dot{I}_3^1 \\ 0 - \dot{Z}_{23}^2 \dot{I}_3^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 - j0,120(-j1,8519) \\ 0 - j0,120(-j1,8519) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0,7778 \\ 0,2222 \end{bmatrix}$$

$$\dot{V}_3^{o12}(N) = \begin{bmatrix} 0 - \dot{Z}_{33}^o \dot{I}_3^o \\ \dot{V}_2^1(0) - \dot{Z}_{33}^1 \dot{I}_3^1 \\ 0 - \dot{Z}_{33}^2 \dot{I}_3^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 - j0,220(-j1,8519) \\ 0 - j0,220(-j1,8519) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0,5926 \\ 0,4074 \end{bmatrix}$$

Điện thế thanh cát:

$$\dot{V}_1^{abc}(N) = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0,7593 \\ 0,2470 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \angle 0^\circ \\ 0,672 \angle -138,07^\circ \\ 0,672 \angle +138,07^\circ \end{bmatrix}$$

$$\dot{V}_2^{abc}(N) = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0,7778 \\ 0,2222 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1\angle 0^\circ \\ 0,6939\angle -136,10^\circ \\ 0,6939\angle +136,10^\circ \end{bmatrix}$$

$$\dot{V}_3^{abc}(N) = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0,5926 \\ 0,4074 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1\angle 0^\circ \\ 0,5251\angle -162,21^\circ \\ 0,5251\angle +162,21^\circ \end{bmatrix}$$

Thành phần đối xứng dòng pha a đường dây:

$$\dot{I}_{21}^{012} = \begin{bmatrix} 0 \\ \dot{V}_1^1(N) - \dot{V}_1^1(N) \\ \dot{Z}_{12}^1 \\ \dot{V}_2^2(N) - \dot{V}_1^2(N) \\ \dot{Z}_{12}^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -0,7778 - 0,7593 \\ j0,125 \\ -0,2222 - (-0,2407) \\ j0,125 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1,148\angle -90^\circ \\ 1,148\angle -90^\circ \end{bmatrix}$$

$$\dot{I}_{13}^{012} = \begin{bmatrix} 0 \\ \dot{V}_1^1(N) - \dot{V}_3^1(N) \\ \dot{Z}_{13}^1 \\ \dot{V}_1^2(N) - \dot{V}_3^2(N) \\ \dot{Z}_{13}^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -0,7593 - 0,5926 \\ j0,15 \\ -0,2407 - (-0,4074) \\ j0,15 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1,1111\angle -90^\circ \\ 1,1111\angle -90^\circ \end{bmatrix}$$

$$\dot{I}_{23}^{012} = \begin{bmatrix} 0 \\ \dot{V}_1^1(N) - \dot{V}_3^1(N) \\ \dot{Z}_{23}^1 \\ \dot{V}_2^2(N) - \dot{V}_3^2(N) \\ \dot{Z}_{23}^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -0,7778 - 0,7593 \\ j0,25 \\ -0,2222 - (-0,2407) \\ j0,25 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0,7407\angle -90^\circ \\ 0,7407\angle -90^\circ \end{bmatrix}$$

Dòng ngắn mạch trên đường dây:

$$\dot{I}_{13}^{abc}(N) = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 1,1111\angle -90^\circ \\ 1,1111\angle +90^\circ \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -1,9245 \\ 1,9245 \end{bmatrix}$$

$$\dot{I}_{21}^{abc}(N) = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0,148\angle -90^\circ \\ 0,148 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -0,2566 \\ 0,2566 \end{bmatrix}$$

$$\dot{I}_{23}^{abc}(N) = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ 0.7407 \angle -90^\circ \\ 0.7404 \angle +90^\circ \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ -1,283 \\ 1,283 \end{bmatrix}$$

Ngắn mạch 2 pha chạm đất tại nút 3 qua tổng trở:  $Z_N = j0,1$

Thành phần đối xứng dòng điện:

$$\dot{I}_3^1 = \frac{\dot{V}_3(0)}{\dot{Z}_{33} + \frac{\dot{Z}_{33}^2 (\dot{Z}_{33}^0 + 3\dot{Z}_N)}{\dot{Z}_{33}^2 + \dot{Z}_{33}^0 + 3Z_N}} = -\frac{1}{j0,22 + \frac{j0,22(j0,35 + j0,3)}{j0,22 + j0,35 + j0,3}} = -j2,6017$$

$$\dot{I}_3^2 = \frac{\dot{V}_3(0) - \dot{Z}_{33}^1 \dot{I}_3^1}{\dot{Z}_{33}^2} = \frac{1 - j0,22(-j2,6017)}{j0,22} = j1,9438$$

$$\dot{I}_3^0 = \frac{\dot{V}_3(0) - \dot{Z}_{33}^1 \dot{I}_3^1}{\dot{Z}_{33}^0 + 3\dot{Z}_{NM}} = \frac{1 - j0,22(-j2,6017)}{j0,35 + j0,3} = j0,6579$$

Dòng điện pha tại thanh cái 3:

$$\dot{I}_3^{abc}(N) = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} j0,6579 \\ -j2,6017 \\ j1,9438 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 4,0583 \angle 165,93^\circ \\ 4,0583 \angle 14,07^\circ \end{bmatrix}$$

Dòng ngắn mạch tổng:

$$\dot{I}_3^b + \dot{I}_3^c = 4,0583 \angle 165,93^\circ - 4,0583 \angle 14,07^\circ = 1,9732 \angle 90^\circ$$

Thành phần đối xứng điện áp:

$$\dot{V}_1^{o12}(N) = \begin{bmatrix} 0 - \dot{V}_{13}^o \dot{I}_3^0 \\ \dot{V}_1^1(0) - \dot{Z}_{13}^1 \dot{I}_3^1 \\ 0 - \dot{Z}_{13}^2 \dot{I}_3^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 - j0,140(j0,6579) \\ 1 - j0,130(-j2,6017) \\ 0 - j0,130(j1,9438) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,0921 \\ 0,6618 \\ 0,2527 \end{bmatrix}$$

$$\dot{V}_2^{o12}(N) = \begin{bmatrix} 0 - \dot{Z}_{23}^o \dot{I}_3^0 \\ \dot{V}_2^1(0) - \dot{Z}_{23}^1 \dot{I}_3^1 \\ 0 - \dot{Z}_{23}^2 \dot{I}_3^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 - j0,065(j0,6579) \\ 1 - j0,120(-j2,6017) \\ 0 - j0,120(j1,9438) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,0428 \\ 0,6878 \\ 0,2333 \end{bmatrix}$$

$$\dot{V}_3^{012}(N) = \begin{bmatrix} 0 - \dot{Z}_{33}^0 \dot{I}_3^0 \\ \dot{V}_1^1(0) - \dot{Z}_{33}^1 \dot{I}_3^1 \\ 0 - \dot{Z}_{33}^2 \dot{I}_3^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 - j0,350(j0,6579) \\ 1 - j0,220(-j2,6017) \\ 0 - j0,220(j1,9438) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,2303 \\ 0,4276 \\ 0,4276 \end{bmatrix}$$

Điện thế tại các nút:

$$\dot{V}_1^{abc}(N) = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,0921 \\ 0,6618 \\ 0,2527 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,0066 \angle 0^\circ \\ 0,5088 \angle -135,86^\circ \\ 0,5088 \angle +135,86^\circ \end{bmatrix}$$

$$\dot{V}_2^{abc}(N) = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,0428 \\ 0,6878 \\ 0,2333 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,9638 \angle 0^\circ \\ 0,5740 \angle -136,70^\circ \\ 0,5740 \angle +136,70^\circ \end{bmatrix}$$

$$\dot{V}_3^{abc}(N) = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,2303 \\ 0,4276 \\ 0,4276 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,0855 \angle 0^\circ \\ 0,1974 \angle -180^\circ \\ 0,1974 \angle +180^\circ \end{bmatrix}$$

Thành phần đối xứng dòng ngắn mạch pha a trên đường dây:

$$\dot{I}_{13}^{012} = \begin{bmatrix} \dot{V}_1^0(N) - \dot{V}_3^0(N) \\ \dot{Z}_{13}^0 \\ \dot{V}_1^1(N) - \dot{V}_3^1(N) \\ \dot{Z}_{13}^1 \\ \dot{V}_1^2(N) - \dot{V}_3^2(N) \\ \dot{Z}_{13}^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,0921 - 0,2303 \\ j0,35 \\ 0,6618 - 0,4276 \\ j0,15 \\ 0,2527 - 0,4276 \\ j0,15 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,3947 \angle +90^\circ \\ 1,5610 \angle -90^\circ \\ 1,1663 \angle +90^\circ \end{bmatrix}$$

$$\dot{I}_{12}^{012} = \begin{bmatrix} \dot{V}_1^0(N) - \dot{V}_2^0(N) \\ \dot{Z}_{12}^0 \\ \dot{V}_1^1(N) - \dot{V}_2^1(N) \\ \dot{Z}_{12}^1 \\ \dot{V}_1^2(N) - \dot{V}_2^2(N) \\ \dot{Z}_{12}^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,0921 - 0,0428 \\ j0,3 \\ 0,6618 - 0,6878 \\ j0,125 \\ 0,2527 - 0,2333 \\ j0,125 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,1645 \angle -90^\circ \\ 0,2081 \angle +90^\circ \\ 0,1555 \angle -90^\circ \end{bmatrix}$$

$$\dot{I}_{23}^{012} = \begin{bmatrix} \dot{V}_2^0(N) - \dot{V}_3^0(N) \\ \dot{Z}_{23}^0 \\ \dot{V}_2^1(N) - \dot{V}_3^1(N) \\ \dot{Z}_{23}^1 \\ \dot{V}_2^2(N) - \dot{V}_3^2(N) \\ \dot{Z}_{23}^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,0428 - 0,2303 \\ j0,7125 \\ 0,6878 - 0,4276 \\ j0,25 \\ 0,2333 - 0,4276 \\ j0,25 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,2632 \angle +90^\circ \\ 1,0407 \angle -90^\circ \\ 0,7775 \angle +90^\circ \end{bmatrix}$$

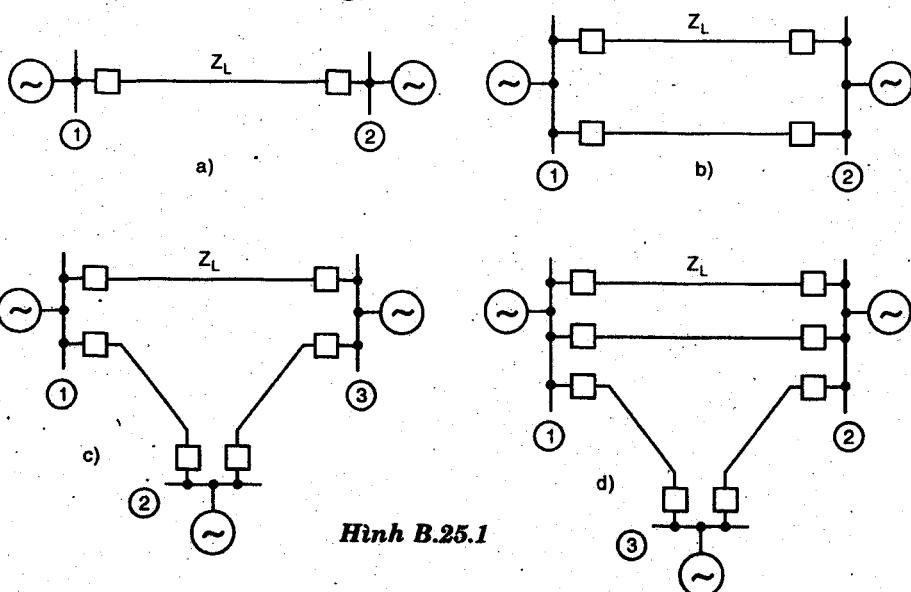
Dòng điện ngắn mạch trên đường dây

$$\dot{I}_{12}^{abc}(N) = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,1645 \angle -90^\circ \\ 0,2081 \angle +90^\circ \\ 0,1555 \angle -90^\circ \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,1118 \angle -90^\circ \\ 0,3682 \angle -31,21^\circ \\ 0,3682 \angle -148,79^\circ \end{bmatrix}$$

$$\dot{I}_{13}^{abc}(N) = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,3947 \angle +90^\circ \\ 1,5610 \angle -90^\circ \\ 1,1663 \angle +90^\circ \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 2,435 \angle 165,93^\circ \\ 2,435 \angle 14,07^\circ \end{bmatrix}$$

$$\dot{I}_{23}^{abc}(N) = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,2632 \angle +90^\circ \\ 1,0407 \angle -90^\circ \\ 0,7775 \angle +90^\circ \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1,6233 \angle 165,93^\circ \\ 1,6233 \angle 14,07^\circ \end{bmatrix}$$

25. Xác định các thông số mạng tương đương 2 cửa nhìn từ 2 đầu đường dây  $Z_L$  của các mạng tiêu biểu đơn giản sau (H.B.25.1)..



Hình B.25.1

a) Tìm sơ đồ thay thế tương đương để tính toán bảo vệ đường dây AB của hệ thống H.B.25.2

**Giải.** Tách bỏ đường dây cần bảo vệ AB và loại bỏ các nguồn ta sẽ có sơ đồ H.B.25.3

Xác định các thông số của mạng hai cửa:

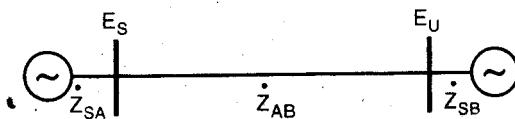
Cho:  $\dot{I}_A = 1$ ;  $\dot{I}_B = 0$ ;  $\dot{V}_A = \dot{I}_A \cdot \dot{Z}_{SA} = \dot{Z}_{SA}$ ;  $\dot{V}_B = \dot{I}_B \cdot \dot{Z}_{SB} = 0$

Từ đó suy ra:  $\dot{Z}_{11} = \frac{\dot{V}_A}{\dot{I}_A} = \dot{Z}_{SA}$ ;  $\dot{Z}_{21} = \frac{\dot{V}_B}{\dot{I}_A} = 0$

Tương tự, cho:  $\dot{I}_A = 0$  và  $\dot{I}_B = 1$ , ta có:

$$\dot{V}_A = 0; \quad \dot{V}_B = \dot{I}_B \cdot \dot{Z}_{SB} = \dot{Z}_{SB}; \quad \dot{Z}_{12} = \frac{\dot{V}_A}{\dot{I}_B} = 0; \quad \dot{Z}_{22} = \frac{\dot{V}_B}{\dot{I}_B} = \dot{Z}_{SB}$$

Biến đổi tương đương về mạng hai cửa:

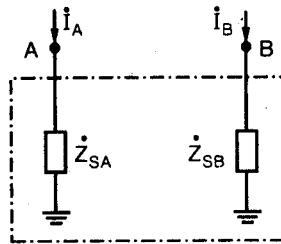


**Hình B.25.2**

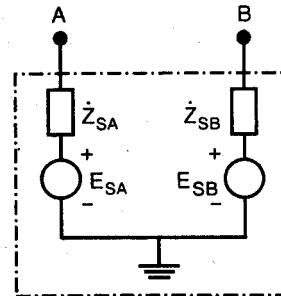
$$\dot{Z}_s = \frac{\dot{Z}_{11} \cdot \dot{Z}_{22} - \dot{Z}_{12} \cdot \dot{Z}_{21}}{\dot{Z}_{22} - \dot{Z}_{21}} = \dot{Z}_{SA}$$

$$\dot{Z}_U = \frac{\dot{Z}_{11} \cdot \dot{Z}_{22} - \dot{Z}_{12} \cdot \dot{Z}_{21}}{\dot{Z}_{11} - \dot{Z}_{12}} = \dot{Z}_{SB}$$

$$\dot{Z}_E = \frac{\dot{Z}_{11} \cdot \dot{Z}_{22} - \dot{Z}_{12} \cdot \dot{Z}_{21}}{\dot{Z}_{12}} = \infty$$



**Hình B.25.3**



**Hình B.25.4**

Vậy, sơ đồ tương đương sẽ là H.B.25.4

b) Tìm sơ đồ thay thế tương đương để tính toán bảo vệ cho mạch 1 của đường dây AB (không xét hő cảm) trong hệ thống H.B.25.5

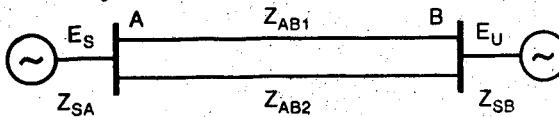
**Giải.** Sau khi tách bỏ mạch 1 của đường dây cần bảo vệ AB và loại bỏ các nguồn ta sẽ có sơ đồ sau (H.B.25.6)

Xác định các thông số của mạch hai cửa: Cho  $\dot{I}_A = 1$  và  $\dot{I}_B = 0$ , ta có:

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_A \cdot \frac{\dot{Z}_{AB2} + \dot{Z}_{SB}}{\dot{Z}_T}; \quad \dot{I}_2 = \dot{I}_A \cdot \frac{\dot{Z}_{SA}}{\dot{Z}_T}$$

với:  $\dot{Z}_T = \dot{Z}_{SA} + \dot{Z}_{SB} + \dot{Z}_{AB2}$

Từ đó suy ra:



Hình B.25.5

$$\dot{Z}_{11} = \frac{\dot{V}_A}{\dot{I}_A} = \frac{\dot{I}_1 \cdot \dot{Z}_{SA}}{\dot{I}_A} = \frac{\dot{Z}_{SA}(\dot{Z}_{AB2} + \dot{Z}_{SB})}{\dot{Z}_T}$$

$$\dot{Z}_{21} = \frac{\dot{V}_B}{\dot{I}_A} = \frac{\dot{I}_2 \cdot \dot{Z}_{SB}}{\dot{I}_A} = \frac{\dot{Z}_{SB} \cdot \dot{Z}_{SA}}{\dot{Z}_T}$$

Tương tự, cho  $\dot{I}_A = 0$  và  $\dot{I}_B = 1$ , ta có:

$$\dot{Z}_{12} = \frac{\dot{V}_A}{\dot{I}_B} = \frac{\dot{Z}_{SA} \cdot \dot{Z}_{SB}}{\dot{Z}_T}, \quad \dot{Z}_{22} = \frac{\dot{V}_B}{\dot{I}_B} = \frac{\dot{Z}_{SB}(\dot{Z}_{AB2} + \dot{Z}_{SA})}{\dot{Z}_T}$$

Biến đổi tương đương về mạng hai cửa:

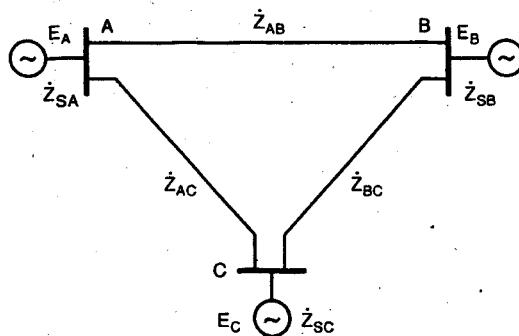
$$\dot{Z}_S = \frac{\dot{Z}_{11} \cdot \dot{Z}_{22} - \dot{Z}_{12} \cdot \dot{Z}_{21}}{\dot{Z}_{22} - \dot{Z}_{21}} = \frac{\dot{Z}_{SA} \cdot \dot{Z}_{SB}(\dot{Z}_{AB2} + \dot{Z}_{SA})(\dot{Z}_{AB2} + \dot{Z}_{SB}) - (\dot{Z}_{SA} \cdot \dot{Z}_{SB})^2}{[\dot{Z}_{SB}(\dot{Z}_{AB2} + \dot{Z}_{SA}) - \dot{Z}_{SA} \cdot \dot{Z}_{SB}] \dot{Z}_T}$$

$$\dot{Z}_S = \frac{\dot{Z}_{SA} \cdot \dot{Z}_{SB} \cdot \dot{Z}_{AB2} (\dot{Z}_{SA} + \dot{Z}_{SB} + \dot{Z}_{AB2})}{\dot{Z}_{SB} \cdot \dot{Z}_{AB2} \cdot \dot{Z}_T} = \dot{Z}_{SA}$$

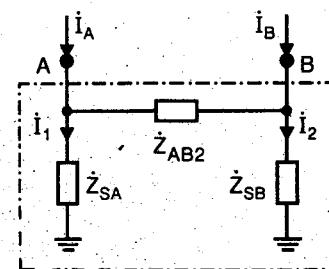
$$\dot{Z}_U = \frac{\dot{Z}_{11} \cdot \dot{Z}_{22} - \dot{Z}_{12} \cdot \dot{Z}_{21}}{\dot{Z}_{11} - \dot{Z}_{12}} = \frac{\dot{Z}_{SA} \cdot \dot{Z}_{SB} \cdot \dot{Z}_{AB2} (\dot{Z}_{SA} + \dot{Z}_{SB} + \dot{Z}_{AB2})}{\dot{Z}_{SA} \cdot \dot{Z}_{AB2} \cdot \dot{Z}_T} = \dot{Z}_{SB}$$

$$\dot{Z}_E = \frac{\dot{Z}_{11} \cdot \dot{Z}_{22} - \dot{Z}_{12} \cdot \dot{Z}_{21}}{\dot{Z}_{12}} = \frac{\dot{Z}_{SA} \cdot \dot{Z}_{SB} \cdot \dot{Z}_{AB2} (\dot{Z}_{SA} + \dot{Z}_{SB} + \dot{Z}_{AB2})}{\dot{Z}_{SA} \cdot \dot{Z}_{SB} \cdot \dot{Z}_T} = \dot{Z}_{AB2}$$

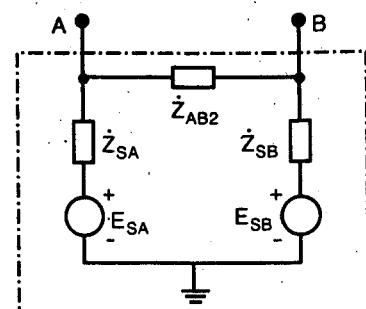
Vậy, sơ đồ tương đương sẽ là H.B.25.7



Hình B.25.7



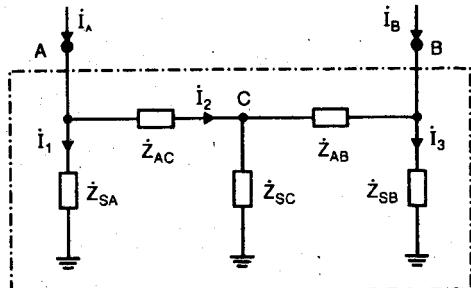
Hình B.25.6



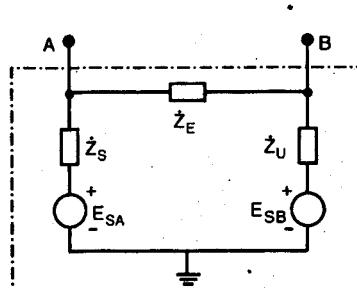
Hình B.25.8

c) Tìm sơ đồ thay thế tương đương để tính toán bảo vệ đường dây AB trong hệ thống H.B.25.8

**Giải:** Sau khi tách bỏ đường dây cần bảo vệ AB và loại bỏ các nguồn ta sẽ có sơ đồ H.B.25.9.



Hình B.25.9



Hình B.25.10

Xác định các thông số của mạng hai cửa: cho  $\dot{I}_A = 1$  và  $\dot{I}_B = 0$ , ta có:

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_A \frac{\dot{Z}_{AC} + \dot{Z}_{CO}}{\dot{Z}_T}; \quad \dot{I}_2 = \dot{I}_A \frac{\dot{Z}_{SA}}{\dot{Z}_T}; \quad \dot{I}_3 = \dot{I}_2 \frac{\dot{Z}_{SC}}{\dot{Z}_{SC} + \dot{Z}_{BC} + \dot{Z}_{SB}}$$

với:  $\dot{Z}_T = \dot{Z}_{SA} + \dot{Z}_{AC} + \dot{Z}_{CO}$ ;  $\dot{Z}_{CO} = \frac{\dot{Z}_{SC}(\dot{Z}_{BC} + \dot{Z}_{SB})}{\dot{Z}_{SC} + \dot{Z}_{BC} + \dot{Z}_{SB}}$

Từ đó suy ra:  $\dot{Z}_{11} = \frac{\dot{V}_A}{\dot{I}_A} = \frac{\dot{I}_1 \cdot \dot{Z}_{SA}}{\dot{I}_A} = \frac{\dot{Z}_{SA}(\dot{Z}_{AC} + \dot{Z}_{CO})}{\dot{Z}_T}$

$$\dot{Z}_{21} = \frac{\dot{V}_B}{\dot{I}_A} = \frac{\dot{I}_3 \cdot \dot{Z}_{SB}}{\dot{I}_A} = \frac{\dot{Z}_{SB} \cdot \dot{Z}_{AC} \cdot \dot{Z}_{SA}}{\dot{Z}_T(\dot{Z}_{SB} + \dot{Z}_{BC} + \dot{Z}_{SC})}$$

Tương tự cho:  $\dot{I}_A = 0$  và  $\dot{I}_B = 1$  tìm được:  $\dot{Z}_{12}$  và  $\dot{Z}_{22}$

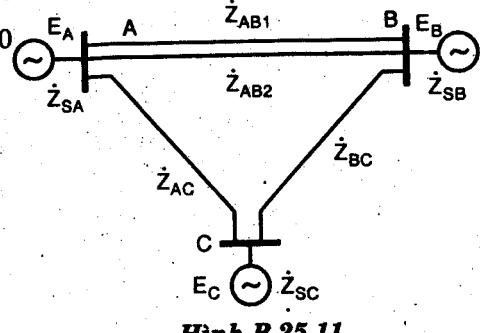
Biến đổi tương đương về mạng hai cửa:

$$\dot{Z}_S = \frac{\dot{Z}_{11} \cdot \dot{Z}_{22} - \dot{Z}_{12} \cdot \dot{Z}_{21}}{\dot{Z}_{22} - \dot{Z}_{21}}; \quad \dot{Z}_U = \frac{\dot{Z}_{11} \cdot \dot{Z}_{22} - \dot{Z}_{12} \cdot \dot{Z}_{21}}{\dot{Z}_{11} - \dot{Z}_{12}}; \quad \dot{Z}_E = \frac{\dot{Z}_{11} \cdot \dot{Z}_{22} - \dot{Z}_{12} \cdot \dot{Z}_{21}}{\dot{Z}_{12}}$$

Vậy, sơ đồ tương đương sẽ là H.B.25.10

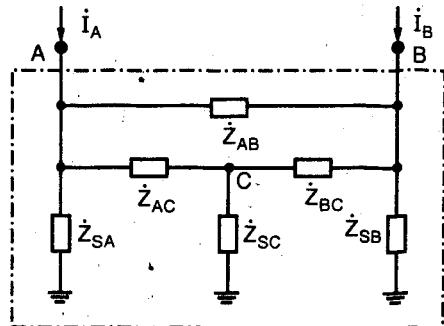
d) Tìm sơ đồ thay thế tương đương để tính toán bảo vệ mạch 1 của đường dây AB (không xét hổ cảm) trong hệ thống sau H.B.25.11

**Giải.** Sau khi tách bỏ mạch 1 của đường dây cần bảo vệ AB và loại bỏ các nguồn ta sẽ có sơ đồ ở H.B.25.12

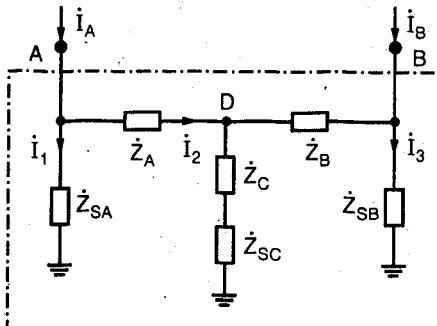


Hình B.25.11

Dùng công thức biến đổi  $\Delta \rightarrow Y$  cho các tổng trở  $Z_{AB}$ ,  $Z_{AC}$  và  $Z_{BC}$  ta có được mạch H.B.25.13



Hình B.25.12



Hình B.25.13

với:  $\dot{Z}_A = \frac{\dot{Z}_{AB} \cdot \dot{Z}_{AC}}{\dot{Z}_{AB} + \dot{Z}_{AC} + \dot{Z}_{BC}}$

$$\dot{Z}_B = \frac{\dot{Z}_{BC} \cdot \dot{Z}_{AB}}{\dot{Z}_{AB} + \dot{Z}_{AC} + \dot{Z}_{BC}}$$

$$\dot{Z}_C = \frac{\dot{Z}_{BC} \cdot \dot{Z}_{AC}}{\dot{Z}_{AB} + \dot{Z}_{AC} + \dot{Z}_{BC}}$$

Xác định các thông số của mạng hai cửa:

Cho  $\dot{I}_A = 1$  và  $\dot{I}_B = 0$ , ta có:

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_A \cdot \frac{\dot{Z}_A + \dot{Z}_{DO}}{\dot{Z}_T}; \quad \dot{I}_2 = \dot{I}_A \cdot \frac{\dot{Z}_{SA}}{\dot{Z}_T}; \quad \dot{I}_3 = \dot{I}_2 \cdot \frac{\dot{Z}_C + \dot{Z}_{SC}}{\dot{Z}_C + \dot{Z}_{SC} + \dot{Z}_B + \dot{Z}_{SB}}$$

với:  $\dot{Z}_T = \dot{Z}_{SA} + \dot{Z}_A + \dot{Z}_{DO}$ ;  $\dot{Z}_{DO} = \frac{(\dot{Z}_C + \dot{Z}_{SC})(\dot{Z}_B + \dot{Z}_{SB})}{\dot{Z}_C + \dot{Z}_{SC} + \dot{Z}_B + \dot{Z}_{SB}}$

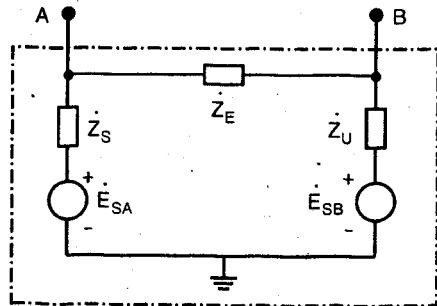
Từ đó suy ra:  $\dot{Z}_{11} = \frac{\dot{V}_A}{\dot{I}_A} = \frac{\dot{I}_A \cdot \dot{Z}_{SA}}{\dot{I}_A} = \frac{\dot{Z}_{SA}(\dot{Z}_A + \dot{Z}_{DO})}{\dot{Z}_T}$

Tương tự cho  $\dot{I}_A = 0$  và  $\dot{I}_B = 1$   $\dot{I}_B = 1$  tìm được  $\dot{Z}_{12}$  và  $\dot{Z}_{22}$ .

Biến đổi tương đương về mạng hai cửa:

$$\dot{Z}_S = \frac{\dot{Z}_{11} \cdot \dot{Z}_{22} - \dot{Z}_{12} \cdot \dot{Z}_{21}}{\dot{Z}_{22} - \dot{Z}_{21}}; \quad \dot{Z}_U = \frac{\dot{Z}_{11} \cdot \dot{Z}_{22} - \dot{Z}_{12} \cdot \dot{Z}_{21}}{\dot{Z}_{11} - \dot{Z}_{12}}; \quad \dot{Z}_E = \frac{\dot{Z}_{11} \cdot \dot{Z}_{22} - \dot{Z}_{12} \cdot \dot{Z}_{21}}{\dot{Z}_{12}}$$

Vậy, sơ đồ tương đương sẽ là H.B.25.14.



Hình B.25.14

26. Cho một mạng 6 nút có dạng như sau H.B.26.1

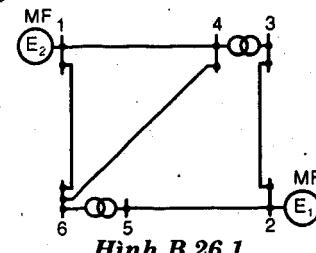
### Thông số của hệ thống ( $S_{ch} = 100\text{MVA}$ )

STT	Nút i – j	Tổng trở Z	Tổng dẫn Y
1	1 – 6	$0,246 + j1,036$	$0,217 - j0,914$
2	1 – 4	$0,160 + j0,740$	$0,279 - j1,291$
3	4 – 6	$0,194 + j0,814$	$0,277 - j1,162$
4	5 – 6	$j0,600$	$- j1,667$
5	2 – 5	$0,564 + j1,280$	$0,288 - j0,654$
6	2 – 3	$1,446 + j2,100$	$0,222 - j0,323$
7	3 – 4	$j0,266$	$- j3,759$
8	MF1	$0,020 + j0,240$	$0,345 - j4,138$
9	MF2	$0,030 + j0,480$	$0,130 - j2,075$

Xác định thông số mạng hai cửa nhìn từ các nút: 1 – 6; 1 – 4; 4 – 6; 5 – 6; 2 – 5; 2 – 3; 3 – 4.

**Giải.** Đối với hệ thống gồm nhiều nút và mạch vòng, việc giải hệ phương trình trên nói chung là khó khăn. Giải bài này dùng phương pháp khử ma trận hay còn gọi là phương pháp Gauss. Nguyên tắc là: khử dần ma trận  $[Y_{bus}]$  đưa về dạng:

$$\begin{pmatrix} 1 & a_{21} & \dots & a_{1n} \\ 0 & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & 0 & 1 & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & 1 & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (1)$$



**Hình B.26.1**

Cách tiến hành các bước khử này được thực hiện như sau (vẽ phải và trái biến đổi hoàn toàn giống nhau):

**Bước 1:** Đầu tiên ta chia hàng một ma trận cho phần tử  $y_{11}$ . Ta có các phần tử mới của hàng một là  $y_{1j}$  mới. Các phần tử của các hàng khác được biến đổi tương đương như sau:

*Hàng 2:  $y_{2j \text{ mới}} = y_{2j \text{ cũ}} - y_{21}^*(y_{1j} / y_{11})$*

$$Hàng n: \quad y_{n_j \text{ mới}} = y_{n_j \text{ cũ}} - y_{n_1} \cdot (y_{1j} / y_{11}); \quad (j = 1 \div n)$$

Bước 2: Bây giờ ta sẽ có một ma trận  $[Y]$  mới có dạng

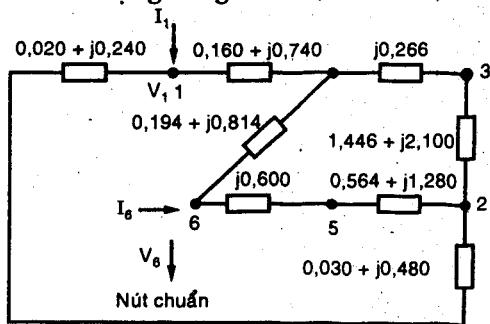
$$\left( \begin{array}{cccc} 1 & b_{21} & \dots & b_{1n} \\ 0 & b_{22} & \dots & b_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & b_{2n} & \dots & b_{nn} \end{array} \right)$$

Ma trận mới có kích thước  $(n - 1) \times (n - 1)$ . Với ma trận mới lặp lại các bước 1 và 2 cho đến khi ta có ma trận dạng (1).

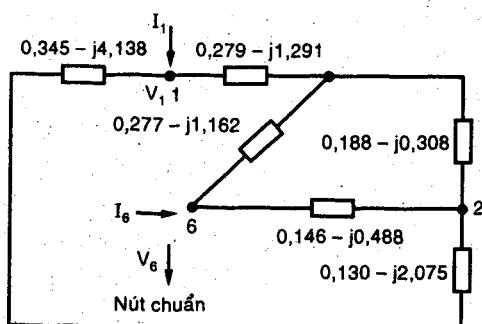
### Tính toán các thông số bảo vệ cho đường dây 1 - 6

Tách đường dây 1-6 ra khỏi hệ thống, sơ đồ tương đương thứ tự thuận như sau: (H.B.26.2)

#### - Dạng tổng trả Z (H.B.26.2):



*Hình B.26.2*



Hình B.26.3

- Dạng tổng trở Y khi bỏ nút 3 và 5: (H.B.26.3)

Ta có:  $[Y]^* [V] = [I]$

- Tính:  $\dot{Z}_{11}, \dot{Z}_{12}$  ( $I_6 = 0$ )

$$\begin{pmatrix} 0,624 - j5,429 & -0,279 + j1,291 & 0 & 0 \\ -0,279 + j1,291 & 0,744 - j2,761 & -0,188 + j0,308 & -0,277 + j1,162 \\ 0 & -0,188 + j0,308 & 0,464 - j2,871 & -0,146 + j0,488 \\ 0 & -0,277 + j1,162 & -0,146 + j0,488 & 0,423 - j1,650 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_1 \\ V_4 \\ V_2 \\ V_6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} I_1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} 0,624 - j5,429 & -0,279 + j1,291 & 0 & 0 \\ -0,279 + j1,291 & 0,744 - j2,761 & -0,188 + j0,308 & -0,277 + j1,162 \\ 0 & -0,188 + j0,308 & 0,464 - j2,871 & -0,146 + j0,488 \\ 0 & -0,277 + j1,162 & -0,146 + j0,488 & 0,423 - j1,650 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_1/I_1 \\ V_4/I_1 \\ V_2/I_1 \\ V_6/I_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} 1 & -0,241 - j0,024 & 0 & 0 \\ 0 & 0,646 - j2,457 & -0,188 + j0,308 & -0,277 + j1,162 \\ 0 & -0,188 + j0,308 & 0,464 - j2,871 & -0,146 + j0,488 \\ 0 & -0,277 + j1,162 & -0,146 + j0,488 & 0,423 - j1,650 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_1/I_1 \\ V_4/I_1 \\ V_2/I_1 \\ V_6/I_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,021 + j0,182 \\ 0,241 + j0,024 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} 1 & -0,241 - j0,024 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -0,136 - j0,041 & -0,470 + j0,011 \\ 0 & 0 & 0,426 - j2,837 & -0,231 + j0,635 \\ 0 & 0 & -0,231 + j0,635 & 0,306 - j1,101 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_1/I_1 \\ V_4/I_1 \\ V_2/I_1 \\ V_6/I_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,021 + j0,182 \\ 0,015 + j0,094 \\ 0,032 + j0,013 \\ 0,113 + j0,009 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} 1 & -0,241 - j0,024 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -0,136 - j0,041 & -0,470 + j0,011 \\ 0 & 0 & 1 & -0,231 - j0,047 \\ 0 & 0 & 0 & 0,223 - j0,965 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_1/I_1 \\ V_4/I_1 \\ V_2/I_1 \\ V_6/I_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,021 + j0,182 \\ 0,015 + j0,094 \\ 0,003 + j0,012 \\ 0,120 + j0,014 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} 1 & -0,241 - j0,024 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -0,136 - j0,041 & -0,470 + j0,011 \\ 0 & 0 & 1 & -0,231 - j0,047 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}; \begin{pmatrix} V_1/I_1 \\ V_4/I_1 \\ V_2/I_1 \\ V_6/I_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,021 + j0,182 \\ 0,015 + j0,094 \\ 0,003 + j0,012 \\ 0,014 + j0,121 \end{pmatrix}$$

$$\dot{Z}_{21} = \dot{V}_6 / \dot{I}_1 = (0,12 + j0,014) / (0,223 - j0,965) = 0,014 + j0,121$$

$$\dot{Z}_{11} = \dot{V}_1 / \dot{I}_1 = 0,021 + j0,182 - (-0,241 - j0,024) \cdot (0,015 + j0,105) = 0,022 + j0,208$$

Tính:  $\dot{Z}_{12}, \dot{Z}_{22} (I_1 = 0)$

$$\begin{pmatrix} 0,624 - j5,429 & -0,279 + j1,291 & 0 & 0 \\ -0,279 + j1,291 & 0,744 - j2,761 & -0,188 + j0,308 & -0,277 + j1,162 \\ 0 & -0,188 + j0,308 & 0,464 - j2,871 & -0,146 + j0,488 \\ 0 & -0,277 + j1,162 & -0,146 + j0,488 & 0,423 - j1,650 \end{pmatrix}; \begin{pmatrix} V_1 \\ V_4 \\ V_2 \\ V_6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ I_6 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} 0,624 - j5,429 & -0,279 + j1,291 & 0 & 0 \\ -0,279 + j1,291 & 0,744 - j2,761 & -0,188 + j0,308 & -0,277 + j1,162 \\ 0 & -0,188 + j0,308 & 0,464 - j2,871 & -0,146 + j0,488 \\ 0 & -0,277 + j1,162 & -0,146 + j0,488 & 0,423 - j1,650 \end{pmatrix}; \begin{pmatrix} V_1/I_6 \\ V_4/I_6 \\ V_2/I_6 \\ V_6/I_6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} 1 & -0,241 - j0,024 & 0 & 0 \\ 0 & 0,646 - j2,457 & -0,188 + j0,308 & -0,277 + j1,162 \\ 0 & -0,188 + j0,308 & 0,464 - j2,871 & -0,146 + j0,488 \\ 0 & -0,277 + j1,162 & -0,146 + j0,488 & 0,423 - j1,650 \end{pmatrix}; \begin{pmatrix} V_1/I_6 \\ V_4/I_6 \\ V_2/I_6 \\ V_6/I_6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} 1 & -0,241 - j0,024 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -0,136 - j0,041 & -0,470 + j0,011 \\ 0 & 0 & 0,426 - j2,837 & -0,231 + j0,635 \\ 0 & 0 & -0,231 + j0,635 & 0,306 - j1,101 \end{pmatrix}; \begin{pmatrix} V_1/I_6 \\ V_4/I_6 \\ V_2/I_6 \\ V_6/I_6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} 1 & -0,241 - j0,024 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -0,136 - j0,041 & -0,470 + j0,011 \\ 0 & 0 & 1 & -0,231 - j0,047 \\ 0 & 0 & 0 & 0,223 - j0,965 \end{pmatrix}; \begin{pmatrix} V_1/I_6 \\ V_4/I_6 \\ V_2/I_6 \\ V_6/I_6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} 1 & -0,241 - j0,024 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -0,136 - j0,041 & -0,470 + j0,011 \\ 0 & 0 & 1 & -0,231 - j0,047 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}; \begin{pmatrix} V_1/I_6 \\ V_4/I_6 \\ V_2/I_6 \\ V_6/I_6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0,227 + j0,984 \end{pmatrix}$$

$$\dot{Z}_{22} = \dot{V}_6 / \dot{I}_6 = 1 / (0,223 - j0,965) = 0,227 + j0,984$$

$$\dot{Z}_{12} = \dot{Z}_{21} = 0,014 + j0,121$$

Tính:  $\dot{Z}_S, \dot{Z}_U, \dot{Z}_E$

$$\dot{Z}_S = (\dot{Z}_{11} \cdot \dot{Z}_{22} - \dot{Z}_{12} \cdot \dot{Z}_{21}) / (\dot{Z}_{22} - \dot{Z}_{21}) = 0,022 + j0,22$$

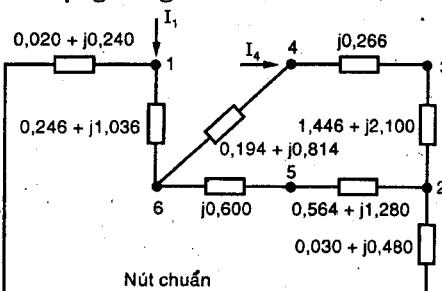
$$\dot{Z}_U = (\dot{Z}_{11} \cdot \dot{Z}_{22} - \dot{Z}_{12} \cdot \dot{Z}_{21}) / (\dot{Z}_{11} - \dot{Z}_{12}) = 0,552 + j2,180$$

$$\dot{Z}_E = (\dot{Z}_{11} \cdot \dot{Z}_{22} - \dot{Z}_{12} \cdot \dot{Z}_{21}) / \dot{Z}_{12} = (\dot{Z}_{11} \cdot \dot{Z}_{22} - \dot{Z}_{12} \cdot \dot{Z}_{21}) / \dot{Z}_{21} = 0,359 + j1,573$$

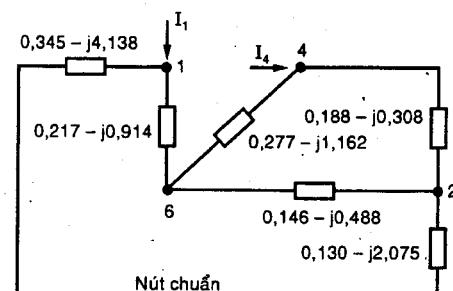
Tính toán các thông số bảo vệ cho đường dây 1-4

Tách đường dây 1-4 ra khỏi hệ thống, sơ đồ tương đương thứ tự thuận như sau:

- Dạng tổng trở Z (H.B.26.4)



Hình B.26.4



Hình B.26.5

- Dạng tổng trở Y khi bỏ nút 3 và 5: (H.B.26.5)

Ta có:  $[Y]^* [V] = [I]$

• Tính:  $Z_{11}, Z_{21}$  ( $I_4 = 0$ )

$$\begin{pmatrix} V_1 \\ V_4 \\ V_2 \\ V_6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} I_1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} 0,562 - j5,052 & 0 & 0 & -0,217 + j0,914 \\ 0 & 0,465 - j1,47 & -0,188 + j0,308 & -0,277 + j1,162 \\ 0 & -0,188 + j0,308 & 0,464 - j2,871 & -0,146 + j0,488 \\ -0,217 + j0,914 & -0,277 + j1,162 & -0,146 + j0,488 & 0,640 - j2,564 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} V_1 / I_1 \\ V_4 / I_1 \\ V_2 / I_1 \\ V_6 / I_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & -0,183 - j0,023 \\ 0 & 0,465 - j1,470 & -0,188 + j0,308 & -0,277 + j1,162 \\ 0 & -0,188 + j0,308 & 0,464 - j2,871 & -0,146 + j0,488 \\ 0 & -0,277 + j1,162 & -0,146 + j0,488 & 0,579 - j2,402 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} V_1 / I_1 \\ V_4 / I_1 \\ V_2 / I_1 \\ V_6 / I_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,022 + j0,196 \\ 0 \\ 0 \\ 0,184 + j0,022 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & -0,183 - j0,023 \\ 0 & 1 & -0,227 - j0,057 & -0,773 + j0,056 \\ 0 & 0 & 0,404 - j2,722 & -0,274 + j0,737 \\ 0 & 0 & -0,149 + j0,768 & 0,430 - j1,488 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_1 / I_1 \\ V_4 / I_1 \\ V_2 / I_1 \\ V_6 / I_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,022 + j0,196 \\ 0 \\ 0 \\ 0,184 + j0,022 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & -0,183 - j0,023 \\ 0 & 1 & -0,227 - j0,057 & -0,773 + j0,056 \\ 0 & 0 & 1 & -0,280 - j0,059 \\ 0 & 0 & 0 & 0,343 - j1,282 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_1 / I_1 \\ V_4 / I_1 \\ V_2 / I_1 \\ V_6 / I_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,022 + j0,196 \\ 0 \\ 0 \\ 0,184 + j0,022 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & -0,183 - j0,023 \\ 0 & 1 & -0,227 - j0,057 & -0,773 + j0,056 \\ 0 & 0 & 1 & -0,280 - j0,059 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_1 / I_1 \\ V_4 / I_1 \\ V_2 / I_1 \\ V_6 / I_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,022 + j0,196 \\ 0 \\ 0 \\ 0,020 + j0,138 \end{pmatrix}$$

$$\dot{Z}_{21} = \dot{V}_4 / \dot{I}_1 = 0 - (-0,227 - j0,057) \cdot (-0,003 + j0,040) - (-0,773 + j0,056) \\ (0,020 + j0,138) = 0,020 + j0,114$$

$$\dot{Z}_{11} = \dot{V}_1 / \dot{I}_1 = 0,022 + j0,196 - (-0,183 - j0,023) \cdot (0,020 + j0,138) = 0,022 + j0,222$$

• Tính:  $Z_{12}, Z_{22}$  ( $I_1 = 0$ )

$$\begin{pmatrix} 0,562 - j5,052 & 0 & 0 & -0,217 + j0,914 \\ 0 & 0,465 - j1,47 & -0,188 + j0,308 & -0,277 + j1,162 \\ 0 & -0,188 + j0,308 & 0,464 - j2,871 & -0,146 + j0,488 \\ -0,217 + j0,914 & -0,277 + j1,162 & -0,146 + j0,488 & 0,640 - j2,564 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} V_1 \\ V_4 \\ V_2 \\ V_6 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ I_4 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} 0,562 - j5,052 & 0 & 0 & -0,217 + j0,914 \\ 0 & 0,465 - j1,47 & -0,188 + j0,308 & -0,277 + j1,162 \\ 0 & -0,188 + j0,308 & 0,464 - j2,871 & -0,146 + j0,488 \\ -0,217 + j0,914 & -0,277 + j1,162 & -0,146 + j0,488 & 0,640 - j2,564 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} V_1 / I_4 \\ V_4 / I_4 \\ V_2 / I_4 \\ V_6 / I_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & -0,183 - j0,023 \\ 0 & 0,465 - j1,470 & -0,188 + j0,308 & -0,277 + j1,162 \\ 0 & -0,188 + j0,308 & 0,464 - j2,871 & -0,146 + j0,488 \\ 0 & -0,277 + j1,162 & -0,146 + j0,488 & 0,579 - j2,402 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} V_1/I_4 \\ V_4/I_4 \\ V_2/I_4 \\ V_6/I_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & -0,183 - j0,023 \\ 0 & 1 & -0,188 + j0,308 & -0,277 + j1,162 \\ 0 & 0 & 0,464 - j2,871 & -0,146 + j0,488 \\ 0 & 0 & -0,146 + j0,488 & 0,579 - j2,402 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} V_1/I_4 \\ V_4/I_4 \\ V_2/I_4 \\ V_6/I_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0,196 + j0,618 \\ 0,227 + j0,056 \\ 0,772 - j0,057 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & -0,183 - j0,023 \\ 0 & 1 & -0,227 - j0,057 & -0,773 + j0,056 \\ 0 & 0 & 1 & -0,280 - j0,059 \\ 0 & 0 & 0 & 0,343 - j1,282 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} V_1/I_4 \\ V_4/I_4 \\ V_2/I_4 \\ V_6/I_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0,196 + j0,618 \\ -0,008 + j0,085 \\ 0,544 - j0,113 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & -0,183 - j0,023 \\ 0 & 1 & -0,227 - j0,057 & -0,773 + j0,023 \\ 0 & 0 & 1 & -0,280 - j0,059 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} V_1/I_4 \\ V_4/I_4 \\ V_2/I_4 \\ V_6/I_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0,196 + j0,618 \\ -0,008 + j0,085 \\ 0,188 + j0,374 \end{pmatrix}$$

$$\dot{Z}_{22} = \dot{V}_4/\dot{I}_4 = 0,196 + j0,618 - (-0,227 - j0,057).(0,23 + j0,201) - (-0,773 + j0,056).(0,188 + j0,374) = 0,356 + j0,944$$

$$\dot{Z}_{12} = \dot{Z}_{21} = 0,020 + j0,114$$

• Tính:  $\dot{Z}_S, \dot{Z}_U, \dot{Z}_E$

$$\dot{Z}_S = (\dot{Z}_{11} \cdot \dot{Z}_{22} - \dot{Z}_{12} \cdot \dot{Z}_{21}) / (\dot{Z}_{22} - \dot{Z}_{21}) = 0,019 + j0,236$$

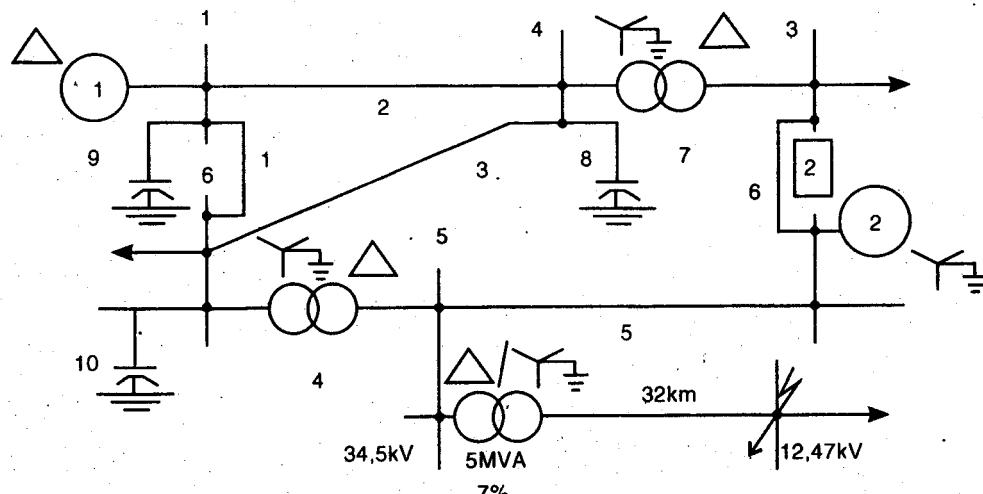
$$\dot{Z}_U = (\dot{Z}_{11} \cdot \dot{Z}_{22} - \dot{Z}_{12} \cdot \dot{Z}_{21}) / (\dot{Z}_{11} - \dot{Z}_{12}) = 0,849 + j1,767$$

$$\dot{Z}_E = (\dot{Z}_{11} \cdot \dot{Z}_{22} - \dot{Z}_{12} \cdot \dot{Z}_{21}) / \dot{Z}_{12} = (\dot{Z}_{11} \cdot \dot{Z}_{22} - \dot{Z}_{12} \cdot \dot{Z}_{21}) / \dot{Z}_{21} = 0,528 + j1,752$$

Tính toán hoàn toàn tương tự cho các phần tử được bảo vệ khác trong hệ thống.

Lập chương trình tính toán trên máy tính xác định lần thông số mạng 2 cửa nhìn từ các nút. Kết quả được cho ở bảng sau

Đường dây	$\dot{Z}_{11}$	$\dot{Z}_{12}$	$\dot{Z}_{22}$	$\dot{Z}_S$	$\dot{Z}_U$	$\dot{Z}_E$
1 - 6	0,0218 + j0,2198	0,0144 + j0,1211	0,227 + j0,9837	0,0216 + j0,2334	0,5309 + j0,2334	0,3648 + j1,6694
1 - 4	0,0215 + j0,2210	0,0168 + j0,1133	0,3426 + j1,1284	0,0201 + j0,2325	0,7970 + j2,1687	0,5381 + j2,1049
4 - 6	0,1892 + j0,7410	0,0125 + j0,1583	0,1852 + j0,8296	0,2061 + j0,8796	0,1919 + j1,0089	1,5459 + j3,6228
5 - 6	0,6110 + j1,7041	-0,0130 + j0,0647	0,1728 + j0,7876	0,5976 + j1,8585	0,1642 + j0,8143	15,2468 + j15,99
2 - 5	0,0469 + j0,4241	-0,0131 + j0,0647	0,1728 + j1,3876	0,0439 + j0,4418	0,1189 + j1,6232	3,8100 + j5,1462
2 - 3	0,0374 + j0,4105	-0,0008 + j0,0789	0,1299 + j0,9469	0,0361 + j0,4405	0,1349 + j1,1530	1,1777 + j4,7705
3 - 4	1,4834 + j2,5105	-0,0008 + j0,0789	0,1299 + j0,6799	1,5995 + j2,8569	0,1242 + j0,6959	17,1233 + j18,9404



Hình B 27

27. Xét một mạng có 6 nút (H.B.27), cung cấp cho các tải tại các nút 3, 5, 6. Các thông số các nút, nhánh được cho trong bảng với giá trị cơ bản là 100MVA. Từ thanh cái 5, máy biến áp tam giác - sao (5MVA), cung cấp điện áp 12,47 kV cho đường dây phân phối hình tia 3 pha, 4 dây có chiều dài 32 km (dây pha là dây 1/0 ACSR; dây trung tính là dây #2 ACSR; khoảng cách tương đương giữa các pha là 127 cm).

**Bảng thông số:** *Tổng trở kháng tự thuần và thử tự không với công suất cơ bản là 100 MVA.*

Thứ tự thuận				Thứ tự không			
Nút	Nút	R	X	Nút	Nút	R	X
1	1	0,02253	0,21503	1	1	0,36392	1,11336
1	2	0,00609	0,04974	1	2	0,00000	0,00000
1	3	0,02635	0,16117	1	3	0,00000	0,00000
1	4	0,02254	0,17266	1	4	-0,01120	0,11474
1	5	0,02118	0,12825	1	5	0,00000	0,00000
1	6	0,01831	0,16379	1	6	0,02526	0,34120
2	2	0,04422	0,38094	2	2	0,00000	0,03200
2	3	-0,01594	0,15713	2	3	0,00000	0,03200
2	4	-0,00786	0,13434	2	4	0,00000	0,00000
2	5	-0,00698	0,22306	2	5	0,00000	0,03200
2	6	0,00023	0,15223	2	6	0,00000	0,00000
3	3	0,16244	0,73912	3	3	3,78000	5,29200
3	4	0,14333	0,53368	3	4	0,00000	0,00000
3	5	0,06192	0,27007	3	5	0,00000	0,03200
3	6	0,07295	0,32786	3	6	0,00000	0,00000
4	4	0,13269	0,57694	4	4	0,00756	0,24138
4	5	0,06506	0,27818	4	5	0,00000	0,00000
4	6	0,06881	0,34726	4	6	-0,01706	0,05554
5	5	0,16569	0,80649	5	5	2,83000	3,87200
5	6	0,13256	0,46538	5	6	0,00000	0,00000
6	6	0,13034	0,61119	6	6	0,03849	0,47472

**Giải.** Chọn công suất cơ bản là  $S_{cb} = 5000 \text{ kVA}$

Tổng trở nguồn; máy biến áp:

$$Z_{S(5000 \text{ kVA})}^* = Z_{55(10000 \text{ kVA})}^* \cdot \frac{5000}{100000} = \frac{0,16569 + j0,80649}{20}$$

$$Z_S^* = 0,0083 + j0,0403 \text{ (đvtđ)}$$

$$Z_{MBA}^* = 0 + j0,07 \text{ (đvtđ)}$$

và tổng trở của đường dây phân phối là: (tra bảng hoặc dùng công thức tính).

$$\dot{Z}_L = 1Z_L = 3,36 + j3,134 \text{ (\Omega)}$$

$$\dot{Z}_{L0} = 4Z_L = 4(3,36 + j3,134) = 13,44 + j12,536 \text{ (\Omega)}$$

Tổng trở cơ bản:

$$Z_{cb} = \frac{U_{cb}^2 (\text{kV})}{S_{cb} (\text{MVA})} = \frac{12,47^2}{5} = 31,1 \text{ (\Omega)}$$

Suy ra: 
$$\begin{cases} Z_L^* (\text{đvtđ}) = \frac{Z_L (\Omega)}{Z_{cb} (\Omega)} = \frac{3,36 + j3,134}{31,1} = 0,108 + j0,101 \text{ (đvtđ)} \\ Z_{L0}^* (\text{đvtđ}) = \frac{Z_{L0} (\Omega)}{Z_{cb} (\Omega)} = \frac{13,44 + j12,536}{31,1} = 0,4322 + j0,403 \text{ (đvtđ)} \end{cases}$$

Xét các trường hợp:

- $R_{hq} = 0(\Omega) \rightarrow Z_N = \frac{R_{hq}}{Z_{cb}} = 0$

- $R_{hq} = 10(\Omega) \rightarrow Z_N = \frac{R_{hq}}{Z_{cb}} = 0,322 \text{ (đvtđ)}$

- $R_{hq} = 30(\Omega) \rightarrow Z_N = \frac{R_{hq}}{Z_{cb}} = 0,965 \text{ (đvtđ)}$

với:  $Z_{cb} = 31,1 \text{ (\Omega)}$

**Tính toán các dòng ngắn mạch:** Chọn  $V_N = 1 \text{ (đvtđ)}$

a) *Tại cuối đường dây phân phối*

**Khi ngắn mạch 3 pha**

▪  $R_{hq} = 0(\Omega)$ ; hay:  $Z_N = 0 \text{ (đvtđ)}$

$$\dot{I}_N = \frac{\dot{V}_N}{\dot{Z}_\Sigma} = \frac{\dot{V}_N}{\dot{Z}_S + \dot{Z}_{MBA} + \dot{Z}_L + \dot{Z}_N} = \frac{1}{0,0083 + j0,0403 + j0,07 + 0,108 + j0,101 + 0} = 1$$

$$\dot{I}_N^* = \frac{1}{0,1163 + j0,2113} = \frac{1}{0,2412 \angle 61^\circ 10'} = 4,146 \angle -61^\circ 10'$$

▪  $R_{hq} = 10(\Omega)$ ; hay:  $Z_N = 0,322 \text{ (đvtđ)}$

$$\dot{I}_N = \frac{\dot{V}_N}{\dot{Z}_\Sigma} = \frac{1}{0,1163 + j0,2113 + 0,322}; \quad \dot{I}_N^* = \frac{1}{0,4383 + j0,2113} = 2,055 \angle -25^\circ 44'$$

- $R_{hq} = 30 \text{ } (\Omega)$ ; hay:  $Z_N = 0,965 \text{ } (\text{đvtđ})$

$$I_N^* = \frac{\dot{V}_N}{\dot{Z}_\Sigma} = \frac{1}{0,1163 + j0,2113 + 0,965}; I_N^* = \frac{1}{1,0813 + j0,2113} = 0,908 \angle -11^{\circ}05'$$

**Khi ngắn mạch hai pha:**

$$I_N^* = \frac{\dot{V}_N}{\dot{Z}_\Sigma} = \frac{\dot{V}_N}{2(\dot{Z}_S + \dot{Z}_{MBA} + \dot{Z}_L) + \dot{Z}_N} = \frac{1}{0,2326 + j0,4222} = 3,593 \angle -151,14^{\circ}$$

- $R_{hq} = 0 \text{ } (\Omega)$ ; hay:  $Z_N = 0 \text{ } (\text{đvtđ})$

- $R_{hq} = 10 \text{ } (\Omega)$ ; hay:  $Z_N = 0,322 \text{ } (\text{đvtđ})$

$$I_N^* = \frac{\dot{V}_N}{\dot{Z}_\Sigma} = \frac{1}{0,5542 + j0,4222} = 2,486 \angle -127,30^{\circ}$$

- $R_{hq} = 30 \text{ } (\Omega)$ ; hay:  $Z_N = 0,965 \text{ } (\text{đvtđ})$

$$I_N^* = \frac{\dot{V}_N}{\dot{Z}_\Sigma} = \frac{1}{1,1973 + j0,4222} = 1,364 \angle -109,42^{\circ}$$

**Khi ngắn mạch một pha:**

- $R_{hq} = 0 \text{ } (\Omega)$ ; hay:  $Z_N = 0 \text{ } (\text{đvtđ})$

$$I_N^* = \frac{\dot{V}_N}{\dot{Z}_\Sigma} = \frac{\dot{V}_N}{2/3(\dot{Z}_S + \dot{Z}_{MBA} + 2\dot{Z}_L) + \dot{Z}_N} = \frac{1}{0,6648 + j0,8953} = 2,690 \angle -53,40^{\circ}$$

- $R_{hq} = 10 \text{ } (\Omega)$ ; hay:  $Z_N = 0,322 \text{ } (\text{đvtđ})$

$$I_N^* = \frac{\dot{V}_N}{\dot{Z}_\Sigma} = \frac{1}{1,6294 + j0,8953} = 1,614 \angle -28,79^{\circ}$$

- $R_{hq} = 30 \text{ } (\Omega)$ ; hay:  $Z_N = 0,965 \text{ } (\text{đvtđ})$

$$I_N^* = \frac{\dot{V}_N}{\dot{Z}_\Sigma} = \frac{1}{3,5587 + j0,8953} = 0,818 \angle -14,12^{\circ}$$

b) *Tại trạm trung gian:*

**Khi ngắn mạch 3 pha:**

- $R_{hq} = 0 \text{ } (\Omega)$ ; hay:  $Z_N = 0 \text{ } (\text{đvtđ})$

$$I_N^* = \frac{\dot{V}_N}{\dot{Z}_\Sigma} = \frac{\dot{V}_N}{(\dot{Z}_S + \dot{Z}_{MBA} + \dot{Z}_L) + \dot{Z}_N} = \frac{1}{0,0083 + j0,0403 + j0,07}$$

$$I_N^* = \frac{1}{0,0083 + j0,1103} = 9,04 \angle -85^{\circ}41'$$

- $R_{hq} = 10 \text{ } (\Omega)$ ; hay:  $Z_N = 0,322 \text{ } (\text{đvtđ})$

$$I_N^* = \frac{\dot{V}_N}{\dot{Z}_\Sigma} = \frac{1}{0,3303 + j0,1103} = 2,872 \angle -18^\circ 27'$$

- $R_{hq} = 30 \text{ } (\Omega)$ ; hay:  $Z_N = 0,965 \text{ } (\text{đvtđ})$

$$I_N^* = \frac{\dot{V}_N}{\dot{Z}_\Sigma} = \frac{1}{0,9729 + j0,1103} = 1,021 \angle -6,47^\circ$$

**Khi ngắn mạch hai pha:**

- $R_{hq} = 0 \text{ } (\Omega)$ ; hay:  $Z_N = 0 \text{ } (\text{đvtđ})$

$$I_N^* = \frac{\dot{V}_N}{\dot{Z}_\Sigma} = \frac{\dot{V}_N}{2(\dot{Z}_S + \dot{Z}_{MBA} + \dot{Z}_L) + \dot{Z}_N} = \frac{1}{0,0166 + j0,2206} = 7,829 \angle -175,70^\circ$$

- $R_{hq} = 10 \text{ } (\Omega)$ ; hay:  $Z_N = 0,322 \text{ } (\text{đvtđ})$

$$I_N^* = \frac{\dot{V}_N}{\dot{Z}_\Sigma} = \frac{1}{0,3381 + j0,2206} = 4,290 \angle -123,13^\circ$$

- $R_{hq} = 30 \text{ } (\Omega)$ ; hay:  $Z_N = 0,965 \text{ } (\text{đvtđ})$

$$I_N^* = \frac{\dot{V}_N}{\dot{Z}_\Sigma} = \frac{1}{0,9812 + j0,2206} = 1,722 \angle -102,67^\circ$$

**Khi ngắn mạch một pha:**

- $R_{hq} = 0 \text{ } (\Omega)$ ; hay:  $Z_N = 0 \text{ } (\text{đvtđ})$

$$I_N^* = \frac{\dot{V}_N}{\dot{Z}_\Sigma} = \frac{\dot{V}_N}{2/3(\dot{Z}_S + \dot{Z}_{MBA} + 2\dot{Z}_L) + \dot{Z}_N} = \frac{1}{0,0166 + j0,2906} = 10,30 \angle -86,74^\circ$$

- $R_{hq} = 10 \text{ } (\Omega)$ ; hay:  $Z_N = 0,322 \text{ } (\text{đvtđ})$

$$I_N^* = \frac{\dot{V}_N}{\dot{Z}_\Sigma} = \frac{1}{0,9812 + j0,2906} = 2,932 \angle -16,50^\circ$$

- $R_{hq} = 30 \text{ } (\Omega)$ ; hay:  $Z_N = 0,965 \text{ } (\text{đvtđ})$

$$I_N^* = \frac{\dot{V}_N}{\dot{Z}_\Sigma} = \frac{1}{2,9104 + j0,2906} = 1,026 \angle -5,70^\circ$$

Cuối cùng chúng ta có thể suy ra giá trị dòng ngắn mạch trong đơn vị có tên bằng cách nhân giá trị dòng trong đơn vị tương đối với giá trị dòng cơ bản như sau:

$$\text{Với: } I_{cb} = \frac{S_{cb}(1\text{pha})}{U_{cb}(1\text{pha})} = \frac{5000/3}{12,74/\sqrt{3}} = 231,5 \text{ A} \Rightarrow I_N \text{ (A)} = I_{cb} \times I_N^* \text{ (đvtđ)}$$

## PHẦN II

# TÍNH TOÁN BẢO VỆ RƠLE

28. Cho các thí dụ về việc chọn lựa máy biến áp dòng dùng trong bảo vệ rơle

**Giải.** Phương pháp đơn giản nhất để chọn tỉ số máy biến dòng là chọn theo 100% - 150% dòng đầy tải. Nhiều trường hợp người ta áp dụng qui tắc 100%, và trong những trường hợp khác người ta áp dụng 150%. Dĩ nhiên qui tắc được áp dụng trong những trường hợp hợp lý, ta cần phải biết dòng tải thay đổi như thế nào, cần phải biết mạch bảo vệ có dùng chung với mạch đo hay không? Qui tắc 150% thường được áp dụng cho nhiều mạch đo. Tỉ số BI có liên quan đến điện thế mà BI cung cấp cho rơle tác động. Tỉ số BI càng cao thì điện thế có thể cung cấp cho rơle càng lớn. Các thí dụ chọn BI đơn giản:

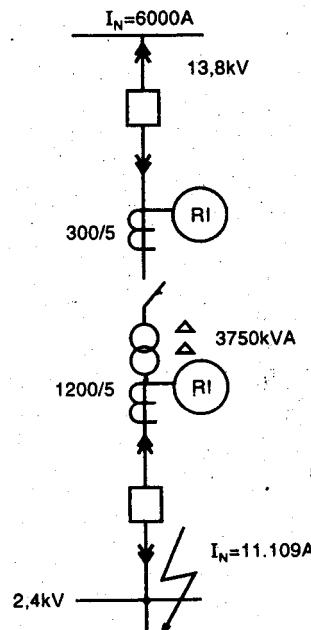
**Ví dụ 1:** Xác định tỉ số máy biến dòng cho mạch hình tia đơn giản với bảo vệ dòng điện. Dòng đầy tải của máy biến áp công suất 3750kVA phía điện áp 13,8kV là 156,87A, áp dụng qui tắc 150%:  $156,8 \cdot 150\% = 235,2 \text{ A}$

Chọn máy biến dòng có tỉ số là 300/5. Dòng đầy tải của máy biến áp 3750kVA ở phía điện áp 2,4 kV là 903 A.

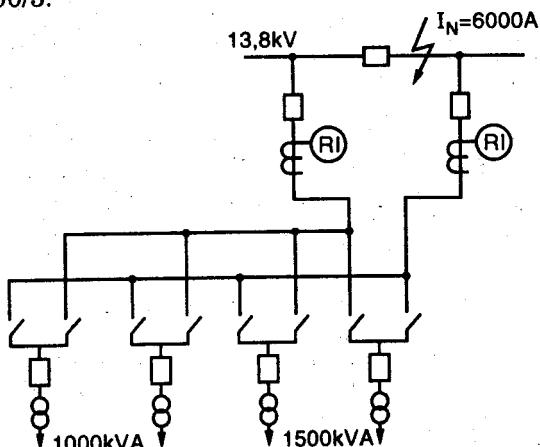
Cũng theo qui tắc 150%:  $150\% \times 903 = 1354,5 \text{ A}$

Chọn máy biến dòng có tỉ số 1200/5.

**Ví dụ 2:** Mạch được đo ở (H.B.28.2), máy cắt liên lạc thường mở và cầu dao tại mỗi tia thường mở để bình thường dòng chỉ chạy một hướng. Xác định tỉ số máy biến dòng cho máy cắt trung thế bảo vệ một mạch phân phối vòng. Khi máy cắt liên lạc thường mở, trị đặt của rơle quá dòng (dòng khởi động) có thể được chọn theo dòng đầy tải của tất cả các máy biến áp tải lớn nhất.



Hình B.28.1



Hình B.28.2

Tổng tải phụ:  $1,0 + 1,0 + 1,5 + 1,5 = 5\text{MVA} = 5000 \text{ kVA}$

Dòng ở cấp 13,8 kV:  $5000/22,8 = 219 \text{ A}$ ;  $150\% \cdot 129 = 329 \text{ A}$

Sẽ chọn BI 300/5 hay 400/5

Việc chọn máy biến dòng dựa vào dòng tải và quá tải không chính xác ứng dụng cho bảo vệ rôle, cần khảo sát trạng thái bảo hòa của BI do dòng ngắn mạch 3 pha và 1 pha chạm đất, nhất là trong trường hợp dòng BI có tỉ số biến đổi thấp. Trong các tình huống phối hợp phức tạp, việc lựa chọn máy biến dòng cần hợp lý, vì đặc tính thời gian - dòng điện phụ thuộc dời trái hoặc phải dọc theo trực dòng điện khi tỉ số BI thay đổi.

Từ (H.B.28.3) đến (H.B.28.5) là 3 công cụ được sử dụng để chọn máy biến dòng kỹ thuật. Lưu ý rằng, tải định mức của máy biến biến dòng được biểu diễn bằng V – Ampere, nhưng chính xác hơn là trình bày dưới dạng tổng trở tải và các thành phần điện trở, kháng trở của tải.

**Ví dụ 3:** Lựa chọn chi tiết máy biến dòng cho bảo vệ nhánh trung thế. Các dữ liệu cơ bản cần biết về nhánh có đặt BI như sau: dòng đầy tải ổn định lớn nhất (90A), dòng sự cố lớn nhất (2500A) và dòng sự cố nhỏ nhất (350A). Chọn một máy biến dòng riêng biệt kết hợp với chọn trị đặt rôle bảo vệ chống ngắn mạch nhiều pha, giả thiết rằng sử dụng rôle điện cơ.

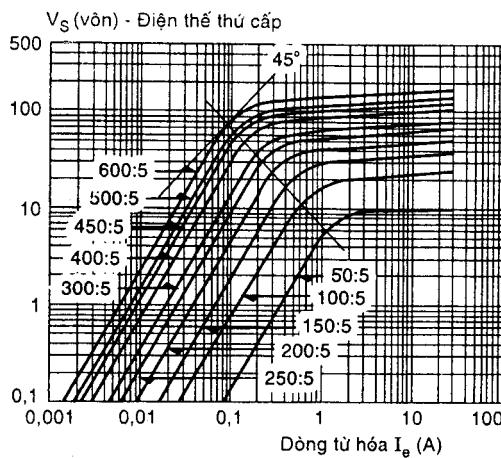
Thường lựa chọn BI dựa vào 150% của dòng đầy tải, chúng ta hãy khảo sát quá trình lựa chọn dựa vào tính toán chi tiết như dòng từ hóa và điện trở dây dẫn phụ. Chúng ta sẽ áp dụng đường cong tứ hoá của máy biến dòng từ nhà sản xuất ở H.B.28.3. Chúng ta sẽ cần đến các dữ liệu tải rôle theo nấc chỉnh rôle từ nhà chế tạo thường có trong tài liệu kỹ thuật đi kèm theo rôle. Cần phân biệt tải thứ cấp của BI (diện trở cuộn dây thứ cấp BI) và tải rôle khác nhau do tỉ số biến đổi khác nhau theo từng nấc chỉnh định rôle. Giả thiết rằng chúng ta có máy biến dòng có nhiều tỉ số như được trình bày ở (H.B.28.3): Bắt đầu với tỉ số biến đổi 100/5, tỉ số máy biến dòng là 20/1, dòng thứ cấp là  $80/20 = 4,5 \text{ A}$ , nếu chọn lựa nút chỉnh rôle là 5 dòng thì khởi động rôle sơ cấp là:  $5 \cdot 100/5 = 100 \text{ A}$  lớn hơn dòng cực đại 90 A chút ít.

Theo điều kiện dòng sự cố lớn nhất: thông thường giả thiết dòng từ hóa gần như bằng không, điều này không đúng. Để tìm hiểu máy biến dòng làm việc dưới điều kiện sự cố, chúng ta còn có hai dữ liệu cần thiết (1) tải rôle, (2) điện trở dây dẫn của máy biến dòng. Tải rôle là thông số do nhà chế tạo. Nếu tra cứu tài liệu ứng dụng ta sẽ thấy tải tính bằng V-ampe thay đổi tùy theo nấc chỉnh định và các đặc tính làm việc của rôle. Tổng trở tải rôle thường giảm khi nấc chỉnh định tăng.

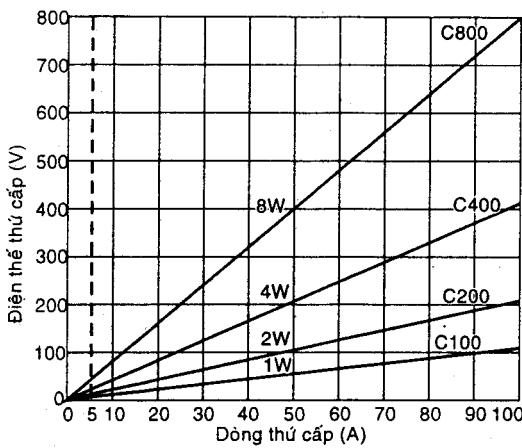
**Ví dụ:** từ bảng số liệu của nhà chế tạo rôle là:

$9,5 \Omega$  tương ứng với nấc 0,5 A;  $9,3 \Omega$  tương ứng với nấc 1,5 A

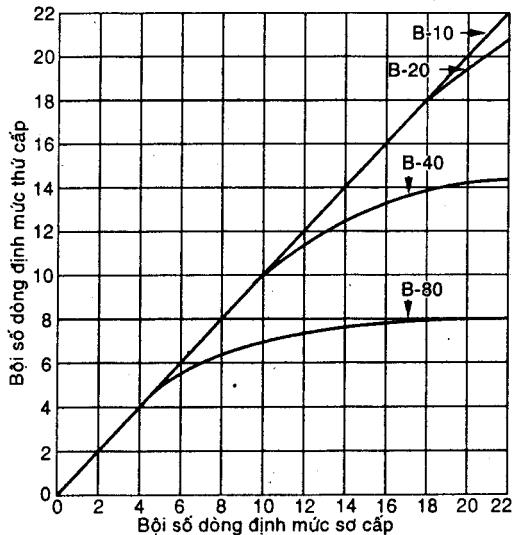
$5,3 \Omega$  tương ứng với nấc 5 A;  $5 \Omega$  tương ứng với nấc 10 A



Hình B.28.3



Hình B.28.4



Hình B.28.5

Các giá trị khác nhau ở rôle điện cơ hay rôle vi xử lý. Giảm tải rôle có thể cải thiện điều kiện làm việc của máy biến dòng trong các điều kiện sự cố, nhưng với nấc chỉnh đó có thể không đủ áp để điều khiển rôle. Từ các thông số chế tạo tải rôle là  $2,46 \text{ VA}$  tương ứng nấc chỉnh rôle là  $5 \text{ A}$  và từ thông số điện trở chế tạo tải rôle là  $0,4 \Omega$ . Ở (H.B.28.3) điện trở cuộn dây thứ cấp của BI là  $0,082 \Omega$ . Chúng ta có thể biến đổi VA sang  $\Omega$  bởi công thức  $P = I^2 \cdot R$ , cho nên tổng điện trở của mạch thứ cấp máy biến dòng là:

$$\text{Tải rôle } 2,64/5^2: \quad 0,106 \Omega; \quad \text{Điện trở dây dẫn: } 0,400 \Omega$$

$$\text{Điện trở cuộn dây thứ cấp: } BI0,082 \Omega; \quad \text{Tổng điện trở mạch thứ cấp: } 0,588 \Omega$$

Điện áp thứ cấp biến dòng khi dòng là  $5 \text{ A}$  và trở là  $0,588 \Omega$  là  $5 \cdot 0,588 = 2,94 \text{ V}$ .

Từ đặc tính của BI ở (H.B.28.3) thì dòng từ hóa  $I_e$  cho  $2,94 \text{ V}$  với đường cong  $100/5$  ở đồ thị là khoảng  $0,26 \text{ A}$ .

Dòng sơ cấp làm khởi động của rôle (với trị số chỉnh định trước) là tổng của dòng thứ cấp và dòng từ hóa nhân với tỉ số BI, trong trường hợp này là:  $20 \cdot (5 + 0,26) = 105,2 \text{ A}$ . Đây là phép cộng vô hướng đơn giản và trong nhiều trường hợp thì đúng. Chính xác hơn là tổng của dòng thứ cấp và dòng từ hóa tại  $90^\circ$  Khi đó thì dòng tổng thứ cấp là  $5^2 + 0,26^2 = 5,007$ , tương ứng với dòng khởi động sơ cấp là  $350/100,14 \text{ A}$ .

Với một dòng sự cố bé nhất là  $350 \text{ A}$ , cả hai trường hợp: cộng vô hướng  $350/105,2 = 3,3$ ; hay cộng vectơ:  $350/100,14 = 3,5$  đều lớn hơn ba lần trị số khởi động của rôle. Ta nhận thấy rằng phương pháp cộng vô hướng có kết quả gần đúng hợp lý. Kết hợp chọn tỉ số máy biến dòng và nấc chỉnh của rôle sẽ được đánh giá đúng và được chấp nhận vì nấc điều chỉnh có thể nằm trong phạm vi điều chỉnh của rôle điện cơ. Tải rôle vi xử lý nhỏ nên việc chọn BI dễ dàng hơn.

Theo điều kiện dòng sự cố cực đại để kiểm tra sai số: Đối với một dòng sự cố lớn nhất là  $2500 \text{ A}$ , dòng thứ cấp (bỏ qua dòng từ hóa  $I_e$ ) sẽ là  $125 \text{ A}$ .

Từ tài liệu chế tạo, chúng ta thấy rằng ở giá trị 20 lần nấc chỉnh của rôle, phụ tải rôle  $580 \text{ VA}$ . Như thế ta có phụ tải thứ cấp là:

$$\text{Tải rôle } 580/100^2: \quad 0,058 \Omega$$

$$\text{Điện trở dây dẫn: } 0,40 \Omega$$

$$\text{Điện trở cuộn dây thứ cấp BI: } 0,082 \Omega$$

$$\text{Tổng điện trở mạch thứ cấp: } 0,54 \Omega$$

Điện áp yêu cầu lúc dòng 125 A qua rơle sẽ là  $125 \cdot 0,54 = 68,13$  V. Từ đó thị từ hóa ở (HB.28.3) thì không thể đạt được; Những BI có tỉ số 100/5 có thể chỉ cho tối đa thì 12 đến 15V trước khi bão hòa. Và đồ thị đạt lớn nhất là xung quanh 20 đến 25 V. Vì vậy tỉ số BI 100/5 chọn không thích hợp. Chọn lại BI khác. Chúng ta hãy thử biến dòng 400/5 với tỉ số biến đổi 80:1. Với tỉ số được sử dụng này, dòng tải thứ cấp của BI là  $90/80 = 1,13$  A, nấc chỉnh gần nhất của rơle là 1,5 A có thể phù hợp cho lúc đầy tải cũng như trong khi có sự cố.

Để chứng minh cho sự thích hợp của nấc chỉnh rơle 1,5 A dưới các điều kiện sự cố chúng ta lặp lại các bước kiểm tra trước. Theo nhà chế tạo BI, tải BI là 3,5 VA. Giả định bỏ qua dòng từ hóa, dòng khởi động rơle sơ cấp đạt được là  $1,5 \cdot 80 = 120$  A. Với  $0,211 \Omega$  từ (HB.28.3) tổng tải BI là:

Tải rơle 3,5/1,5 <sup>2</sup> :	1,56 $\Omega$
Điện trở dây dẫn:	0,40 $\Omega$
Điện trở cuộn dây thứ cấp BI:	0,211 $\Omega$
Tổng điện trở mạch thứ cấp:	2,17 $\Omega$

Điện áp yêu cầu để rơle có dòng đạt được 1,5 A là:  $1,5 \cdot 2,171 = 3,26$  V, và từ (HB.28.3) tìm được dòng từ hóa:  $I_e = 0,026$  A.

Áp dụng phép cộng vô hướng cho trường hợp xấu nhất, dòng khởi động sơ cấp là  $80 \cdot (1,5 + 0,026) = 122,08$  A. Với nấc chỉnh rơle này và tỉ số BI này thì đủ độ nhạy khi có dòng sự cố bé nhất là 350 A, vì dòng sự cố bé nhất sẽ là  $350/122,08 = 2,9$  lần dòng khởi động của rơle. Đối với dòng sự cố lớn nhất, dòng thứ cấp không kể dòng từ hóa  $I_e$  sẽ là  $2500/80 = 31,25$ . Sử dụng tổng tải trên BI từ bảng trước, điện áp thứ cấp yêu cầu để điều khiển rơle là  $31,25 \cdot 2,71 = 67,84$  V. Điện áp này biểu hiện trên (H.B.28.3) gần đoạn cong của trạng thái bảo hòa. Dòng từ hóa  $I_e$  đó tương đương 67,84 V là khoảng 0,21 A làm hâm không đáng kể dòng sự cố vào rơle. Dòng sự cố lớn nhất sẽ là  $2500/122,08 = 20$  lần dòng khởi động rơle.

Như vậy, việc áp dụng qui tắc  $100 \div 150\%$ , ban đầu đề nghị tỉ số BI là cỡ 100/5, sau khi đã được kiểm tra bởi độ nhạy khi kết hợp với BI và rơle thì lựa chọn tốt nhất tỉ số BI cho nhánh trung thế là 400/5

Tỉ số BI	Tỉ số biến đổi	Điện trở thứ cấp	Tỉ số BI	Tỉ số vòng	Điện trở thứ cấp
50:5	10:1	0,061	300:5	60:1	0,168
100:5	20:1	0,082	400:5	80:1	0,211
150:5	30:1	0,104	450:5	90:1	0,230
200:5	40:1	0,125	500:5	100:1	0,242
250:5	50:1	0,146	600:5	120:1	0,296

29. Cho mạng điện như (H.B.29), các số liệu như ở bảng 1 và 2

a. Chọn thời gian tác động của bảo vệ dòng điện cực đại có đặc tính thời gian độc lập đặt tại các vị trí máy cắt 1,2,3,4,5,6. Cho  $\Delta t = 0,5$ s

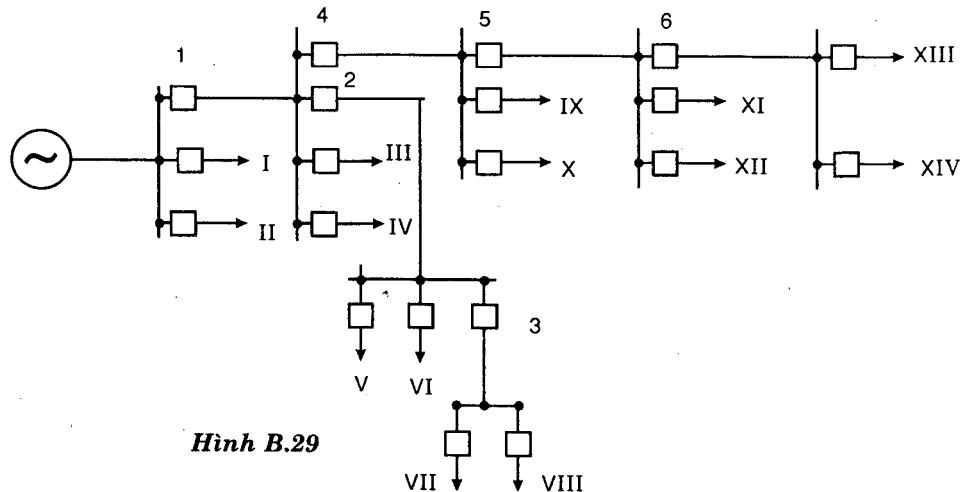
b. Chọn tỉ số máy biến dòng, dòng khởi động bảo vệ (sơ đồ BI nối hình sao) Kiểm tra độ nhạy, cho  $K_{at} = 1,2$  và  $K_{tv} = 0,85$

Bảng 1

P.A	$t_1$	$t_{II}$	$t_{III}$	$t_{IV}$	$t_V$	$t_{VI}$	$t_{VII}$	$t_{VIII}$	$t_IX$	$t_X$	$t_{XI}$	$t_{XII}$	$t_{XIII}$	$T_{XIV}$
1	1	1	0,5	2,5	0,5	1	0	0	1	1,5	0,5	1	0,5	1,5
2	1,5	2	2	1,1	1	2,5	1	1,5	1	1,5	1	1,5	1	0,5
3	4	1	3	1,5	2	1	1	1,5	1,5	2	1	1	0,5	1

Bảng 2

Phương án	Dòng tải (a)						
	$I_1 + I_{II}$	$I_{III} + I_{IV}$	$I_V + I_{VI}$	$I_{VII} + I_{VIII}$	$I_{IX} + I_X$	$I_{XI} + I_{XII}$	$I_{XIII} + I_{XIV}$
1	215	37	80	39	78	24	68
2	315	68	19	51	25	36	24
3	135	71	63	48	70	29	41
Dòng ngắn mạch tại thanh góp có phụ tải (A)							
	$I_{I+II}$	$I_{III+VI}$	$I_{V+VI}$	$I_{VII+VIII}$	$I_{IX+X}$	$I_{XI+XII}$	$I_{XIII+XIV}$
1	2110	1550	1100	770	1200	1080	950
2	1100	840	740	590	780	680	600
3	1430	1090	890	680	930	790	640
Dòng ngắn mạch tại cuối đường dây (A)							
	$I_{I+II}$	$I_{III+VI}$	$I_{V+VI}$	$I_{VII+VIII}$	$I_{IX+X}$	$I_{XI+XII}$	$I_{XIII+XIV}$
1	1500	730	930	670	1100	690	710
2	850	550	650	510	640	510	530
3	1100	630	760	570	710	600	610



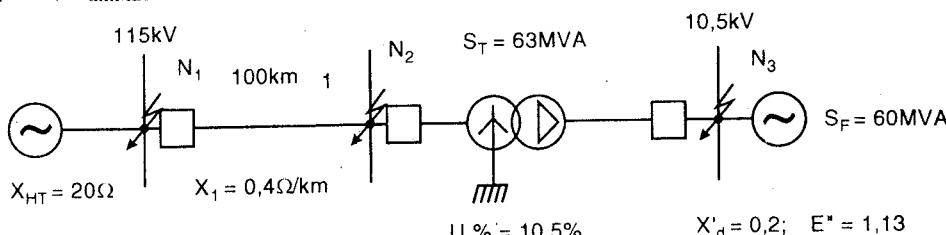
Giải: a. Chọn thời gian tác động của bảo vệ

Phương án	Thời gian tác động (s)	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_4$	$t_5$	$t_6$
	1	3,5	1,5	0,5	3	2,5	2
2		3,5	3	2	2,5	2	1,5
3		3,5	2,5	2	2,5	2	1,5

b.

Phương án	Bảo vệ	Tỉ số biến dòng	Dòng khởi động bảo vệ	Dòng khởi động röle	Độ nhạy bảo vệ chính	Độ nhạy bảo vệ dự trữ
1	1	400/5	453	5,7	3,4	1,6
	2	150/5	161	5,4	6,9	4,8
	3	40/5	48	6,0	16,0	19,0
	4	200/5	240	6,0	5,0	4,5
	5	100/5	130	6,5	8,3	5,3
	6	75/5	96	6,4	9,9	1,75
	1	250/5	315	6,3	2,82	1,75
	2	75/5	99	6,6	7,5	5,96
	3	60/5	72	6,0	8,2	7,1
	4	100/5	120	6,0	6,5	5,67
2	5	60/5	85	7,1	8,0	6,0
	6	25/5	34	6,8	17,6	15,6
3	1	400/5	455	5,7	2,4	1,38
	2	150/5	156	5,2	5,7	4,36
	3	50/5	68	6,8	10,0	8,4
	4	150/5	198	6,6	4,7	3,58
	5	75/5	99	6,6	8,0	6,06
	6	50/5	58	5,8	11,0	10,5

30. Cho sơ đồ và số liệu trên hình vẽ, tại phía hạ thế máy biến áp đặt bảo vệ dòng điện thứ nghịch (qua bộ lọc thứ tự nghịch) có giá trị dòng khởi động là  $I_{kd} = 0,6I_{dmMBA}$



Hình B.30

Xác định hệ số độ nhạy của bảo vệ khi ngắn mạch 2 pha tại N<sub>1</sub> (dự trữ) và tại N<sub>2</sub>, N<sub>3</sub> (chính)

**Giải.** Tính toán trong đơn vị tương đối với  $S_{cb} = 60\text{MVA}$ ;  $U_{cb} = U_{tb}$ .

$$\text{Tổng trở máy phát: } X_{1F}^* = X_{2F}^* = X_d \cdot \frac{S_{cb}}{S_{dm}} = 0,2 \cdot \frac{60}{60} = 0,2$$

$$\text{Tổng trở MBA: } X_{1T}^* = X_{2T}^* = \frac{U_N \%}{100} \cdot \frac{S_{cb}}{S_{dm}} = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{60}{63} = 0,1$$

$$\text{Tổng trở đường dây: } X_{1I}^* = X_{2I}^* = X_L l \cdot \frac{S_{cb}}{S_{tbdm}^2} = 0,4 \cdot 100 \cdot \frac{60}{115^2} = 0,182$$

$$\text{Tổng trở hệ thống: } X_{1HT}^* = X_{2HT}^* = X_{HT} \frac{S_{cb}}{U_{tbdm}} = 20 \cdot \frac{60}{115^2} = 0,091$$

$$\text{Khi tổng trở thứ tự thuận và nghịch bằng nhau thì: } I_2^{*(2)} = \frac{E^*}{2X_{1\Sigma}^*}$$

với:  $X_{1\Sigma}^*$  . tổng trở tương đương thứ tự thuận tính tới điểm ngắn mạch.

- Ngắn mạch 2 pha tại  $N_1$ :

$$X_{1\Sigma}^* = X_{1F}^* + X_{1T}^* + X_{1I}^* = 0,2 + 0,1 + 0,182 = 0,482; E^* = E^{'''} = 1,13$$

$$\text{Đòng thứ tự nghịch qua bảo vệ: } I_2^{*(2)} = \frac{1,13}{2,0,482} = 1,17$$

Đòng khởi động role:  $I_{kd} = 0,6I_{Tdm}$

$$\text{hay: } I_{kd}^* = 0,6 \cdot \frac{I_{Tdm}}{I_{cb}} = 0,6 \cdot \frac{S_{Tdm}}{S_{cb}} = 0,6 \cdot \frac{63}{60} = 0,63$$

$$\text{Độ nhạy: } K_{nh1}^{(2)} = \frac{I_2^{*(2)}}{I_{kd}^*} = \frac{1,17}{0,63} = 1,86$$

- Ngắn mạch 2 pha tại  $N_2$ :  $X_{1\Sigma}^* = X_{1F}^* + X_{1T}^* = 0,2 + 0,1 = 0,3; E^* = E^{'''} = 1,13$

$$\text{Đòng thứ tự nghịch qua bảo vệ: } I_2^{*(2)} = \frac{1,13}{2,0,3} = 1,95$$

$$\text{Độ nhạy: } K_{nh2}^{(2)} = \frac{1,95}{0,63} = 3,1$$

- Khi ngắn mạch 2 pha tại  $N_3$

Tổng trở từ hệ thống tới điểm NM :

$$X_{1\Sigma}^* = X_{1HT}^* + X_{1T}^* + X_{1I}^* = 0,91 + 0,1 + 0,182 = 0,373$$

Tổng trở từ MF tới điểm NM:  $X_{1\Sigma}^* = X_{1F}^* = 0,21$

Đòng thứ tự nghịch:

$$\text{Từ hệ thống: } I_2^{*(2)} = \frac{1}{2,0,373} = 1,35$$

$$\text{Từ nhà máy: } I_2^{*(2)} = \frac{1,13}{0,2} = 5,64$$

- Khi ngắn mạch tại  $N_3$  cần xác định độ nhạy nhỏ nhất nghĩa là:

$$K_{nh3}^{(2)} = \frac{1,35}{0,63} = 2,1$$

31. Trình bày các đường cong phụ thuộc thời gian - dòng điện tiêu biểu, cách chọn  $t_{dat}$  đường cong của các hằng trên thị trường.

**Giải.** trong đó:

$I_{dat}$  ( $I >$ ) - giá trị đặt dòng điện.  
 $I_{NM}$  - dòng ngắn qua mạch role

$T_{dat}$  ( $t >$ ) - trị đặt thời gian.

Thời gian tác động cắt của đặc tính phụ thuộc tùy vào hai thông số:

1. Trị dòng ngắn mạch qua role càng cao thì thời gian tác động càng nhanh

2. Trị đặt thời gian  $t_{dat}$  ( $t >$ ) càng nhỏ thì thời gian tác động càng nhanh.

Thực tế có ba loại tiêu chuẩn về dạng các đường cong đặc tính thời gian - dòng điện: tiêu chuẩn của Mỹ (US); tiêu chuẩn của ban kỹ thuật điện quốc tế IEC; tiêu chuẩn Liên Xô.

#### Phương trình đường cong của Mỹ

- Đường cong có độ dốc  $U_1$  (H.B.31.2a)

$$t_{td} = \left[ 0,0226 + \frac{0,01014}{m^{0,02} - 1} \right] TD; \quad t_{tv} = \frac{1,08TD}{1 - m^2}$$

- Đường cong có độ dốc  $U_2$  (H.B.31.2b)

$$t_{td} = \left[ 0,180 + \frac{5,95}{m^2 - 1} \right] TD; \quad t_{tv} = \frac{5,95TD}{1 - m^2}$$

- Đường cong có độ dốc  $U_3$  (H.B.31.2c)

$$t_{td} = \left[ 0,0963 + \frac{3,88}{m^2 - 1} \right] TD; \quad t_{tv} = \frac{3,88TD}{1 - m^2}$$

- Đường cong có độ dốc  $U_4$  (H.B.31.2d)

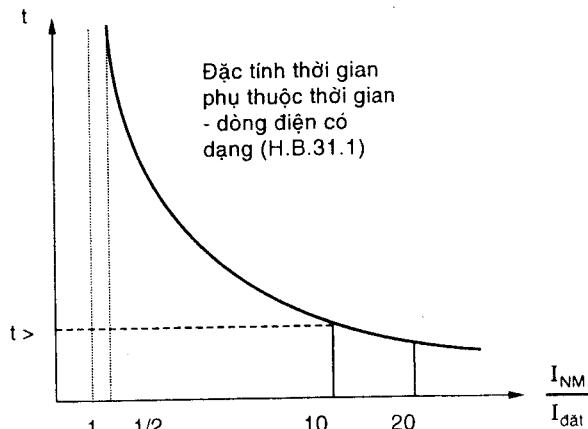
$$t_{td} = \left[ 0,0352 + \frac{5,67}{m^2 - 1} \right] TD; \quad t_{tv} = \frac{5,67TD}{1 - m^2}$$

trong đó:  $t_{td}$  - thời gian tác động của bảo vệ quá dòng (s)

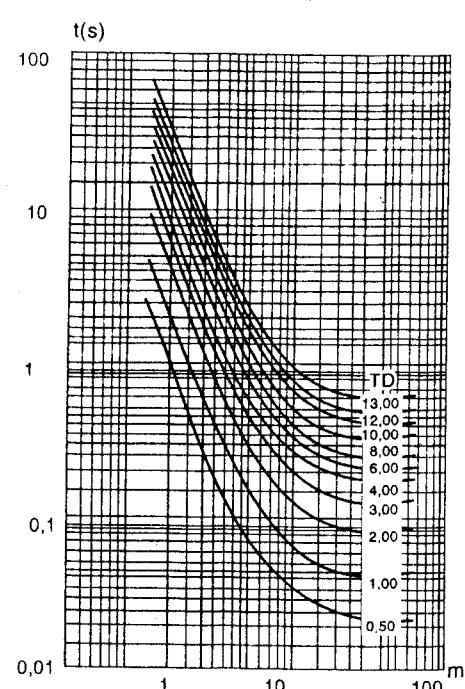
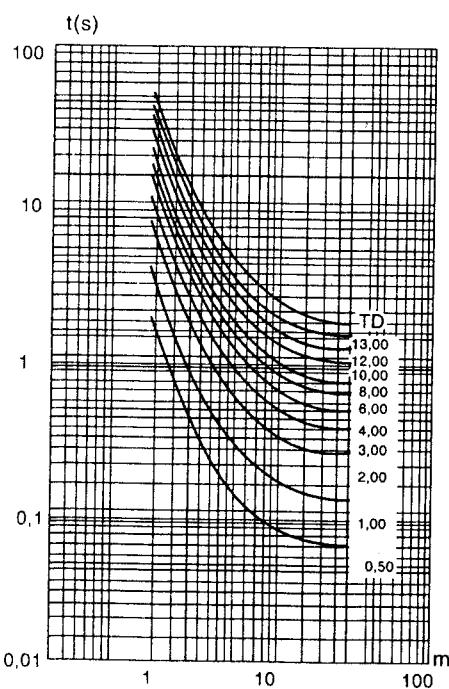
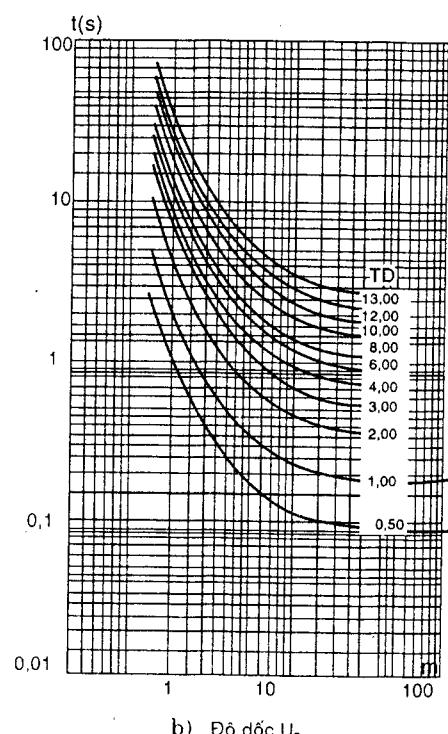
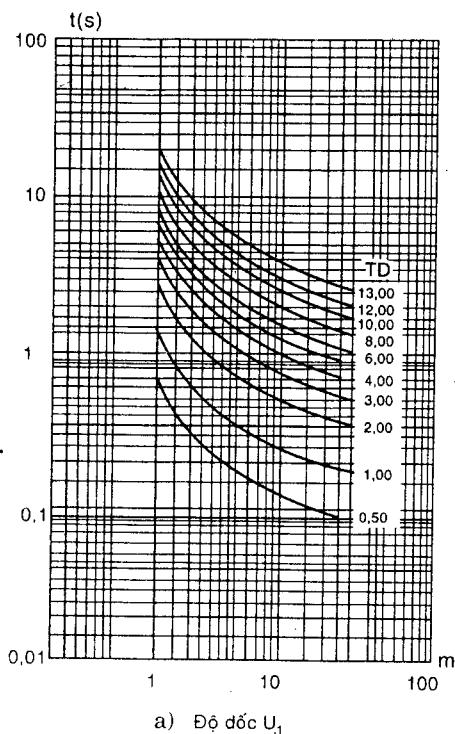
$t_{tv}$  - thời gian trở về của bảo vệ (s); D - hệ số chọn thời gian (trị đặt thời gian)

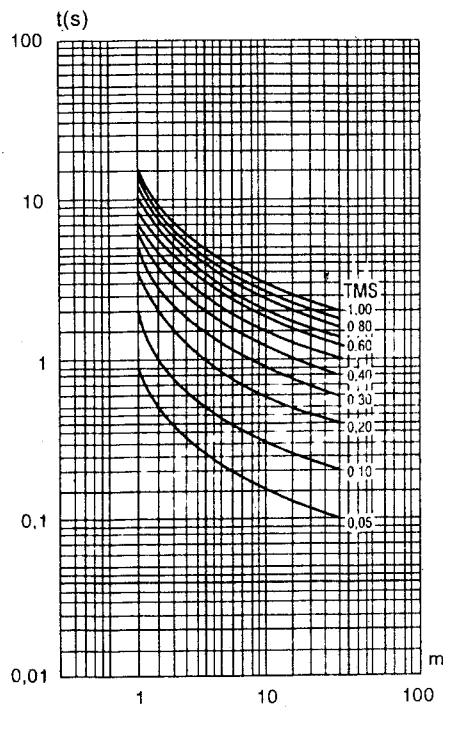
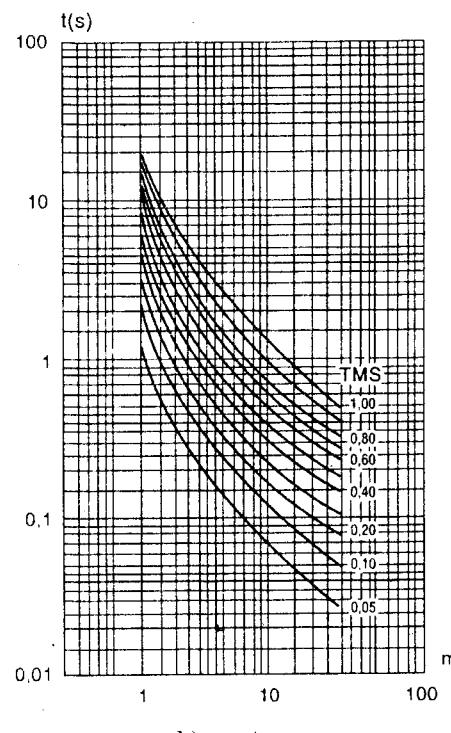
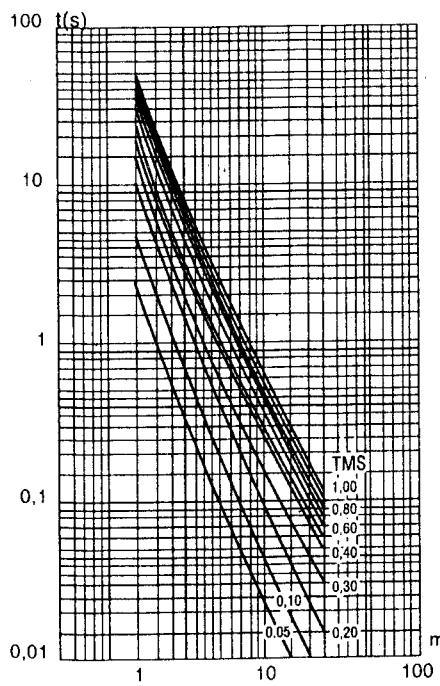
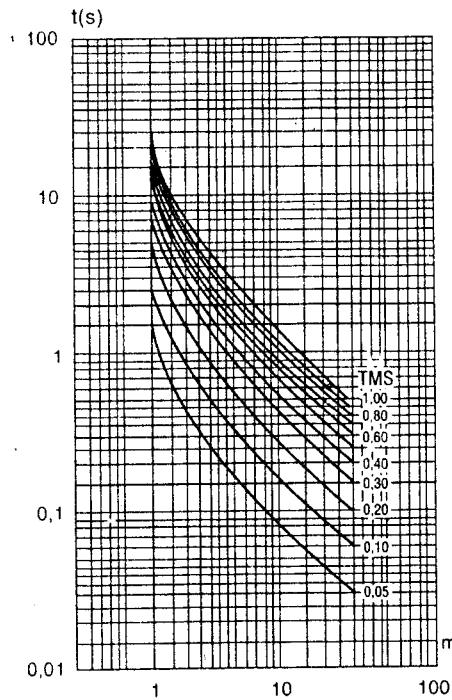
$m = I_{NM} / I_{dat}$  - bội số dòng ngắn mạch so với dòng đặt của bảo vệ (PSM)

( $I_{dat} = I_{kd} = I_s = I_p = I >$  - các ký hiệu dòng đặt được dùng)



**Hình B.31.1**

**Hình B.31.2**

a) Độ dốc  $C_1$ b) Độ dốc  $C_2$ c) Độ dốc  $C_3$ d) Độ dốc  $C_4$ **Hình B.31.3**

**Phương trình đường cong theo tiêu chuẩn IEC** (rõle các bảng Gec ACTHOM, Group Schneider, Siemen ...)

- Đường cong dốc chuẩn SIT - C1 (H.B.31.3a)

$$t_{td} = \frac{0,14}{m^{0,02} - 1} \cdot TMS = \frac{0,14}{m^{0,02} - 1} \cdot \frac{T}{2,97}; \quad t_{tv} = -\frac{1,08}{m^2 - 1} \cdot TMS; \quad TMS = T/2,97$$

- Đường cong rất dốc VIT - C2 (H.B.31.3b)

$$t_{td} = \frac{13,5}{m - 1} \cdot TMS = \frac{13,5}{m - 1} \cdot \frac{T}{1,5}; \quad t_{tv} = -\frac{13,5}{m - 1} \cdot TMS; \quad TMS = T/1,5$$

- Đường cong cực dốc EIT - C3 (H.B.31.3c)

$$t_{td} = \frac{80}{m^2 - 1} \cdot TMS = \frac{80}{m^2 - 1} \cdot \frac{T}{0,808}; \quad t_{tv} = -\frac{80}{m^2 - 1} \cdot TMS; \quad TMS = T/0,808$$

- Đường cong siêu dốc UIT

$$t_{td} = \frac{315}{m^{2,5} - 1} \cdot TMS = \frac{315}{m^{2,5} - 1} \cdot \frac{T}{2,97}; \quad TMS = T$$

- Đường cong dành cho chống chạm đất RI:  $t_{td} = \frac{0,315}{0,339 - \frac{0,236}{m}} \cdot T$

- Đường cong thời gian tác động lâu - C4 :

$$t_{td} = \left( \frac{120}{m - 1} \right) TMS; \quad t_{tv} = \frac{120TMS}{1 - m}$$

trong đó: TMS (giống như TD của Mỹ hoặc có hảng ký hiệu Tp, K) - hệ số chọn thời gian, giá trị đặt thời gian, hệ số nhân thời gian.

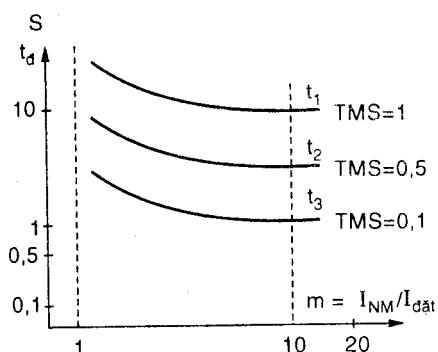
T - thời gian tác động bảo vệ lúc dòng ngắn mạch bằng 10 lần giá trị đặt dòng điện ( $m = 10$ );  $m = I_{NM} / I_{dat}$

Từ các phương trình trên nhận thấy:  $T_{td} = k_1 \cdot TMS = k_1 \cdot TD = k_2 \cdot T$  với:  $k_1, k_2$  - là hằng số.

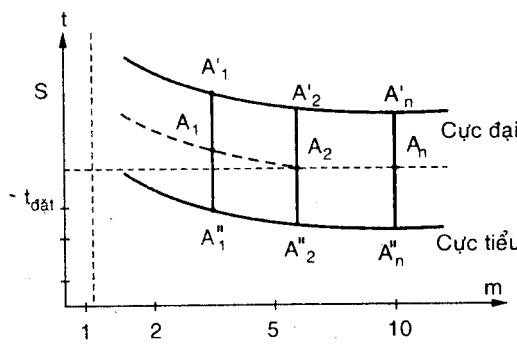
Üng với 1 dạng đường cong (dốc chuẩn, rất dốc ...) ta có một họ đường cong tương ứng với 1 giá trị  $I_{NM} / I_{dat}$  cố định sẽ tỉ lệ thuận với giá trị TMS hay TD. Nói cách khác, khi dòng không đổi, thời gian tác động ứng với dòng đó chia cho giá trị TMS tương ứng của mỗi đường cong sẽ là hằng số:

$$\frac{t_1}{TD_1} = \frac{t_2}{TD_2} = \frac{t_3}{TD_3} = k = \text{hằng số} \quad (1)$$

Trong röle điện cơ của phương Tây, đặc tuyến phụ thuộc đường được xác định bởi 1 đường cong với giá trị TMS cụ thể. Việc suy ra các đường cong với các giá trị TMS khác có thể được thực hiện một cách lý thuyết theo công thức (1) hoặc bằng cách dịch chuyển đường cong đó lên xuống theo hướng trục tung của đồ thị (phương pháp gần đúng). (H.B.31.4)



Hình B.31.4



Hình B.31.5

Trong các rôle số hiện nay, nhờ có bộ nhớ lớn, các họ đường cong có độ chính xác cao. Việc chuyển từ đặc tính làm việc này sang đặc tính làm việc khác được thực hiện bằng phím bấm.

c. Các đặc tuyến thời gian phụ thuộc của rôle Liên Xô trực thời gian thường phân chia ở dạng đơn vị bình thường (H.B.31.5) miền làm việc của rôle thường là một dãy với hai đặc tuyến đường biên cực đại và cực tiểu. Việc xác định đặc tuyến ứng với 1 điểm làm việc được thực hiện như sau:

Giả sử xác định được một điểm A của đặc tuyến bảo vệ. Bằng cách kẻ các đường thẳng song song với trục tung đi qua điểm  $A_1$  và các điểm khác, ta tạo nên các điểm tương ứng là  $A'_1$  và  $A''_1$ ;  $A'_2$  và  $A''_2$  ... Điểm  $A_k$  sẽ được chọn trên đoạn thẳng  $A'_k$  và  $A''_k$  sao cho:

$$\frac{A_k A_k}{A_k A_k} = \frac{A_1 A_1}{A_1 A_1} = \frac{A_n A_n}{A_n A_n} = \text{hằng số}$$

Quí tích các điểm  $A_1, A_2, \dots, A_k$  và  $A_n$  sẽ tạo nên đặc tuyến làm việc đi qua điểm  $A_1$  cho trước. Đối với  $m > 10$  đặc tuyến này sẽ được coi như nằm ngang và là đặc tuyến độc lập:

Có 3 cách chọn giá trị đặt thời gian:

**Cách 1:** Lấy thời gian của điểm:  $m = I_{NM} / I_{dặt} = 10$

Các dạng đường cong vẽ theo cách này như (H.B.31.6). Các rôle Liên Xô, SEPAM của hãng Merlin Gerin dùng cách này để xác định trị đặt thời gian.

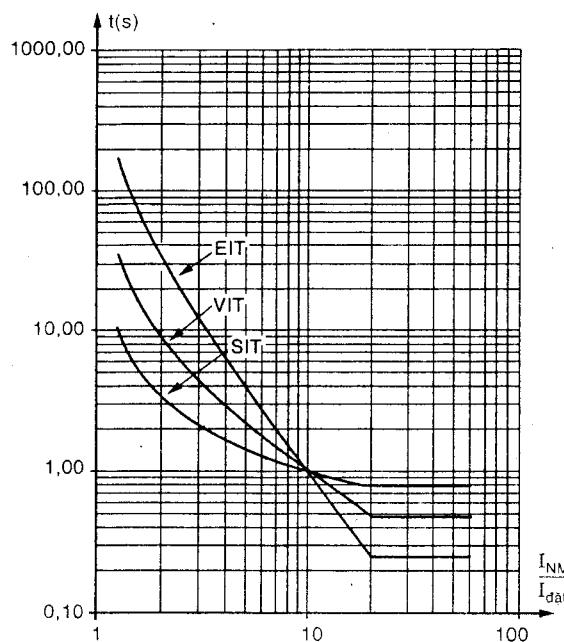
- Đối với rôle Liên Xô xác định tung độ đường cong làm việc ứng với điểm  $m = 10$

- Đối với rôle SEPAM, xác định bằng phương pháp đại số như sau:

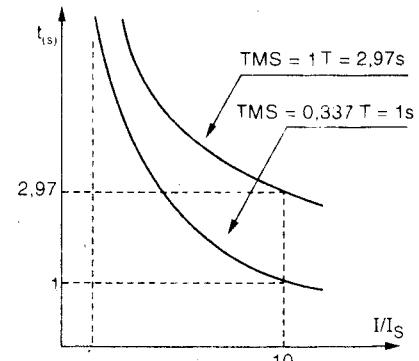
**Ví dụ:** đối với đường cong dốc chuẩn SIT:

$$T_{dặt} (\text{tại } t = 10) = \frac{0,14}{10^{0,02} - 1} \cdot TMS = 2,97 \cdot TMS = 2,97 \cdot \frac{T}{2,97} = T$$

Ưu điểm của phương pháp này là, dễ dàng kiểm tra thời gian đặt  $T$  của bảo vệ mà không cần biết dạng đường cong, nhưng sẽ phức tạp khi đặt tham số của bảo vệ vì giá trị TMS sẽ phải nhân với một hệ số khác khó nhớ.



Hình B.31.6

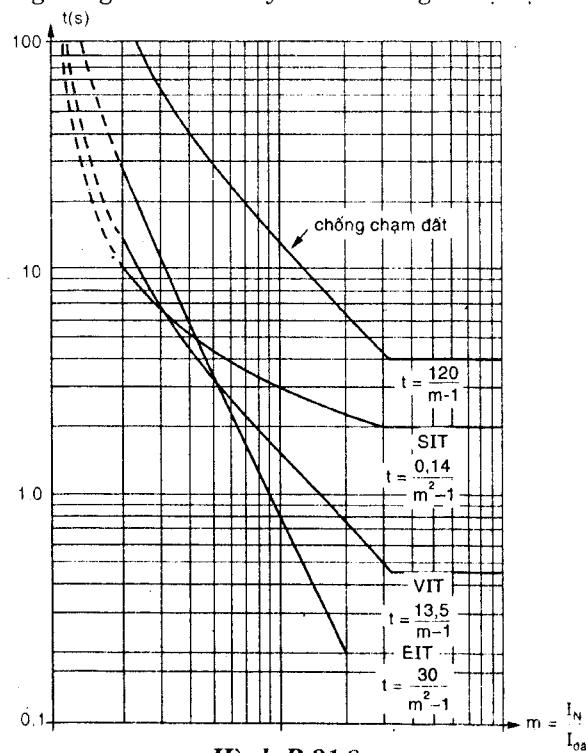


Hình B.31.7

Quan hệ giữa TMS và T của đường cong SIT cho (H.B.31.7):

**Cách 2:** Lấy chính TMS làm giá trị đặt cho bảo vệ:

Các dạng đường cong phụ thuộc vẽ theo cách này cho ở (H.B.31.8), giới thiệu các dạng đường cong tiêu biểu lấy TMS làm giá trị đặt.



Hình B.31.8

Ưu điểm việc chọn theo số đặt đơn giản nhưng kiểm tra độ chính xác theo thời gian sẽ phức tạp. Ví dụ đối với tất cả các đường cong dốc chuẩn SIT đặt trị TMS của mỗi đường cong phụ thuộc họ đó. Đối với họ đường cong rất dốc VIT tại điểm  $m = 14,5$  thời gian tác động bằng với thời gian đặt TMS

$$t_{\text{đặt}} = \frac{13,5}{14,5^2 - 1} \cdot \text{TMS} = \text{TMS}$$

Đối với họ đường cong cực dốc EIT giá trị tương ứng sẽ là  $m = 9$

$$t_{\text{đặt}} = \frac{80}{9^2 - 1} \cdot \text{TMS} = \text{TMS}$$

**Cách 3:** Lấy giá trị 10TMS làm thời gian đặt cho bảo vệ. Khi đó thời gian tác động bằng với giá trị đặt 10 TMS sẽ ứng với các giá trị  $m$  như sau : Đường cong SIT :  $m = 2,004$  ; đường cong VIT :  $m = 2,35$  ; đường cong EIT :  $m = 3$  phương pháp này thường được dùng cho bảo vệ chống chạm đất. Các hãng Seimen, SEL ... thường áp dụng cách 2 và 3. So sánh thời gian đặt của các cách khác nhau:

Đạng đường cong	t	$t_{\text{đặt}}$			m		
		Cách					
		1	2	3	1	2	3
Dốc chuẩn SIT	$t = \frac{0,14}{m^{0,02} - 1} \cdot \text{TMS}$	2,97TMS	TMS	10TMS	10	không	2,004
Rất dốc VIT	$t = \frac{13,5}{m - 1} \cdot \text{TMS}$	1,5TMS	TMS	10TMS	10	14,5	2,35
Cực dốc EIT	$t = \frac{80}{m^2 - 1} \cdot \text{TMS}$	0,808TMS	TMS	10TMS	10	9	3

Trong bảng:  $t$  - công thức tính theo thời gian tác động;  $t_{\text{đặt}}$  - trị đặc thời gian

giá trị  $m = \frac{I_{\text{NM}}}{I_{\text{đặt}}}$  - có thời gian tác động bằng thời gian đặt

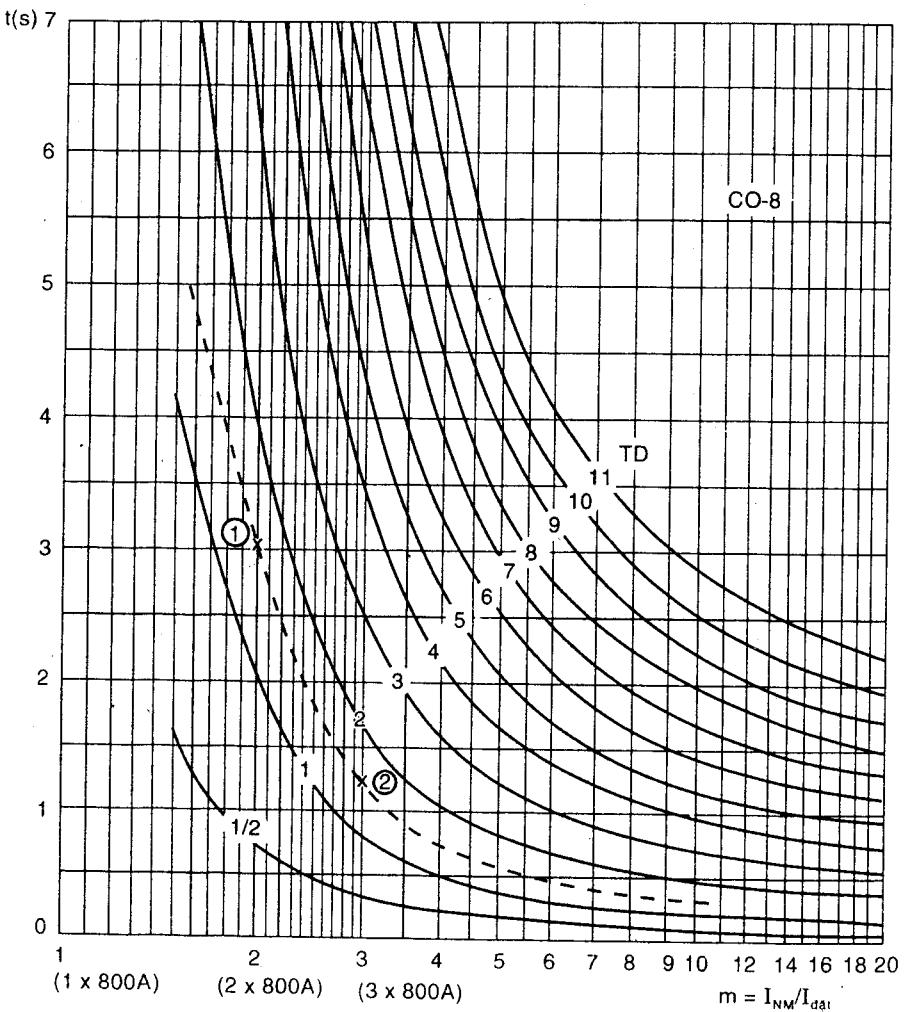
32. Trình bày cách xác định thời gian tác động trên đặc tuyến thời gian - dòng điện của rơle dòng điện có đặc tính thời gian phụ thuộc. Cho ví dụ rơle thực tế.

**Giai.** Chọn rơle CO-8 của Mỹ có độ dốc  $U_1$ :

Đặc tính thời gian - dòng điện của 1 rơle dòng điện là 1 họ đường cong như (H.B.32.1). Vị trí đường cong được xác định bằng cách chọn nấc (tap) khởi động trị đặc dòng điện và trị đặt thời gian (TD).

Trị số đặt dòng "Tap" định vị số tối thiểu của dòng điện thứ cấp mà làm rơle khởi động. Trị số khởi động được xác định:

$$I_{k\text{đặt}} = t_{\text{đặt}} \cdot S_{\text{BI}} \times \text{Tap}_{\text{đặt}}$$



Hình B.32.1

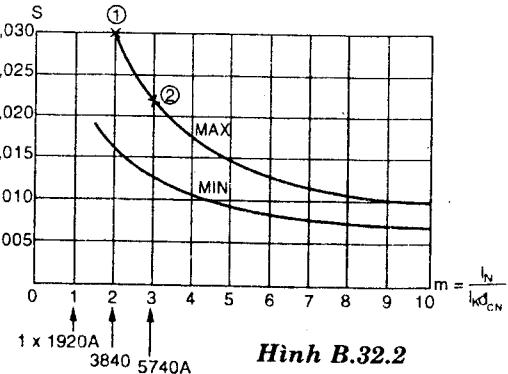
Thời gian tác động được xác định bởi trị số đặt thời gian TD (TMS,  $T_p$  của các hằng số). Trị số đặt thời gian càng lớn thì thời gian tác động càng lớn. Như thế,  $T_{ap_{đặt}}$  xác định hoành độ và trị đặt thời gian TD xác định tung độ của đường cong.

- Cắt nhanh:

Thêm với đặc tính thời gian – dòng điện role cũng có thể tác động cắt nhanh. Dòng khởi động nhỏ nhất cắt nhanh là:

$$I_{kđ \text{ cắt nhanh}} = \text{tỉ số BI} \times T_{ap_{đặt \text{ cắt nhanh}}}$$

Thời gian tác động cắt nhanh cho ở H.B.32.2.



Hình B.32.2

Để phối hợp với các bảo vệ khác các đường cong rơle được vẽ trên giấy logarit theo dòng điện phía sơ cấp máy biến dòng.

Ví dụ: Rơle được chọn và đặt như sau:

Rơle CO 8; tỉ số BI 800/5; Tap 5; thời gian đặt TD = 1,5; trị dòng khởi động cắt nhanh Tap 12 (CN = 12)

Quan sát đặc tuyến phụ thuộc (H.B.32.1).

1. Dòng khởi động sơ cấp nhỏ nhất:

$$\text{tỉ số BI} \times \text{Tap}_{\text{đặt}} = 800/5 \times 5 = 800 \text{ A}$$

Trên đặc tuyến logarit:  $1 \times = 800 \text{ A}$ ;  $2 \times = 1600 \text{ A} \dots$

2. Để chọn đúng chính xác đường cong chính trị đặt thời gian TD = 1,5, chúng ta phải xác định 2 điểm giữa đường cong trị đặt thời gian là: TD = 1 và TD = 2.

Điểm 1:  $2 \times = 1600 \text{ A}$ ;  $T = 2,1 + (4 - 2,1) \times \frac{1}{2} = 3,05 \text{ s}$

Điểm 2:  $3 \times = 2400 \text{ A}$ ;  $T = 0,78 + (1,68 - 0,78) \times \frac{1}{2} = 1,23 \text{ s}$

Những điểm này được vẽ trên giấy logarit như (H.B.32.1).

3. Theo đặc tính thời gian max cắt nhanh (H.B.32.2).

Dòng khởi động sơ cấp:

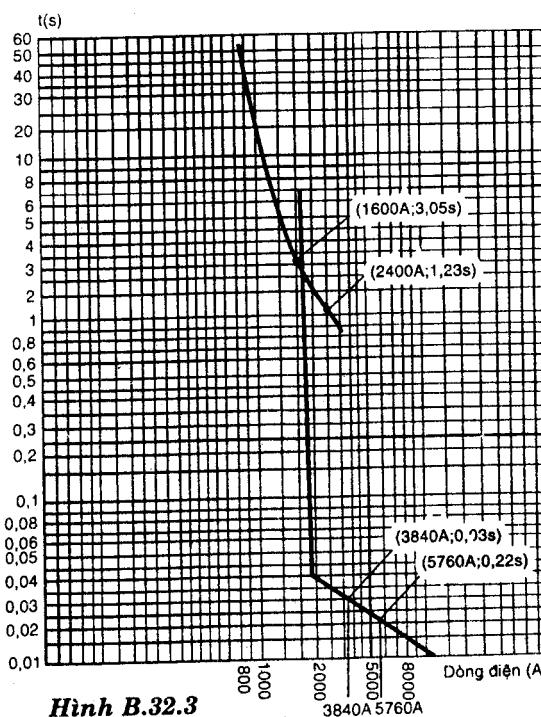
$$\text{tỉ số BI} \times \text{CN} = 800/5 \times 12 = 1920 \text{ A}$$

Xác định 2 điểm:

Điểm 1:  $2 \times = 3840 \text{ A}$ ;  $T = 0,03 \text{ s}$

Điểm 2:  $3 \times = 5760 \text{ A}$ ;  $T = 0,022 \text{ s}$

Đường cong tổng hợp đặc tính phụ thuộc và cắt nhanh được vẽ ở (H.B.32.3). Nếu kẽ thêm thời gian tác động máy cắt thì đường cong được nâng lên chút ít.



Hình B.32.3

33. Cho sơ đồ như H.B.33 và số liệu hệ thống; tổng trở hệ thống và dòng ngắn mạch ba pha trong đơn vị tương đối và có tên ( $S_{cb} = 100$  MVA,  $V_{cb} = 34,5$  kV)

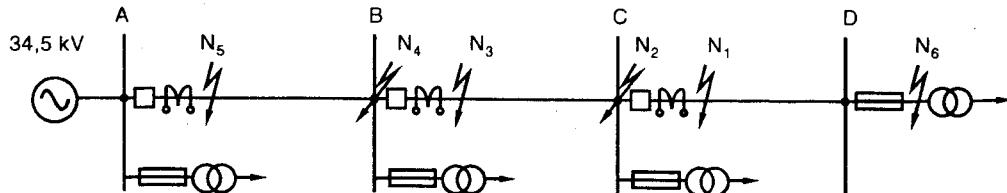
Vị trí chạm	Z <sub>z</sub> tới điểm		Dòng ngắn mạch ba pha	
	ngắn mạch lớn nhất	ngắn mạch nhỏ nhất	nhỏ nhất	lớn nhất
N <sub>1</sub> hay N <sub>2</sub>	0,741 + j2,629	0,741 + j2,199	0,366	0,444
	12,7321	12,2551	612,6A	743,3A
N <sub>3</sub> hay N <sub>4</sub>	0,247 + j1,541	0,247 + j1,041	0,641	0,935
	11,5611	11,0701	1072,3A	1564,1A
N <sub>5</sub>	0,000 + j1,000	0,000 + j0,500	1,000	2000
	1,0001	10,5001	6673,5	3342,0A

Dòng ngắn mạch lớn nhất sau cầu chì là 350A (N<sub>6</sub>).

Mỗi 4 tải tại thanh cái A, B, C và phát tuyến từ D là 3MVA và dự kiến tăng 5MVA, mỗi tải được cung cấp bởi một máy biến áp giảm 5MVA có đặt cầu chì bảo vệ phía 34,5 kV đặc tính cầu chì cho ở bảng sau:

Thời gian đứt(s)	500	10	3	1	0,1
Dòng (A)	160	220	350	520	1600

Tất cả các role dòng điện đặt tại A, B, C có đặc tính phụ thuộc theo tiêu chuẩn Mỹ. Yêu cầu dòng tác động nhỏ nhất phải lớn hơn hai lần dòng tải cực đại; chọn  $\Delta t = 0,3$ s. Xác định các giá trị đặt của bảo vệ dòng điện tại các vị trí A, B, C.



Hình B.33.1

**Giải.** Tính toán được bắt đầu từ role xa nguồn nhất.

**Cách 1:** Dùng phương trình đặc tính của role

**Role C:**

$$\text{Dòng làm việc cực đại: } I_{kv_{\text{máx}}} = \frac{S}{\sqrt{3}U} = \frac{5 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 34,5 \cdot 10^3} = 83,67 \text{ A}$$

Yêu cầu chọn dòng tác động nhỏ nhất của role lớn hơn hai lần dòng làm việc cực đại nên dòng khởi động của role C:  $I_{kdR} = 2 \cdot 83,67 = 167,34 \text{ A}$

$$\text{Dòng chỉnh định trên role: } I_R = \frac{I_{kd}}{n_{BI}} = \frac{167,1}{100/5} = 8,367 \text{ A}$$

Phối hợp thời gian giữa rơle C và cầu chì máy biến áp:

- Dòng ngắn mạch lớn nhất tại cầu chì tải  $I_{NM} = 350A$ , thời gian tác động của cầu chì là 3s. Để thoả mãn tính chọn lọc, chọn thời gian cắt của rơle C khi ngắn mạch  $N_6$  là:  $t = 3 + 0,3 = 3,3s$

$$\text{Chọn rơle C có độ dốc } U_2: t = \left( 0,18 + \frac{5,95}{m^2 - 1} \right) \text{TD} \quad (1)$$

Với dòng ngắn mạch:  $I_N = 350 A \Rightarrow m = 350/167,34 = 2,09$

Giải phương trình (1) tại  $t = 3,3s$  và  $m = 2,09$  tìm được giá trị đặt thời gian TD = 1,69. Chọn: TD = 2.

- Khi ngắn mạch  $N_1$ :  $I_{N_{max}} = 743,3 A$ , bội số dòng ngắn mạch  $m = 43,3/167,34 = 4,44$ , thì thời gian cắt của rơle C là  $t = 1s$ . Tính toán tương tự đường cong đặc tính của rơle C ( $I_{kd} = 167,34$ ; TD = 2) được cho ở bảng 1:

Bảng 1

Bội số dòng khởi động	Dòng ngắn mạch(A)	Thời gian tác động(s)
2,09	350	3,90
3,10	520	1,74
4,44	743,3	1

#### Rơle B:

Dòng làm việc cực đại:

$$I_{lv_{max}} = 2 \cdot 83,67 = 167,34 A$$

Yêu cầu chọn dòng tác động nhỏ nhất của rơle lớn hơn hai lần dòng làm việc cực đại nên dòng khởi động của rơle C:

$$I_{kdR} = 2 \cdot 167,34 = 334,68 A$$

Dòng chỉnh định trên rơle:

$$I_R = \frac{I_{kd}}{n_{BI}} = \frac{334,68}{200/5} = 8,367 A$$

- Khi ngắn mạch  $N_1$ :  $I_{N_{max}} = 743,3A$  thì thời gian cắt của rơle C là  $t = 1s$  và dựa vào đặc tính T-C của cầu chì tìm được thời gian cắt của cầu chì MBA tại thanh cái C là 0,6s. Do đó phải phối hợp thời gian giữa rơle B và rơle C.

Để thoả mãn tính chọn lọc chọn thời gian ngắn của rơle B là:

$$t = 1 + 0,3 = 1,3s$$

$$\text{Chọn rơle B có độ dốc } U_2: t = \left( 0,18 + \frac{5,95}{m^2 - 1} \right) \text{TD} \quad (2)$$

Với dòng ngắn mạch:  $I_N = 743,3A \Rightarrow m = 743,3/334,68 = 2,22$  thay vào phương trình (2) tìm được giá trị đặt thời gian của rơle B: TD = 0,76. Chọn: TD = 1.

- Khi ngắn mạch  $N_3$ :  $I_{N_{max}} = 1564,1A$ ; bội số dòng ngắn mạch  $m = 1564,1/334,68 = 4,67$ ; thì thời gian cắt của role B là  $t = 0,5s$ . Tính toán tương tự đường cong đặc tính của role B ( $I_{kd} = 334,68$ ;  $TD = 1$ ) được cho ở bảng 2:

Bảng 2

Bội số dòng khởi động	Dòng ngắn mạch(A)	Thời gian tác động(s)
2,22	743,3	1,5
2,99	1000	0,93
3,5	1170,38	0,71
4,0	1338,72	0,58
4,67	1564,1	0,5

#### Role A:

$$\text{Đồng làm việc cực đại: } I_{lv_{max}} = 3 \cdot 83,67 = 251,01 \text{ A}$$

Yêu cầu chọn dòng tác động nhỏ nhất của role lớn hơn 2 lần dòng làm việc cực đại nên dòng khởi động của role A:  $I_{kdR} = 2 \cdot 251,01 = 502,02 \text{ A}$

$$\text{Đồng chỉnh định trên role: } I_R = \frac{I_{kd}}{n_{BI}} = \frac{502,02}{200/5} = 12,55 \text{ A}$$

- Khi ngắn mạch tại  $N_4$ :  $I_N = 1564,1A$ . Thời gian tác động của role B là  $0,5s$  và dựa vào đặc tính T-C của cầu chì thời gian cắt của cầu chì MBA tại thanh cái B là  $0,15s$ . Do đó phải phối hợp thời gian giữa role A và role B. Để thỏa mãn tính chọn lọc chọn thời gian cắt của role A là:

$$t = 0,5 + 0,3 = 0,8s$$

$$\text{Chọn role A có độ dốc } U_2: t = \left( 0,18 + \frac{5,95}{m^2 - 1} \right) TD \quad (3)$$

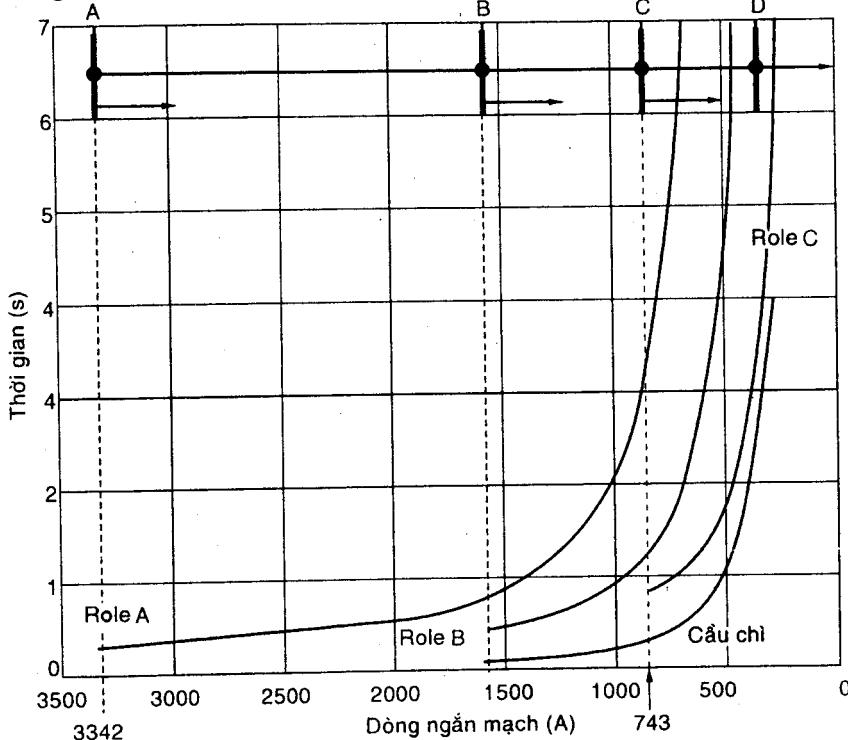
Với dòng ngắn mạch  $I_N = 1564,1A \Rightarrow m = 1564,1/502,02 = 3,11$  thay vào phương trình (3) được giá trị đặt thời gian của role A:  $TD = 0,92$ . Chọn:  $TD = 1$ .

- Khi ngắn mạch  $N_5$ :  $I_{N_{max}} = 3342A$ ; bội số dòng ngắn mạch  $m = 3342/502,02 = 6,65$ ; thì thời gian cắt của role A là  $t = 0,32s$ . Tính toán tương tự đường cong đặc tính của role A ( $I_{kd} = 502,02$ ;  $TD = 1$ ) được vẽ cho ở bảng 3:

Bảng 3

Bội số dòng khởi động	Dòng ngắn mạch(A)	Thời gian tác động(s)
3,11	1564,1	0,86
3,98	2000	0,58
5,0	2510,1	0,42
6,65	3342,1	0,32

Đường cong phối hợp giữa các rôle được vẽ trong H.B.33.2



**Hình B.33.2**

**Cách 2:** Cách chọn theo  $TD=1$

**Role C:**

Dòng khởi động của rôle C:  $I_{kd} = 167,34 \text{ A}$

Phối hợp thời gian giữa rôle C và cầu chì máy biến áp:

- Dòng ngắn mạch lớn nhất tại cầu chì máy biến áp  $I_{NM} = 350 \text{ A}$ , thời gian tác động của cầu chì là 3s. Để thoả mãn tính chọn lọc, chọn thời gian cắt của rôle C là:  $t = 3 + 0,3 = 3,3 \text{ s}$

$$\text{Chọn rôle C có độ dốc } U_2: t = \left( 0,18 + \frac{5,95}{m^2 - 1} \right) TD \quad (1)$$

Bội số dòng ngắn mạch  $m = 350/167,34 = 2,09$ . Với  $TD = 1$  thay vào phương trình (1) thời gian cắt của rôle C:  $t = 1,95$ . Trị đặt thời gian TD được tính theo công thức:  $TD = \frac{\text{thời gian tác động thực}}{\text{thời gian tác động tại } TD = 1}$

Suy ra trị đặt thời gian của rôle C:  $TD = 3,3/1,95 = 1,69$ . Chọn:  $TD = 2$

- Khi ngắn mạch  $N_1$ :  $I_{Nmax} = 743,3 \text{ A}$ . Bội số dòng ngắn mạch  $m = 743,3/167,34 = 4,44$ . Thời gian cắt của rôle C:  $t = 1 \text{ s}$ .

**Role B:**

Dòng khởi động của role B:  $I_{kd} = 334,68$  A

Phối hợp thời gian giữa role B và role C:

- Khi ngắn mạch tại  $N_3$ :  $I_N = 743,3$  A. Thời gian tác động của role C là 1s và thời gian cắt của cầu chì tải là 0,6s. Để thỏa mãn tính chọn lọc chọn thời gian ngắn của role B là:  $t = 1 + 0,3 = 1,3$ s

$$\text{Chọn role C có độ dốc } U_2: t = \left( 0,18 + \frac{5,95}{m^2 - 1} \right) TD \quad (2)$$

Bội số dòng ngắn mạch  $m = 743,3/334,68 = 2,22$ . Với  $TD = 1$  thay vào phương trình (2) được thời gian cắt của role B là:  $t = 1,69$ s. Trị đặt thời gian TD được tính theo công thức:

$$TD = \frac{\text{thời gian tác động thực}}{\text{thời gian tác động tại } TD = 1}$$

Suy ra trị đặt thời gian của role B:  $TD = 1,3/1,69 = 0,77$ . Chọn:  $TD = 1$

- Khi ngắn mạch  $N_3$ :  $I_{N_{max}} = 1564,1$  A. Bội số dòng ngắn mạch  $m = 1564,1/334,68 = 4,67$ . Thời gian cắt của role B là  $t = 0,5$ s.

**Role A:**

Dòng khởi động của role A:  $I_{kd} = 502,02$  A

Phối hợp thời gian giữa role A và role B:

- Khi ngắn mạch tại  $N_4$ :  $I_N = 1564,1$  A. Thời gian tác động của role B là 0,5s và thời gian cắt của cầu chì tải là 0,15s. Để thỏa mãn tính chọn lọc chọn thời gian tác động của role A là:  $t = 0,5 + 0,3 = 0,8$ s

$$\text{Chọn role A có độ dốc } U_2: t = \left( 0,18 + \frac{5,95}{m^2 - 1} \right) TD \quad (3)$$

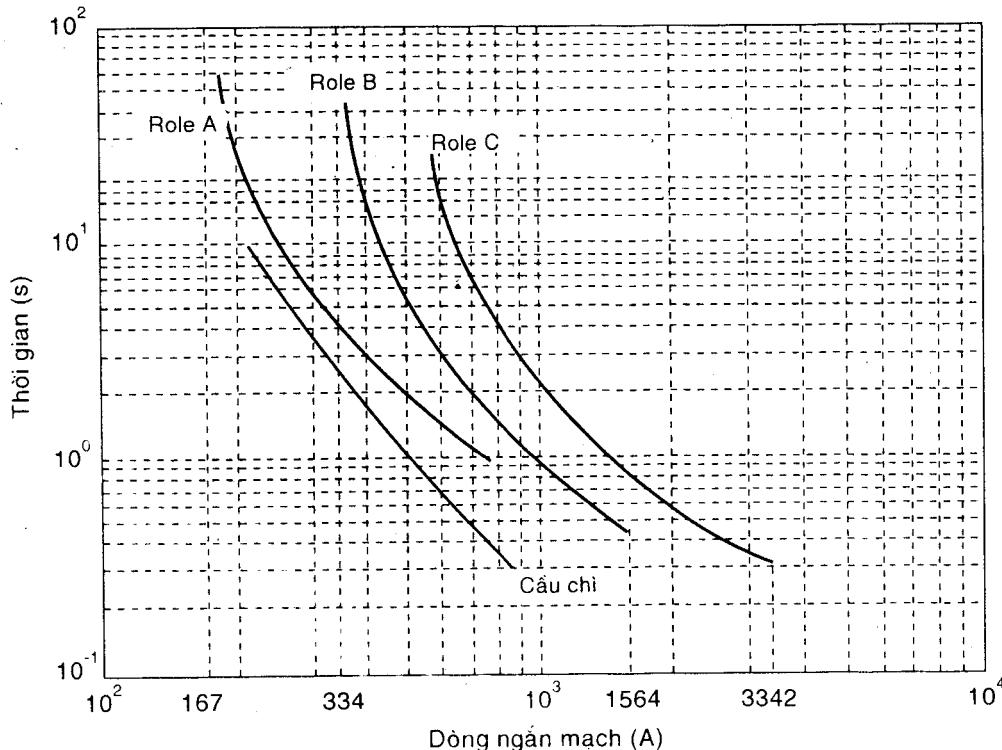
Bội số dòng ngắn mạch  $m = 1564/502,02 = 3,11$ . Với  $TD = 1$  thay vào phương trình (3) được thời gian cắt của role A là:  $t = 0,86$ s. Trị đặt thời gian TD được tính theo công thức:

$$TD = \frac{\text{thời gian tác động thực}}{\text{thời gian tác động tại } TD = 1}$$

Suy ra trị đặt thời gian của role A:  $TD = 0,8/0,86 = 0,99$  chọn  $TD = 1$

- Khi ngắn mạch  $N_5$ :  $I_{N_{max}} = 3342$  A. Bội số dòng ngắn mạch  $m = 3342/502,02 = 6,65$ . Thời gian cắt  $t = 0,32$ s.

Đường cong phối hợp của các role được vẽ trong H.B.33.3



Hình B.33.3

**Cách 3:** Dùng đặc tuyến thời gian- dòng điện của role:

#### Role C:

Dòng khởi động của role C:  $I_{kd} = 167,34$  A.

Phối hợp thời gian giữa role C và cầu chì máy biến áp:

Dòng ngắn mạch lớn nhất tại cầu chì máy biến áp  $I_N = 350$  A. Thời gian tác động của cầu chì là 3s. Để thoả mãn tính chọn lọc chọn thời gian ngắn của role C là:  $t > 3 + 0,3 = 3,3$  s

Bội số dòng ngắn mạch  $m = 350/167,34 = 2,09$ . Dựa vào đặc tuyến thời gian- dòng điện của role có độ dốc chuẩn  $U_2$ , chọn trị đặt thời gian của role C là  $TD = 2$  là đường cong gần với toạ độ ( $m = 2,0$ ;  $t = 3,3$  s).

- Khi ngắn mạch  $N_1$ :  $I_{N_{max}} = 743,3$  A; bội số dòng ngắn mạch  $m = 743,3/167,34 = 4,44$ . Từ đường cong  $TD = 2$  tìm được thời gian cắt của role C khoảng:  $t = 1$  s.

#### Role B:

Dòng khởi động của role B:  $I_{kd} = 334,68$  A

Phối hợp thời gian giữa role B và role C:

- Khi ngắn mạch tại  $N_3$ :  $I_N = 743,3$  A. Thời gian tác động của role C là 1s và thời gian cắt của cầu chì tải là 0,6s. Để thoả mãn tính chọn lọc chọn

thời gian ngắt của rôle B là:  $t > 1 + 0,3 = 1,3s$ .

Bội số dòng ngắn mạch  $m = 743,3/334,68 = 2,22$ . Dựa vào đặc tuyến thời gian- dòng điện của rôle có độ dốc chuẩn  $U_2$ , chọn trị đặt thời gian của rôle B là  $TD = 1$  là đường cong gần với toạ độ ( $m = 2,22; t = 1,3s$ ).

• Khi ngắn mạch  $N_3$ :  $I_{N_{max}} = 1564,1A$ . Bội số dòng ngắn mạch  $m = 1564,1/334,68 = 4,67$ . Dựa vào đường cong  $TD = 1$  tìm được thời gian cắt của rôle B khoảng  $t = 0,4s$ .

#### Rôle A:

Dòng khởi động của rôle A:  $I_{kd} = 502,02 A$ .

Phối hợp thời gian giữa rôle A và rôle B:

• Khi ngắn mạch tại  $N_4$ :  $I_N = 1564,1 A$ . Thời gian tác động của rôle B là  $0,4s$  và thời gian tác động của cầu chì tải là  $0,15s$ . Để thỏa mãn tính chọn lọc, chọn thời gian ngắt của rôle A là:

$$t > 0,4 + 0,3 = 0,7s$$

Bội số dòng ngắn mạch  $m = 1564/502,02 = 3,11$ . Dựa vào đặc tuyến thời gian- dòng điện của rôle độ dốc chuẩn chọn trị đặt thời gian của rôle B là  $TD = 1$  là đường cong gần với toạ độ ( $m = 3,11; t = 0,7s$ ).

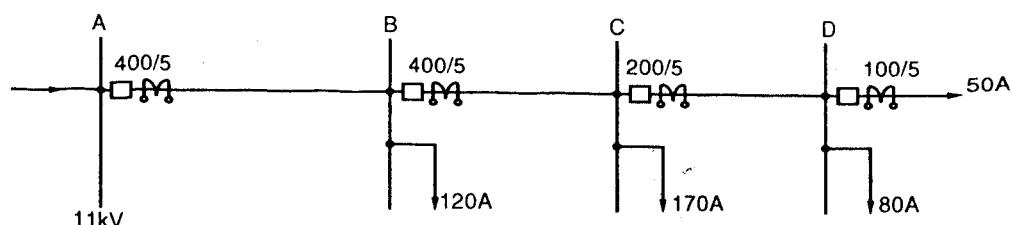
• Khi ngắn mạch  $N_5$ :  $I_{N_{max}} = 3342A$ . Bội số dòng ngắn mạch  $m = 3342/502,02 = 6,65$ .

Từ đường cong có  $TD = 1$  tìm được thời gian cắt của rôle B khoảng  $t = 0,3s$ .

Đường cong phối hợp giữa các rôle được vẽ như H.B.33.3.

34. Cho sơ đồ và bảng số liệu tương ứng. chọn bảo vệ dòng điện cực đại có đặc tính phụ thuộc đặt tại các trạm a, b, c, d.

Vị trí	Tổng trở		Dòng NM(A)		Dòng tải max	Tỉ số BI	Trị đặt dòng rôle	
	MIN	MAX	MAX	MIN			%	dòng sơ cấp
A	0,81	1,62	7850	3920	420	400/5	150	600
B	1,41	2,22	4500	2860	300	400/5	125	500
C	2,36	3,17	2690	2003	130	200/5	100	200
D	4,56	5,37	1395	1182	50	100/5	100	100



Hình B.34.1

**Giải.** Tính toán được bắt đầu từ rôle xa nguồn nhất.

**Cách 1:** Dùng phương trình đặc tính của rôle

**Rôle D:** Theo yêu cầu trị đặt dòng tại rôle D là:  $100\%I_{dmBl}$ ,  $n_{Bl} = 100/5$  nên dòng khởi động sơ cấp của rôle D là:  $I_{kd} = 100A$ .

• Khi ngắn mạch tại thanh cái D dòng ngắn mạch lớn nhất:  $I_{NM} = 1395A$ . Bội số dòng ngắn mạch:  $m = 1395/100 = 13,95$ . Để rôle D phối hợp với tải phía sau, chọn thời gian cắt của rôle D là 0,1s.

$$\text{Chọn rôle có độ dốc chuẩn SIT: } t = \frac{0,14}{m^{0,02} - 1} \text{ TMS} \quad (1)$$

Từ phương trình (1) với  $m = 13,95$  và  $t = 0,1s$ . Suy ra: trị đặt thời gian TMS = 0,04. Tính toán tương tự đường cong đặc tính của rôle D ( $I_{kd} = 100A$ , TMS = 0,04) được cho ở bảng 1:

Bảng 1

Bội số dòng khởi động	Dòng ngắn mạch(A)	Thời gian tác động(s)
2,0	200	0,4
5,0	500	0,17
8,0	800	0,13
10	1000	0,12
13,95	1395	0,1

**Rôle C:** Theo yêu cầu trị đặt dòng tại rôle C là  $100\%I_{dmBl}$ ,  $n_{Bl} = 200/5$  nên dòng khởi động của rôle C là  $I_{kd} = 200A$ .

• Khi ngắn mạch tại thanh cái D dòng ngắn mạch lớn nhất:  $I_{NM} = 1395A$ . Bội số dòng ngắn mạch  $m = 1395/200 = 6,975$ . Chọn  $\Delta t = 0,5s$

Để rôle C phối hợp với rôle D thời gian cắt của rôle C là:

$$t \geq 0,1 + \Delta t = 0,1 + 0,5 = 0,6s$$

$$\text{Chọn rôle có độ dốc chuẩn SIT: } t = \frac{0,14}{m^{0,02} - 1} \text{ TMS} \quad (2)$$

Từ phương trình (2), với  $m = 6,975$  và  $t \geq 0,6s$ ,

Suy ra: trị đặt thời gian của rôle C là: TMS = 0,169

• Khi ngắn mạch tại thanh cái C dòng ngắn mạch lớn nhất:  $I_{NM} = 2690A$ . Bội số dòng ngắn mạch  $m = 2690/200 = 13,45$  thay vào phương trình đặc tính (2) với TMS = 0,169 nên thời gian cắt của rôle C là  $t = 0,44s$ . Tính toán tương tự đường cong đặc tính của rôle C ( $I_{kd} = 200A$ , TMS = 0,169) được cho ở bảng 2.

Bảng 2

Bội số dòng khởi động	Dòng ngắn mạch(A)	Thời gian tác động(s)
6,975	1395	0,60
8,0	1600	0,56
10,0	2000	0,5
13,45	2690	0,44

**Role B:** Theo yêu cầu trị đặt dòng tại role B là  $125\%I_{dm BI}$ ,  $n_{BI} = 400/5$  nên dòng khởi động của role B là  $I_{kd} = 500$  A.

- Khi ngắn mạch tại thanh cái C dòng ngắn mạch lớn nhất:  $I_{NM} = 2690$  A. Bội số dòng ngắn mạch  $m = 2690/500 = 5,38$

Để role B phối hợp với role C thời gian cắt của role B là:

$$t \geq 0,44 + \Delta t = 0,44 + 0,5 = 0,94s$$

Chọn role có độ dốc chuẩn SIT:  $t = \frac{0,14}{m^{0,02} - 1} TMS$  (3)

Với bội số dòng ngắn mạch  $m = 5,38$  và  $t \geq 0,94s$ . Suy ra: trị đặt thời gian của role B là:  $TMS = 0,23$

- Khi ngắn mạch tại thanh cái B dòng ngắn mạch lớn nhất:  $I_{NM} = 4500$  A. Bội số dòng ngắn mạch  $m = 4500/500 = 9$  thay vào phương trình đặc tính (3) với  $TMS = 0,23$  nên thời gian cắt của role B là  $t = 0,72s$ . Tính toán tương tự đường cong đặc tính của role B ( $I_{kd} = 500$  A,  $TMS = 0,23$ ) được cho ở bảng 3.

Bảng 3

Bội số dòng khởi động	Dòng ngắn mạch(A)	Thời gian tác động(s)
5,38	2690	0,94
7,0	3500	0,81
8,0	4000	0,76
9,0	4500	0,72

**Role A:** Theo yêu cầu trị đặt dòng tại role A là  $150\%I_{dm BI}$ ,  $n_{BI} = 400/5$  nên dòng khởi động của role A là  $I_{kd} = 600$  A.

- Khi ngắn mạch tại thanh cái B dòng ngắn mạch lớn nhất:  $I_{NM} = 4500$  A. Bội số dòng ngắn mạch  $m = 4500/600 = 7,5$ .

Để role A phối hợp với role B thời gian cắt của role A là:

$$t \geq 0,72 + \Delta t = 0,72 + 0,5 = 1,22s$$

Chọn role có độ dốc chuẩn SIT:  $t = \frac{0,14}{m^{0,02} - 1} TMS$  (4)

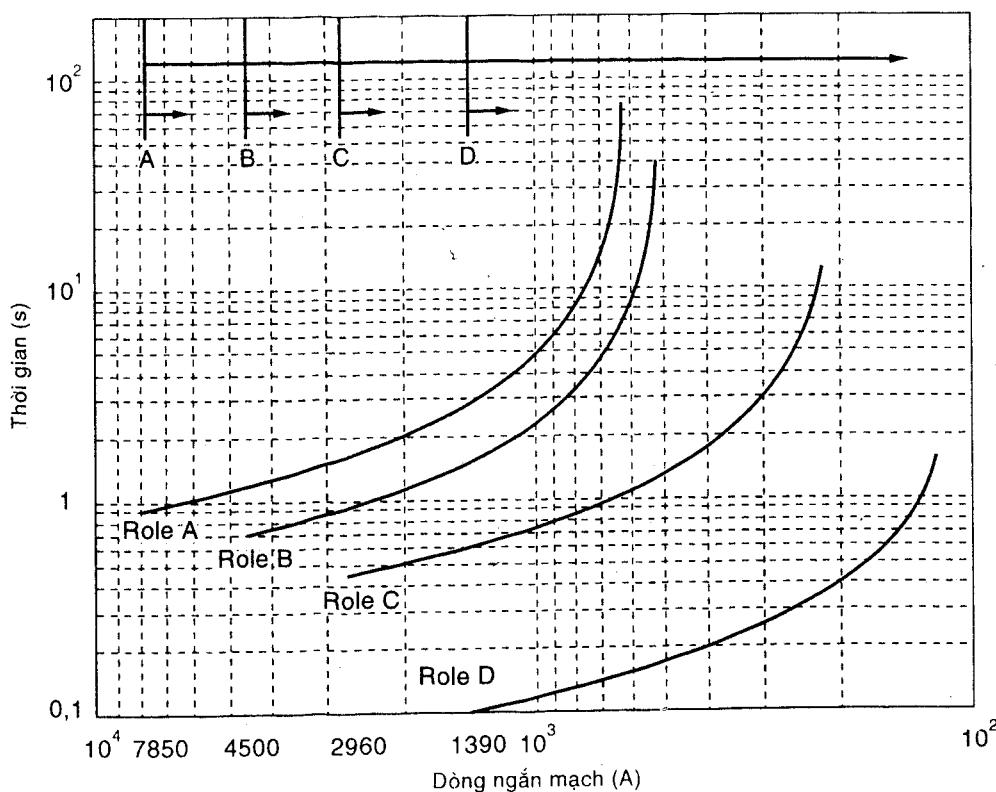
Với bội số dòng ngắn mạch  $m = 7,5$  và  $t \geq 1,22s$ . Suy ra: trị đặt thời gian của role A là:  $TMS = 0,35$ .

• Khi ngắn mạch tại thanh cái dòng ngắn mạch lớn nhất:  $I_{NM} = 7850 A$ . Bội số dòng ngắn mạch  $m = 7850/600 = 13$  thay vào phương trình đặc tính (4) nên thời gian cắt của role A là  $t = 0,93s$ . Tính toán tương tự đường cong đặc tính của role G ( $I_{kd} = 600A$ ,  $TMS = 0,35$ ) được cho ở bảng 4.

Bảng 4

Bội số dòng khởi động	Dòng ngắn mạch(A)	Thời gian tác động(s)
7,5	4500	1,22
9,0	5400	1,09
12,0	7200	0,96
13,08	7850	0,93

Đường cong phối hợp giữa các role được vẽ như H.B.34.2.



Hình B.34.2

**Cách 2:** Cách chọn TMS = 1:**Role D:** Dòng khởi động của role D là:  $I_{kd} = 100 \text{ A}$ 

- Khi ngắn mạch tại thanh cái D dòng ngắn mạch lớn nhất:  $I_{NM} = 1395 \text{ A}$ . Để role D phối hợp với tải phía sau, chọn thời gian cắt của role D là: 0,1s.

$$\text{Chọn role có độ dốc chuẩn SIT: } t = \frac{0,14}{m^{0,02} - 1} \text{ TMS} \quad (1)$$

Bội số dòng ngắn mạch  $m = 1395/100 = 13,95$ . Với TMS = 1 thời gian cắt của role D là  $t = 2,6 \text{ s}$ . Vì vậy trị đặt thời gian TMS được tính theo công thức:

$$TD = \frac{\text{thời gian tác động thực}}{\text{thời gian tác động tại } TD = 1}$$

Suy ra:  $TMS = 0,1/2,6 = 0,04$

**Role C:** Dòng khởi động của role C là:  $I_{kd} = 200 \text{ A}$ .

- Khi ngắn mạch tại thanh cái D dòng ngắn mạch lớn nhất:  $I_{NM} = 1395 \text{ A}$ . Để thoả mãn tính chọn lọc chọn thời gian cắt của role C là:

$$t \geq 0,1 + \Delta t = 0,1 + 0,5 = 0,6 \text{ s}$$

$$\text{Chọn role có độ dốc chuẩn SIT: } t = \frac{0,14}{m^{0,02} - 1} \text{ TMS} \quad (2)$$

Bội số dòng ngắn mạch  $m = 1395/200 = 6,975$ . Với TMS = 1 thời gian cắt của role J là  $t = 3,5 \text{ s}$ . Vì vậy trị đặt thời gian TMS được chọn:  $TMS = 0,6/3,5 = 0,17$

- Khi ngắn mạch tại thanh cái C dòng ngắn mạch lớn nhất:  $I_{NM} = 2690 \text{ A}$ . Bội số dòng ngắn mạch  $m = 2690/200 = 13,45$  và  $TMS = 0,17$  thế vào phương trình (2) nên thời gian cắt của role C là:  $t = 0,44 \text{ s}$ .

**Role B:** Dòng khởi động của role B là:  $I_{kd} = 500 \text{ A}$ .

- Khi ngắn mạch tại thanh cái C dòng ngắn mạch lớn nhất:  $I_{NM} = 2690 \text{ A}$ . Để thoả mãn tính chọn lọc chọn thời gian cắt của role B là:

$$t \geq 0,44 + \Delta t = 0,44 + 0,5 = 0,94 \text{ s}$$

$$\text{Chọn role có độ dốc chuẩn SIT: } t = \frac{0,14}{m^{0,02} - 1} \text{ TMS} \quad (3)$$

Bội số dòng ngắn mạch  $m = 2690/500 = 5,38$ . Với TMS = 1 thời gian cắt của role B là  $t = 4,1 \text{ s}$ . Vì vậy trị đặt thời gian TMS được chọn:

$$TMS = 0,94/4,1 = 0,23$$

- Khi ngắn mạch tại thanh cái B dòng ngắn mạch lớn nhất:  $I_{NM} = 4500 \text{ A}$ . Thay bội số dòng ngắn mạch  $m = 4500/500 = 9$  và  $TMS = 0,23$  được thời gian cắt của role B là  $t = 0,72 \text{ s}$ .

**Role A:** Dòng khởi động của role A là:  $I_{kd} = 600 \text{ A}$ .

- Khi ngắn mạch tại thanh cái B dòng ngắn mạch lớn nhất:  $I_{NM} = 4500 \text{ A}$ . Để thoả mãn tính chọn lọc chọn thời gian cắt của role A là:

$$t \geq 0,72 + \Delta t = 0,1 + 0,5 = 1,22 \text{ s}$$

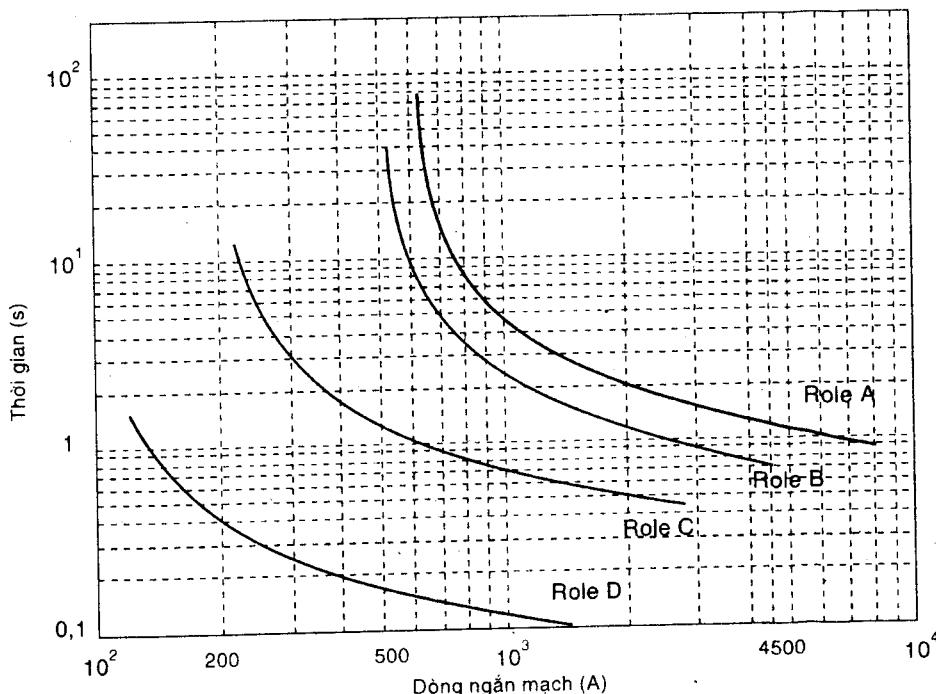
Chọn role có độ dốc chuẩn SIT:  $t = \frac{0,14}{m^{0,02} - 1} TMS$  (4)

Bội số dòng ngắn mạch  $m = 4500/600 = 7,5$ . Với  $TMS = 1$  thời gian cắt của role G là  $t = 3,4s$ . Vì vậy trị đặt thời gian TMS được chọn:

$$TMS = 1,22/3,4 = 0,36$$

• Khi ngắn mạch tại thanh cái A dòng ngắn mạch lớn nhất:  $I_{NM} = 7850 A$ . Bội số dòng ngắn mạch  $m = 7850/600 = 13,03$  và  $TMS = 0,36$  nên thay vào (4) được thời gian cắt của role A là  $t = 0,96s$ .

Đường cong phối hợp giữa các role được vẽ trong H.B.34.3



Hình B.34.3

**Cách 3:** Dùng đặc tuyến thời gian- dòng điện của role:

**Role D:** Dòng khởi động của role D là:  $I_{kd} = 100 A$ .

• Khi ngắn mạch tại thanh cái D dòng ngắn mạch lớn nhất:  $I_{NM} = 1395 A$ . Để role D phối hợp với tải phía sau, chọn thời gian cắt của role 0,1s. Bội số dòng ngắn mạch  $m = 1395/100 = 13,95$ . Chọn role dốc chuẩn, dựa vào đặc tuyến thời gian-dòng điện chọn role có  $TMS = 0,05$  là đường cong gần với toạ độ ( $m = 13,95$ ;  $t = 0,1s$ ).

**Role C:** Dòng khởi động của role C là:  $I_{kd} = 200A$ .

• Khi ngắn mạch tại thanh cái D dòng ngắn mạch lớn nhất:  $I_{NM} = 1395 A$ . Để thỏa mãn tính chọn lọc chọn thời gian cắt của role C là:

$$t \geq 0,1 + \Delta t = 0,1 + 0,5 = 0,6s$$

Bội số dòng ngắn mạch  $m = 1395/200 = 6,975$ . Dựa vào đặc tuyến thời gian-dòng điện chọn role có TMS = 0,2 là đường cong gần với toạ độ ( $m = 6,795$ ;  $t = 0,6s$ ).

- Khi ngắn mạch tại thanh cái C dòng ngắn mạch lớn nhất:  $I_{NM} = 2690$  A. Bội số dòng ngắn mạch  $m = 2690/200 = 13,45$  nên thời gian cắt của role C là  $t = 0,5s$ .

**Role B:** Dòng khởi động của role B là:  $I_{kd} = 500$  A.

- Khi ngắn mạch tại thanh cái C dòng ngắn mạch lớn nhất:  $I_{NM} = 2690$  A. Để thỏa mãn tính chọn lọc chọn thời gian cắt của role B là:

$$t \geq 0,5 + \Delta t = 0,5 + 0,5 = 1s$$

Bội số dòng ngắn mạch  $m = 2690/500 = 5,38$ . Dựa vào đặc tuyến thời gian-dòng điện chọn role có TMS = 0,3 là đường cong gần với toạ độ ( $m = 5,38$ ;  $t = 1s$ ).

- Khi ngắn mạch tại thanh cái C dòng ngắn mạch lớn nhất:  $I_{NM} = 4500$  A. Bội số dòng ngắn mạch  $m = 4500/500 = 9$  nên thời gian cắt của role B là  $t = 0,95s$ .

**Role A:** Dòng khởi động của role A là:  $I_{kd} = 600$  A.

- Khi ngắn mạch tại thanh cái B dòng ngắn mạch lớn nhất:  $I_{NM} = 4500$  A. Để thỏa mãn tính chọn lọc chọn thời gian cắt của role A là:

$$t \geq 0,95 + \Delta t = 0,1 + 0,5 = 1,45s$$

Bội số dòng ngắn mạch  $m = 4500/600 = 7,5$ . Dựa vào đặc tuyến thời gian-dòng điện chọn role có TMS = 0,4 là đường cong gần với toạ độ ( $m = 7,5$ ;  $t = 1,45s$ ).

- Khi ngắn mạch tại thanh cái A dòng ngắn mạch lớn nhất:  $I_{NM} = 7850$  A. Bội số dòng ngắn mạch  $m = 7850/600 = 13,03$  nên thời gian cắt của role A là  $t = 1,1s$ .

Đường cong phối hợp giữa các role được vẽ tương tự như H.B.34.3

35. Cho sơ đồ như H.B.35.1. Tại các vị trí A, B, C, D, E, G, H, J đặt các bảo vệ. Động cơ M có hệ số công suất:  $\cos\phi = 0,8$

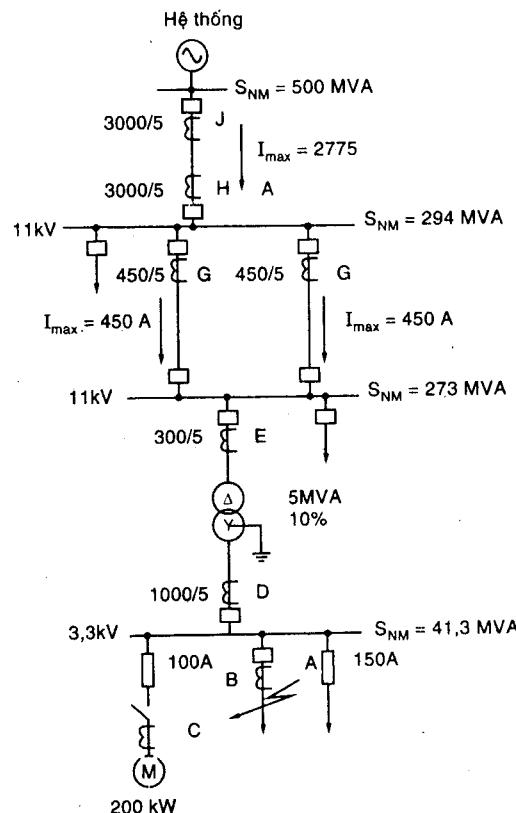
A,C: Đặc tính cầu chì HRC 150A, 100A; B,C: Role dòng điện, đặc tính T-C.

Đặc tính cầu chì và role B,C được cho ở H.B.35.2.

D,E,G,H: Role dòng điện, đặc tính T-C phụ thuộc.

J: Role nhánh nguồn, đặc tính cho ở bảng sau:

Đặc tính phụ thuộc	Độ dốc chuẩn
Trị đặc dòng	110%
Trị đặc thời gian	TMS = 0,45

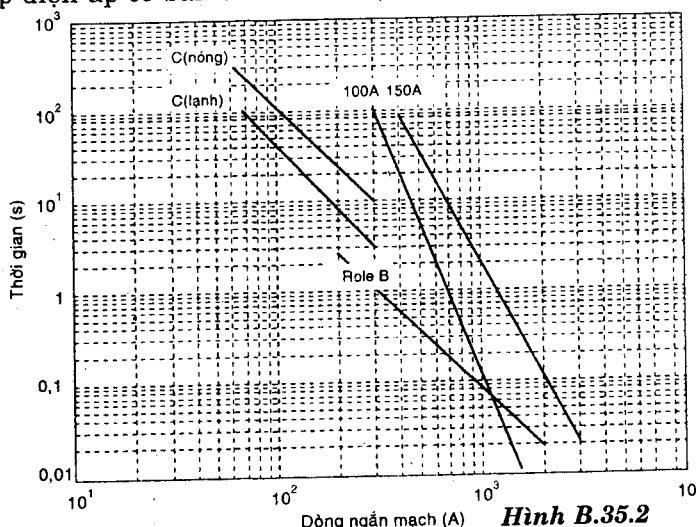


Hình B.35.1

**Yêu cầu:** Tính toán chọn các rôle tại các vị trí D, E, G, H.

**Giải.**

Để phối hợp đặc tính thời gian- dòng điện của các rôle quá dòng ở các vị trí khác nhau trong cùng sơ đồ cần thiết phải vẽ trên cùng một cấp điện áp. Chọn cấp điện áp cơ bản cho bài là 3,3kV.



Hình B.35.2

**Role D:** Đặc tính thời gian của role D được chọn phối hợp chọn lọc với cầu chì 150 A, role B và với máy biến áp có dòng tải cực đại khi động cơ M khởi động. Dòng đầy tải của máy biến áp phía 3,3kV:

$$I_{MBA} = \frac{S}{U\sqrt{3}} = \frac{5 \cdot 10^6}{3,3 \cdot 10^3 \sqrt{3}} = 875 \text{ A}$$

$$\text{Dòng tải của động cơ M: } I_{dc} = \frac{P}{U\sqrt{3} \cos \varphi} = \frac{200}{3,3\sqrt{3} \cdot 0,8} = 43,74 \text{ A}$$

Dòng khởi động của role D:

$$I_{kd} \geq (I_{MBA} - I_{dc}) + k_{mm} I_{dc} \Rightarrow I_{kd} = \frac{(I_{MBA} + (K_{mm} - 1) \cdot I_{dc}) \cdot K_{at}}{K_{tv} K_{sd}}$$

với: Hệ số mở máy của động cơ  $K_{mm} = 5$ ; hệ số trễ về của role  $K_{tv} = 0,95$

Hệ số an toàn  $K_{at} = 1$ ; hệ số sơ đồ  $K_{sd} = 1$

Do đó dòng khởi động của role D là:

$$I_{kd} = \frac{(I_{MBA} + (K_{mm} - 1) \cdot I_{dc}) \cdot K_{at}}{K_{tv} K_{sd}} = 1105,3 \text{ A}$$

$$\text{Dòng chỉnh định trên role: } I_R = \frac{I_{kd}}{nBI} = \frac{1105,3}{1000/5} = 5,53 \text{ A}$$

Khi ngắn mạch trên thanh cáp 3,3kV:  $S_{NM}^{(3)} = 41,3 \text{ MVA}$ . Suy ra dòng ngắn mạch:  $I_{NM} = \frac{S_{NM}}{U\sqrt{3}} = \frac{41,3 \cdot 10^6}{3,3 \cdot 10^3 \sqrt{3}} = 7226 \text{ A}$

Phối hợp thời gian giữa role D với role B. Với dòng ngắn mạch:  $I_{NM} = 7226 \text{ A}$  thời gian cắt của role B là  $t = 0,02 \text{ s}$ . Để thoả mãn tính chọn lọc, chọn  $\Delta t = 0,4 \text{ s}$ . Do đó thời gian cắt của role D là:  $t = 0,02 + \Delta t = 0,02 + 0,4 = 0,42 \text{ s}$

Để đảm bảo tính chọn lọc giữa role D với role B và cầu chì chọn role D có đặc tính cực dốc EIT (tiêu chuẩn IEC):  $t = \frac{80}{m^2 - 1} \cdot TMS$  (1)

$$\text{Với bội số dòng ngắn mạch: } m = \frac{I_{NM}}{I_{kd}} = \frac{7226}{1105,2} = 6,5$$

Và thời gian cắt  $t = 0,42 \text{ s}$ . Suy ra trị đặc thời gian TMS = 0,22.

Đường cong đặc tính của role D có trị số đặc dòng 1105,3A, trị đặc thời gian TMS = 0,22 được vẽ ở H.B.35.4

Bội số dòng khởi động	Dòng ngắn mạch (A)	Thời gian tác động (s)
1,4	1547	18,33
1,6	1768,5	11,28
2,0	2210,6	5,87
3,0	3315,9	2,2
4,0	4421,2	1,17
6,5	7226	0,42

**Role E:** Dòng đầy tải của máy biến áp phía cao áp:

$$I_{MBA} = \frac{S}{U\sqrt{3}} = \frac{5 \cdot 10^6}{11 \cdot 10^3 \sqrt{3}} = 262,4 \text{ A}$$

$$\text{Đòng tải của động cơ phía } 11\text{kV: } I_{dc} = \frac{P}{U\sqrt{3} \cos \varphi} = \frac{200}{11\sqrt{3} \cdot 0,8} = 13,1 \text{ A}$$

$$\text{Đòng khởi động của rơle E phía } 11\text{kV: } I_{kd} = \frac{(I_{MBA} + (K_{mm} - 1) \cdot I_{dc}) \cdot K_{at}}{K_{tv} K_{sd}}$$

Để tăng tính chọn lọc chọn:

Hệ số mở máy của động cơ  $K_{mm} = 5$ ; hệ số trễ về của rơle  $K_{tv} = 0,95$

Hệ số an toàn  $K_{at} = 1,2$ ; hệ số sơ đồ  $K_{sd} = 1$

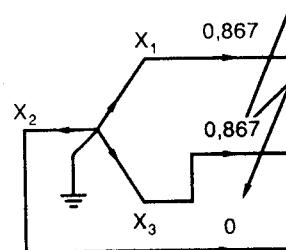
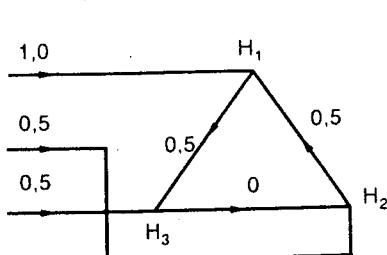
Do đó dòng khởi động của rơle E phía 11kV là:

$$I_{kd} = \frac{(I_{MBA} + (K_{mm} - 1) \cdot I_{dc}) \cdot K_{at}}{K_{tv} K_{sd}} = 398 \text{ A}$$

$$\text{Đòng chỉnh định trên rơle E: } I_R = \frac{I_{kd}}{nBI} = \frac{398}{300/5} = 6,62 \text{ A}$$

Quy đổi về cấp điện áp 3,3kV dòng khởi động của rơle E là:

$$I'_{kd} = I_{kd} \cdot K_{MBA} = 398 \cdot \frac{11}{3,3} = 1323 \text{ A}$$



Hình B.35.3

- Khi ngắt mạch hai pha phía hạ thế của máy biến áp (0,866 của dòng sự cố ba pha) tạo ra biên độ bằng dòng sự cố trong một pha bên phia điện cao đấu  $\Delta$  (phân bố 2-1-1), bằng và giống như sự cố 3 pha phía hạ áp. Do đó phối hợp thời gian giữa rơle D ở dòng ngắt mạch 0,866 . 7226 A với rơle E ở dòng ngắt mạch 7226 A, (H.B.35.3).

Khi dòng ngắt mạch:  $I_{NM} = 0,866 \cdot 226 \text{ A} = 6258 \text{ A}$

Bội số dòng ngắt mạch của rơle D:  $m = \frac{I_{NM}}{I_{kd}} = \frac{6258}{1105,2} = 5,7$

Thay thế vào phương trình (1) với  $TMS = 0,22$  suy ra thời gian cắt của rơle D là  $t = 0,57 \text{ s}$ . Vì vậy thời gian cắt của rơle E được chọn là:

$$t = 0,57 + \Delta t = 0,57 + 0,4 = 0,97 \text{ s}$$

Chọn rơle E có đặc tính cực dốc EIT:  $t = \frac{80}{m^2 - 1} \cdot TMS$  (2)

$$\text{Với bội số dòng ngắn mạch: } m = \frac{I_{NM}}{I_{kd}} = \frac{7226}{1323} = 5,5$$

và thời gian cắt  $t = 0,97s$ , suy ra trị đặt thời gian của rôle E: TMS = 0,35

$$\text{Khi sự cố ngắn mạch trên thanh cáp 11kV: } S_{NM}^{(3)} = 237 \text{MVA dòng ngắn mạch phía 11kV: } I_{NM} = \frac{S_{NM}}{U\sqrt{3}} = \frac{237 \cdot 10^6}{11 \cdot 10^3 \sqrt{3}} = 12440 \text{ A}$$

Quy đổi về cấp điện áp 3,3kV dòng ngắn mạch:

$$I'_{NM} = I_{NM} \cdot K_{MBA} = 12440 \cdot \frac{11}{3,3} = 41466,7 \text{ A}$$

$$\text{Bội số dòng ngắn mạch: } m = \frac{I'_{NM}}{I_{kd}} = \frac{41466,7}{1323} = 31,34$$

Thay thế vào phương trình (2) với TMS = 0,35 thời gian cắt của rôle E là:  $t = 0,03s$ .

**Chọn bảo vệ cắt nhanh cho rôle E:** trị đặt dòng cắt nhanh phía 11kV:

$$I_{CN} = K_{at} \cdot I_{NMmax} = 1,3 \cdot 7226 = 9393,8 \text{ A}$$

Quy đổi trị đặt dòng cắt nhanh về phía 3,3kV:

$$I'_{CN} = I_{CN} \cdot K_{MBA} = 9393,8 \cdot \frac{11}{3,3} = 31312,7 \text{ A}$$

Dòng chỉnh định trên rôle ở cấp điện áp 3,3kV:

$$I''_{CN} = \frac{I'_{CN}}{n_{BI}} = \frac{31312,7}{300/5} = 522 \text{ A}$$

Tại dòng ngắn mạch  $I_{NM} = 31312,7 \text{ A}$ , thì bội số dòng ngắn mạch của rôle E là  $m = 31312,7/1323 = 23,66$ . Thay  $m = 22,66$  và TMS = 0,35 vào phương trình (2) được thời gian cắt của rôle E là  $t = 0,05s$ .

Đường cong đặc tính của rôle E có trị số đặc dòng 1323A, trị đặc thời gian TMS = 0,35 được vẽ trong H.B.35.3

Bội số dòng khởi động	Dòng ngắn mạch (A)	Thời gian tác động (s)
1,4	1852,2	29,2
2,0	2646	9,33
5,0	6615	1,17
10,0	13230	0,31
15,0	19845	0,125
22,66	31312,7	0,05

**Rôle G:** Dòng làm việc cực đại:  $I_{lv\max} = 420$  A.

Dòng khởi động của rôle G phía 11 kV:  $I_{kd} = \frac{K_{at}}{K_{tv} K_{sd}} I_{lv\max}$

Để tăng tính chọn lọc chọn:

Hệ số trở về của rôle  $K_{tv} = 0,95$ ; hệ số an toàn  $K_{at} = 2$ ; hệ số sơ đồ  $K_{sd} = 1$

Do đó dòng khởi động sơ cấp của rôle G phía 11 kV là:

$$I_{kd} = \frac{K_{at}}{K_{tv} K_{sd}} I_{lv\max} = 884,2 \text{ A}$$

Dòng khởi động của rôle G quy đổi về phía 3,3kV là:

$$I'_{kd} = I_{kd} \cdot K_{MBA} = 884,2 \cdot \frac{11}{3,3} = 2947,4 \text{ A}$$

Dòng chỉnh định trên rôle G ở cấp điện áp 3,3 kV là:

$$I''_{CN} = \frac{I'_{NM}}{n_{BI}} = \frac{2947,4}{450/5} = 32,75 \text{ A}$$

Khi ngắn mạch tại thanh cái 11kV:  $S^{(3)}_{NM} = 237$  MVA, dòng ngắn mạch phía 11kV  $I_{NM11} = 12440$  A, hay  $I_{NM} = 41466,7$  A phía điện áp 3,3 kV. Xét 2 trường hợp sau:

a. **Đường dây song song không bị đứt 1 dây:** Khi ngắn mạch tại thanh cái 11kV:  $S^{(3)}_{NM} = 237$  MVA, dòng ngắn mạch phía 11kV:  $I_{NM11} = 12440$  A, thì dòng sự cố qua rôle G ở điện áp 11kV:

$$I_G = \frac{I_{NM}}{2} = \frac{12440}{2} = 6220 \text{ A}$$

Quy đổi về cấp điện áp 3,3kV:  $I_G = 20733,3$  A.

Phối hợp rôle G và rôle E: Với dòng ngắn mạch 41466,7 A thì thời gian cắt của rôle E là:  $t = 0,03$ s. Do đó thời gian cắt của rôle G được chọn:

$$t \geq 0,03 + 0,4 = 0,43 \text{ s}$$

Chọn rôle G có đặc tính cực dốc EIT:  $t = \frac{80}{m^2 - 1} \cdot TMS$  (3)

Với bội số dòng ngắn mạch của rôle G:  $m = \frac{I_{NM}}{I_{kd}} = \frac{20733,3}{2652,6} = 7,0$

Thay  $m = 7,0$  và  $t = 0,43$ s vào phương trình (3) được  $TMS = 0,7$ .

Khi sự cố đứt một dây và ngắn mạch tại thanh cái 11 kV:  $S_{NM} = 237$  MVA

Thì dòng ngắn mạch qua rôle G là:  $I_{NM} = 41466,7$  A

Với dòng ngắn mạch này thì bội số dòng ngắn mạch của rôle G là:

$$m = 41466,7 / 2947,4 = 14$$

Thay  $m = 14$  và  $TMS = 0,7$  vào phương trình (3) được thời gian cắt của rôle G là:  $t = 0,3$ s

Trong khi đó với dòng ngắn mạch  $I_{NM} = 41466,7$  A thì thời gian cắt của rôle E là:  $t = 0,03$

Do đó bậc thời gian trong trường hợp này:

$\Delta t' = 0,3 - 0,03 = 0,27s < \Delta t = 0,4s$ : không thỏa tính chọn lọc.

**b. Đường dây song song bị đứt một dây**

Khi ngắn mạch tại thanh cáp 11kV:  $S^{(3)}_{NM} = 237$  MVA

Dòng ngắn mạch phía 11 kV:  $I_{NM11} = 12440$  A

thì dòng sự cố qua role G ở điện áp 11 kV:  $I_{NM11} = 12440$  A.

Quy đổi về cấp điện áp 3,3 kV:  $I_G = 41466,7$  A.

Phối hợp role G và role E: với dòng ngắn mạch  $I_{NM} = 41466,7$  A thì thời gian cắt của role E là:  $t = 0,03s$

Do đó thời gian cắt của role G được chọn:  $t \geq 0,03 + 0,4 = 0,43s$

$$\text{Chọn role G có đặc tính cực dốc EIT: } t = \frac{80}{m^2 - 1} \cdot TMS \quad (4)$$

$$\text{với bội số dòng ngắn mạch của role G: } m = \frac{I_{NM}}{I_{kd}} = \frac{41466,7}{2947,4} = 14$$

Thay TMS = 1 và m = 14 vào phương trình (4) được  $t = 0,41s$ . Trị đặt thời gian TMS được tính theo công thức:

$$TMS = \frac{\text{thời gian tác động thực}}{\text{thời gian tác động tại TMS} = 1}$$

Do đó trị đặt thời gian của role G:  $TMS = 0,43/0,41 = 1$

Khi không đứt 1 đường dây và ngắn mạch tại thanh cáp 11 kV dòng ngắn mạch  $I_{NM} = 12440$  A hay  $I_{NM} = 41466,7$  A phía điện áp 3,3 kV.

Với dòng ngắn mạch này thời gian cắt của role E là 0,03s. Dòng ngắn mạch chạy qua role G là:  $I_G = \frac{I_{NM}}{2} = \frac{12440}{2} = 6220$  A

Quy đổi về cấp điện áp 3,3kV:  $I_G = 20733,3$  A

$$\text{Với bội số dòng ngắn mạch của role G: } m = \frac{I_{NM}}{I_{kd}} = \frac{20733,3}{2652,6} = 7,0$$

thay m = 7,0 và TMS = 1 vào phương trình (4) được thời gian cắt của role G là:  $t = 1,67s$

Do đó bậc thời gian trong trường hợp này:

$\Delta t' = 1,67 - 0,03 = 1,64 > \Delta t = 0,4s$ : thỏa tính chọn lọc.

vì vậy role G được chọn có đặc tính cực dốc với:  $TMS = 1$

khi ngắn mạch tại thanh cáp 11kV:  $S^{(3)}_{NM} = 294$  MVA

thì dòng ngắn mạch ở cấp điện áp 11kV:  $I_{NM} = 15430$  A

quy về cấp điện áp 3,3kV:  $I_{NM} = 54136$  A

Bội số dòng ngắn mạch của role G:  $m = 54136/(2947,4 \cdot 2) = 9,18$

thay vào (4) với TMS = 1 được thời gian cắt của role G là:  $t = 0,96s$ .

Tính toán tương tự đường cong đặc tính của role E có trị số đặc dòng 2947,4A, trị đặc thời gian TMS = 1 được vẽ trong H.B.35.4.

Bội số dòng khởi động	Dòng ngắn mạch (A)	Thời gian tác động(s)
5,3	15656,35	2,95
6,0	17684,4	2,29
7,0	20631,8	1,67
8,0	23579,2	1,27
9,18	27068	0,96

Rơle J: Dòng làm việc cực đại:  $I_{lv\max} = 2775$  A.

$$\text{Dòng khởi động của rơle J phía 11kV: } I_{kd} = \frac{K_{at}}{K_{tv} K_{sd}} I_{lv\max}$$

Để tăng tính chọn lọc chọn:

Hệ số trở về của rơle  $K_{tv} = 0,95$ ; hệ số an toàn  $K_{at} = 1,2$ ; hệ số sơ đồ  $K_{sd} = 1$   
Do đó dòng khởi động của rơle J phía 11 kV là:

$$I_{kd} = \frac{K_{at}}{K_{tv} K_{sd}} I_{lv\max} = 3505,3 \text{ A}$$

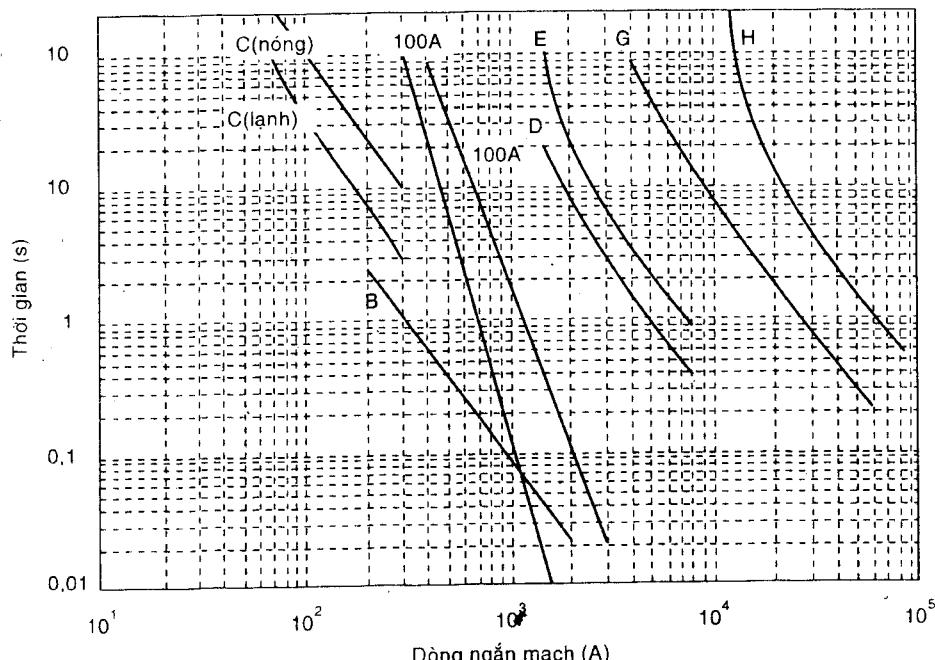
Dòng khởi động của rơle J phía 3,3 kV là:

$$I_{kd} = I_{kd} \cdot K_{MBA} = 3505,3 \cdot \frac{11}{3,3} = 11684,2 \text{ A}$$

Khi ngắn mạch tại thanh cáp 11kV:  $S_{NM}^{(3)} = 294$  MVA

Dòng ngắn mạch phía 11 kV:  $I_{NM} = 51436$  A phía điện áp 3,3 kV.

a. Khi đường dây song song không bị đứt một dây:



Hình B.35.4

Với dòng ngắn mạch này thời gian cắt của rôle G là 0,23s nên để đảm bảo tính chọn lọc thời gian cắt của rôle J là:

$$t \geq 0,96 + \Delta t = 0,96 + 0,4 = 1,36s$$

Chọn rôle J có đặc tính cực dốc EIT:  $t = \frac{80}{m^2 - 1} \text{ TMS}$

Với bội số dòng ngắn mạch:  $m = \frac{I_{NM}}{I_{kd}} = \frac{51437}{11684,2} = 4,4$

Do đó trị đặt thời gian của rôle J là: TMS = 0,3.

Khi ngắn mạch tại thanh cái 11kV:  $S^{(3)}_{NM} = 500 \text{ MVA}$ .

Dòng ngắn mạch:  $I_{NM} = 87447 \text{ phia điện áp } 3,3 \text{ kV}$ .

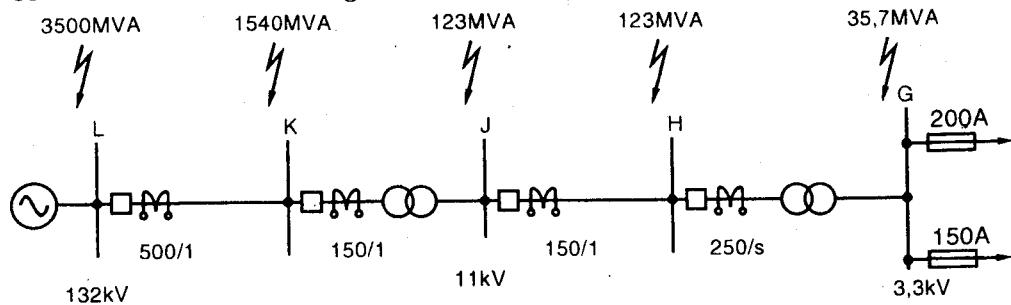
Thời gian cắt của rôle J là:  $t = 0,43s$ .

Đường cong đặc tính của rôle J có trị số đặc dòng 11684,2A. Trị đặc thời gian TMS = 0,3

Bội số dòng khởi động	Dòng ngắn mạch (A)	Thời gian tác động(s)
4,6	54136	1,19
5,0	58421	1,0
6,0	70105,2	0,69
7,0	81789,4	0,5
7,5	87447	0,43

Đường cong phối hợp giữa các rôle được vẽ như H.B.35.4

36. Cho sơ đồ và các thông số như H.B.36.1



Hình B.36.1

Đặc tính của cầu chì 200A được cho theo bảng sau:

Thời gian đứt (s)	20	2	0,2	0,06
Dòng (A)	700	1000	2000	3000

*Yêu cầu tính toán:* Chọn các bảo vệ dòng điện cực đại dùng rôle có đặc tính thời gian phụ thuộc tại các vị trí H, J, K, L.

Giải.

**Cách 1.** Dùng phương trình đặc tính: để phối hợp các rôle có đặc tính

thời gian-dòng điện ở các vị trí khác nhau trong cùng sơ đồ cần thiết về chúng trên cùng cấp điện áp. Do đó chọn cấp điện áp cơ bản là 3,3 kV.

**Rôle H:** Chọn trị đặt dòng của rôle H là  $100\%I_{\text{đm}3,3}$ ,  $n_{\text{BI}} = 250/5$ .

Do đó dòng khởi động sơ cấp của rôle H là  $I_{\text{kd}} = 250 \text{ A}$  (ở cấp điện áp 11kV). Và dòng chỉnh định trên rôle là:  $I_R = 5 \text{ A}$ .

Dòng khởi động của rôle H quy về cấp điện áp 3,3 kV là:

$$I_{\text{Ik}3,3} = K_{\text{MBA}} I_{\text{kd}} = 250 \cdot \frac{11}{3,3} = 833 \text{ A}$$

- Khi sự cố ngắn mạch trên thanh cái 3,3kV:  $S_{\text{NM}} = 35,7 \text{ MVA}$ .

Suy ra dòng ngắn mạch  $I_{\text{NM}}$ : (ở cấp điện áp 3,3kV)

$$I_{\text{NM}} = \frac{S_{\text{NM}}}{\sqrt{3}U} = \frac{35,7 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 3,3 \cdot 10^3} = 6346 \text{ A}$$

Với dòng ngắn mạch này thời gian cắt của cầu chì là  $t = 0,01 \text{ s}$ . Chọn bậc thời gian chọn lọc là  $\Delta t = 0,4 \text{ s}$ . Phối hợp thời gian giữa rôle H và cầu chì nên thời gian cắt của rôle H là:  $t \geq 0,01 + \Delta t = 0,01 + 0,4 = 0,41 \text{ s}$

Chọn rôle có đặc tính cực dốc theo tiêu chuẩn IEC có phương trình đặc tính:  $t = \frac{80}{m^2 - 1}$  (1)

$$\text{Bội số dòng ngắn mạch của rôle H: } m = \frac{I_{\text{NM}}}{I_{\text{Ik}3,3}} = \frac{6346}{833} = 7,5$$

Thay  $t \geq 0,41 \text{ s}$  và  $m = 7,5$  vào phương trình đặc tính (1)

Suy ra trị đặt thời gian của rôle H:  $TMS = 0,3$ .

• Khi sự cố ngắn mạch tại thanh cái 11kV tại rôle H:  $S_{\text{NM}} = 98,7 \text{ MVA}$ , dòng sự cố ngắn mạch ở cấp điện áp 11 kV.

$$I_{\text{NM}} = \frac{S_{\text{NM}}}{\sqrt{3}U} = \frac{98,7 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 11 \cdot 10^3} = 5180 \text{ A}$$

Do đó dòng ngắn mạch quy về cấp điện áp 3,3 kV:

$$I_{\text{NM}3,3} = K_{\text{MBA}} I_{\text{NM}} = 5180 \cdot \frac{11}{3,3} = 17267 \text{ A}$$

Tại dòng ngắn mạch này, thì bội số dòng ngắn mạch:  $m = 17267/833 = 20,7$ .  
Thay vào phương trình đặc tính (1) với  $TMS = 0,3$  suy ra thời gian cắt của rôle H là  $t = 0,06 \text{ s}$ .

Đường cong đặc tính của rôle H với dòng khởi động  $I_{\text{kd}} = 833 \text{ A}$  và trị đặt thời gian  $TMS = 0,3$  được vẽ như trong H.B.36.2

Bội số dòng khởi động	Dòng ngắn mạch (A)	Thời gian cắt (s)
7,5	6346	0,41
10,0	8330	0,24
15,0	13495	0,11
20,7	17267	0,06

**Role J:** Chọn trị đặt dòng của role J là  $100\% I_{dm BI}$ ,  $n_{BI} = 500/5$

Do đó dòng khởi động sơ cấp của role J là  $I_{kd} = 500$  A (ở cấp điện áp 11 kV). Và dòng chỉnh định trên role là:  $I_R = 5$  A.

Dòng khởi động của role quy về cấp điện áp 3,3 kV là:

$$I_{Ikd3.3} = K_{MBA} I_{kd} = 500 \cdot \frac{11}{3,3} = 1667 \text{ A}$$

- Khi sự cố ngắn mạch trên thanh cái 11kV tại role H:  $S_{NM} = 98,7$  MVA  
Suy ra dòng ngắn mạch  $I_{NM}$ : (ở cấp điện áp 11 kV)  $I_{NM} = 5180$  A

Hay dòng ngắn mạch quy về cấp điện áp 3,3 kV:  $I_{NM3.3} = 17267$  A

Thời gian cắt của role H là  $t = 0,06$ s. Do đó phối hợp thời gian giữa role H với role J, thì role J có thời gian cắt:  $t \geq 0,06 + \Delta t = 0,06 + 0,4 = 0,46$ s

Chọn role có đặc tính cực dốc có phương trình đặc tính:  $t = \frac{80}{m^2 - 1}$  (2)

$$\text{Bội số dòng ngắn mạch của role J: } m = \frac{I_{NM}}{I_{Ikd3.3}} = \frac{17267}{1667} = 10,36$$

Thay  $t \geq 0,46$ s và  $m = 10,36$  vào phương trình đặc tính (2), suy ra trị đặt thời gian của role J: TMS = 0,6.

- Khi sự cố ngắn mạch tại thanh cái 11 kV tại thanh cái J:  $S_{NM} = 123$  MVA

Dòng sự cố ngắn mạch ở cấp điện áp 11 kV:

$$I_{NM} = \frac{S_{NM}}{\sqrt{3}U} = \frac{123 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 11 \cdot 10^3} = 6456 \text{ A}$$

Do đó dòng ngắn mạch quy về cấp điện áp 3,3kV:

$$I_{NM3.3} = K_{MBA} I_{NM} = 6456 \cdot \frac{11}{3,3} = 21519 \text{ A}$$

Tại dòng ngắn mạch này, thì bội số dòng ngắn mạch:  $m = 21519/1667 = 12,9$

Thay vào phương trình đặc tính (2) với TMS = 0,6 suy ra thời gian cắt của role J là  $t = 0,38$ s.

Đường cong đặc tính của role J với dòng khởi động  $I_{kd}=1667$ A và trị đặt thời gian TMS = 0,6 được vẽ ở H.B.36.2.

Bội số dòng khởi động	Dòng ngắn mạch (A)	Thời gian cắt (s)
10,36	17267	0,46
11,0	18337	0,40
12,9	21519	0,38

**Role K:** Chọn trị đặt dòng của role J là  $100\% I_{dm BI}$ ,  $n_{BI} = 150/1$ .

Do đó dòng khởi động sơ cấp của role K là  $I_{kd} = 150$  A (ở cấp điện áp 132kV). Và dòng chỉnh định trên role là  $I_R = 1$  A

Dòng khởi động của role quy về cấp điện áp 3,3 kV là:

$$I_{Ikd3.3} = K_{MBA1} \cdot K_{MBA2} \cdot I_{kd} = 150 \cdot \frac{11}{3.3} \cdot \frac{132}{11} = 6000 \text{ A}$$

- Khi sự cố ngắn mạch trên thanh cáp 11kV tại thanh cáp J:  $S_{NM} = 123 \text{ MVA}$   
Suy ra dòng ngắn mạch  $I_{NM}$ : (ở cấp điện áp 11kV)  $I_{NM} = 6456 \text{ A}$

Hay dòng ngắn mạch quy về cấp điện áp 3,3kV:  $I_{NM3.3} = 21519 \text{ A}$

Thời gian cắt của rôle J là  $t = 0,3 \text{ s}$ . Do đó phôi hợp thời gian giữa rôle K với rôle J, thì rôle K có thời gian cắt:  $t \geq 0,3 + \Delta t = 0,3 + 0,4 = 0,7 \text{ s}$

Chọn rôle có đặc tính cực dốc có phương trình đặc tính:  $t = \frac{80}{m^2 - 1}$  (3)

$$\text{Bội số dòng ngắn mạch của rôle K: } m = \frac{I_{NM}}{I_{kd3.3}} = \frac{21519}{6000} = 3,58$$

Thay  $t \geq 0,7 \text{ s}$  và  $m = 3,58$  vào phương trình đặc tính (3), suy ra trị đắt thời gian của rôle K:  $TMS = 0,1$ .

- Khi sự cố ngắn mạch tại thanh cáp 11 kV, tại thanh cáp K:  $S_{NM} = 1540 \text{ MVA}$ .

Dòng sự cố ngắn mạch ở cấp điện áp 132 kV:

$$I_{NM} = \frac{S_{NM}}{\sqrt{3}U} = \frac{1540 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 132 \cdot 10^3} = 6736 \text{ A}$$

Do đó dòng ngắn mạch ở cấp điện áp 3,3kV:

$$I_{NM3.3} = K_{MBA1} \cdot K_{MBA2} \cdot I_{NM} = 6736 \cdot \frac{11}{3.3} \cdot \frac{132}{11} = 269430 \text{ A}$$

Tại dòng ngắn mạch này, thì bội số dòng ngắn mạch:

$$m = 269430/6000 = 45.$$

Thay vào phương trình đặc tính (3) với  $TMS = 0,1$ .

Suy ra thời gian cắt của rôle K là  $t = 0,004 \text{ s}$ .

Đường cong đặc tính của rôle K với dòng khởi động  $I_{kd} = 6000 \text{ A}$  và trị đắt thời gian  $TMS = 0,1$  được vẽ ở H.B.36.2.

Bội số dòng khởi động	Dòng ngắn mạch (kA)	Thời gian cắt (s)
3,58	21,519	0,7
10,0	60,0	0,08
20,0	120,0	0,02
45	269,43	0,004

**Rôle L:** Chọn trị đắt dòng của rôle L là  $100\% I_{dmBI}$ ,  $n_{BI} = 500/1$ .

Do đó dòng khởi động sơ cấp của rôle L là  $I_{kd} = 500 \text{ A}$  (ở cấp điện áp 132kV). Và dòng chỉnh định trên rôle là:  $I_R = 5 \text{ A}$ .

Dòng khởi động của rôle quy về cấp điện áp 3,3 kV là:

$$I_{Ikd3.3} = K_{MBA1} \cdot K_{MBA2} \cdot I_{kd} = 500 \cdot \frac{11}{3.3} \cdot \frac{132}{11} = 20000 \text{ A}$$

- Khi sự cố ngắn mạch trên thanh cáp 132kV tại thanh cáp K:  $S_{NM} = 1540 \text{ MVA}$   
Suy ra dòng ngắn mạch  $I_{NM}$ : (ở cấp điện áp 132kV)  $I_{NM} = 6736 \text{ A}$

Hay dòng ngắn mạch quy về cấp điện áp 3,3kV:  $I_{NM3.3} = 269430$  A  
Thời gian cắt của role K là  $t = 0,004$ s

Do đó phối hợp thời gian giữa role K với role L, thì role L có thời gian cắt:  
 $t \geq 0,004 + \Delta t = 0,004 + 0,4 = 0,404$ s

Chọn role có đặc tính cực dốc có phương trình đặc tính:  $t = \frac{80}{m^2 - 1}$  (4)

Bội số dòng ngắn mạch của role L:  $m = \frac{I_{NM}}{I_{kd3.3}} = \frac{269430}{20000} = 13,47$

Thay  $t \geq 0,404$ s và  $m = 13,47$  vào phương trình đặc tính (4)

Suy ra trị đặt thời gian của role L: TMS = 0,9.

- Khi sự cố ngắn mạch tại thanh cái 132 kV tại thanh cái L:  $S_{NM} = 3500$  MVA, dòng sự cố ngắn mạch ở cấp điện áp 132 kV:

$$I_{NM} = \frac{S_{NM}}{\sqrt{3}U} = \frac{3500 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 132 \cdot 10^3} = 15308$$
 A

Do đó dòng ngắn mạch quy về cấp điện áp 3,3 kV:

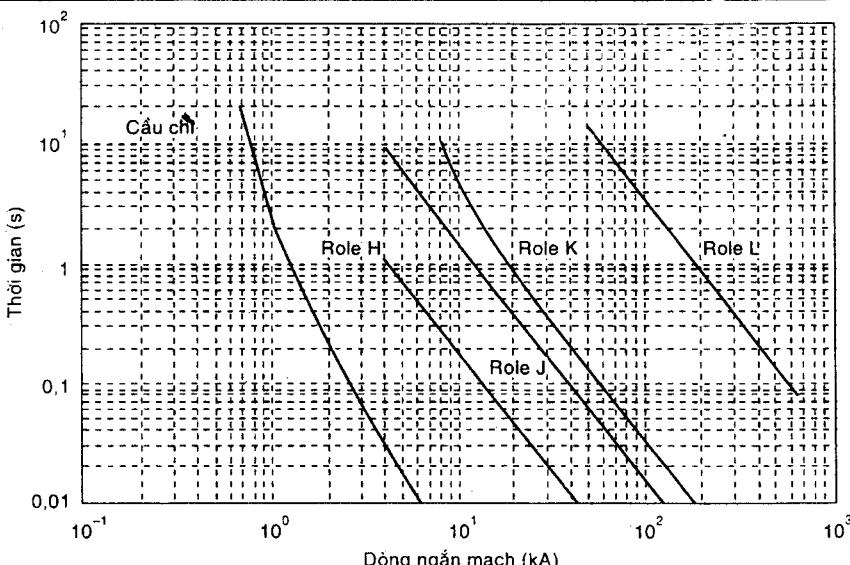
$$I_{NM3.3} = K_{MBA1} \cdot K_{MBA2} \cdot I_{NM} = 15308 \cdot \frac{11}{3,3} \cdot \frac{132}{11} = 612341$$
 A

Tại dòng ngắn mạch này, thì bội số dòng ngắn mạch:  $m = 612341/20000 = 30,6$ . Thay vào phương trình đặc tính (4) với TMS = 0,9; suy ra thời gian cắt của role L là  $t = 0,08$ s.

Đường cong đặc tính của role L với dòng khởi động  $I_{kd} = 20$  kA

Trị đặt thời gian TMS = 0,9 được vẽ ở H.B.36.2

Bội số dòng khởi động	Dòng ngắn mạch (kA)	Thời gian cắt (s)
13,47	269,43	0,404
15	300	0,32
20	400	0,18
30,6	612,3	0,08



Hình B.36.2

**Cách 2:** Chọn theo TMS = 1

**Rơle H:** Chọn trị đặt dòng của rơle H là 100%  $I_{dmBl}$ ,  $n_{Bl} = 250/5$ .

Do đó dòng khởi động sơ cấp của rơle H là  $I_{kd} = 250$  A (ở cấp điện áp 11 kV). Và dòng chỉnh định trên rơle là  $I_R = 5$  A.

Dòng khởi động của rơle ở cấp điện áp 3,3 kV là:

$$I_{Ikd3.3} = K_{MBA} \cdot I_{kd} = 250 \cdot \frac{11}{3,3} = 833 \text{ A}$$

• Khi sự cố ngắn mạch trên thanh cái 3,3 kV:  $S_{NM} = 35,7$  MVA, suy ra dòng ngắn mạch  $I_{NM}$  (ở cấp điện áp 3,3 kV):

$$I_{NM} = \frac{S_{NM}}{\sqrt{3}U} = \frac{35,7 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 3,3 \cdot 10^3} = 6346 \text{ A}$$

Với dòng ngắn mạch này thời gian cắt của cầu chì là  $t = 0,01s$ .

Chọn bậc thời gian chọn lọc là  $\Delta t = 0,4s$ .

Phối hợp thời gian giữa rơle H và cầu chì nên thời gian cắt của rơle H là:

$$t \geq 0,01 + \Delta t = 0,01 + 0,4 = 0,41s$$

Chọn rơle có đặc tính cực dốc có phương trình đặc tính:  $t = \frac{80}{m^2 - 1}$  (1)

Thay bội số dòng ngắn mạch của rơle H:  $m = \frac{I_{NM}}{I_{Ikd3.3}} = \frac{6246}{833} = 7,5$

và TMS = 1 vào phương trình (1) được thời gian cắt  $t = 1,45s$ . trị đặt thời gian được tính theo công thức:  $TMS = \frac{\text{thời gian tác động thực}}{\text{thời gian tác động tại TMS} = 1}$

Suy ra trị đặt thời gian của rơle H TMS = 0,27. Chọn TMS = 0,3.

• Khi sự cố ngắn mạch tại thanh cái 11 kV tại thanh cái H:  $S_{NM} = 98,7$  MVA, dòng sự cố ngắn mạch ở cấp điện áp 11 kV:

$$I_{NM} = \frac{S_{NM}}{\sqrt{3}U} = \frac{98,7 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 11 \cdot 10^3} = 5180 \text{ A}$$

Do đó quy đổi về cấp điện áp 3,3kV dòng ngắn mạch:

$$I_{NM3.3} = K_{MBA} \cdot I_{NM} = 5180 \cdot \frac{11}{3,3} = 17267 \text{ A}$$

Tại dòng ngắn mạch này, thì bội số dòng ngắn mạch:  $m = 17267/833 = 20,7$

Thay vào phương trình đặc tính (1) với TMS = 0,3 suy ra thời gian cắt của rơle H là  $t = 0,06s$ .

**Rơle J:** Chọn trị đặt dòng của rơle J là 100%  $I_{dmBl}$ ,  $n_{Bl} = 500/5$ .

Do đó dòng khởi động sơ cấp của rơle J là  $I_{kd} = 500$  A (ở cấp điện áp 11 kV). Và dòng chỉnh định trên rơle là  $I_R = 5$  A.

Dòng khởi động của rơle quy đổi cấp điện áp 3,3 kV là:

$$I_{Ikd3.3} = K_{MBA} \cdot I_{kd} = 500 \cdot \frac{11}{3,3} = 1667 \text{ A}$$

- Khi sự cố ngắn mạch trên thanh cáp 11 kV tại thanh cáp H:  $S_{NM} = 98,7 \text{ MVA}$

Suy ra dòng ngắn mạch  $I_{NM}$ : (ở cấp điện áp 11kV)  $I_{NM} = 5180 \text{ A}$

Hay dòng ngắn mạch quy về cấp điện áp 3,3kV:  $I_{NM3.3} = 17267 \text{ A}$

Thời gian cắt của role H là  $t = 0,06s$ .

Do đó phối hợp thời gian giữa role H với role J, thì role J có thời gian cắt:  $t \geq 0,06 + \Delta t = 0,06 + 0,4 = 0,46s$

Chọn role có đặc tính cực dốc có phương trình đặc tính:  $t = \frac{80}{m^2 - 1}$  (2)

Thay bội số dòng ngắn mạch của role J:  $m = \frac{I_{NM}}{I_{kd3.3}} = \frac{17267}{1667} = 10,36$

và  $TMS = 1$  vào phương trình (1) được thời gian cắt  $t = 0,75s$ . trị đặt thời gian được tính theo công thức:  $TMS = \frac{\text{thời gian tác động thực}}{\text{thời gian tác động tại TMS} = 1}$

Suy ra trị đặt thời gian của role J:  $TMS = 0,6$ .

• Khi sự cố ngắn mạch tại thanh cáp 11 kV tại thanh cáp J:  $S_{NM} = 123 \text{ MVA}$ , dòng sự cố ngắn mạch ở cấp điện áp 11 kV:

$$I_{NM} = \frac{S_{NM}}{\sqrt{3}U} = \frac{123 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 11 \cdot 10^3} = 6456 \text{ A}$$

Do đó quy đổi dòng ngắn mạch về cấp điện áp 3,3 kV:

$$I_{NM3.3} = K_{MBA} \cdot I_{NM} = 6456 \cdot \frac{11}{3,3} = 21519 \text{ A}$$

Tại dòng ngắn mạch này, thì bội số dòng ngắn mạch:  $m = 21519/1667 = 12,9$ .

Thay vào phương trình đặc tính (2) với  $TMS = 0,6$  suy ra thời gian cắt của role J là  $t = 0,38s$ .

**Role K:** Chọn trị đặt dòng của role K là  $100\% I_{dmBI}$ ,  $n_{BI} = 150/1$ .

Do đó dòng khởi động sơ cấp của role K là  $I_{kd} = 150 \text{ A}$  (ở cấp điện áp 132 kV). Và dòng chỉnh định trên role là  $I_R = 1 \text{ A}$ .

Dòng khởi động của role K quy về cấp điện áp 3,3 kV là:

$$I_{Ikd3.3} = K_{MBA1} \cdot K_{MBA2} \cdot I_{kd} = 150 \cdot \frac{11}{3,3} \cdot \frac{132}{11} = 6000 \text{ A}$$

Khi sự cố ngắn mạch trên thanh cáp 11 kV tại thanh cáp J:  $S_{NM} = 123 \text{ MVA}$

Suy ra dòng ngắn mạch  $I_{NM}$ : (ở cấp điện áp 11 kV)  $I_{NM} = 6456 \text{ A}$

Hay quy đổi dòng ngắn mạch về cấp điện áp 3,3 kV:  $I_{NM3.3} = 21519 \text{ A}$

Thời gian cắt của role J là  $t = 0,3s$ .

Do đó phối hợp thời gian giữa role K với role J, thì role K có thời gian cắt:

$$t \geq 0,3 + \Delta t = 0,3 + 0,4 = 0,7s$$

Chọn rôle có đặc tính cực dốc có phương trình đặc tính:  $t = \frac{80}{m^2 - 1}$  (3)

Thay bội số dòng ngắn mạch của rôle K:  $m = \frac{I_{NM}}{I_{kd3.3}} = \frac{21519}{6000} = 3,58$

và  $TMS = 1$  vào phương trình (1) được thời gian cắt  $t = 6,77s$ . trị đặt thời gian được tính theo công thức:  $TMS = \frac{\text{thời gian tác động thực}}{\text{thời gian tác động tại TMS} = 1}$

Suy ra trị đặt thời gian của rôle K:  $TMS = 0,1$ .

- Khi sự cố ngắn mạch tại thanh cái 11kV tại thanh cái K:  $S_{NM} = 1540$  MVA
- Dòng sự cố ngắn mạch ở cấp điện áp 132 kV:

$$I_{NM} = \frac{S_{NM}}{\sqrt{3}U} = \frac{1540 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 132 \cdot 10^3} = 6736 \text{ A}$$

Do đó quy đổi dòng ngắn mạch về cấp điện áp 3,3kV:

$$I_{NM3.3} = K_{MBA1} \cdot K_{MBA2} \cdot I_{NM} = 6736 \cdot \frac{11}{3.3} \cdot \frac{132}{11} = 269430 \text{ A}$$

Tại dòng ngắn mạch này, thì bội số dòng ngắn mạch:  $m = 269430/6000 = 45$

Thay vào phương trình đặc tính (3) với  $TMS = 0,1$ . Suy ra thời gian cắt của rôle K là:  $t = 0,004s$ .

**Rôle L:** Chọn trị đặt dòng của rôle L là 100%  $I_{dimBI}$ ,  $n_{BI} = 500/1$ .

Do đó dòng khởi động sơ cấp của rôle L là  $I_{kd} = 500$  A (ở cấp điện áp 132 kV). Và dòng chỉnh định trên rôle là  $I_R = 5$  A.

Dòng khởi động của rôle quy về cấp điện áp 3,3 kV là:

$$I_{Ikd3.3} = K_{MBA1} \cdot K_{MBA2} \cdot I_{kd} = 500 \cdot \frac{11}{3.3} \cdot \frac{132}{11} = 20000 \text{ A}$$

- Khi sự cố ngắn mạch trên thanh cái 132kV tại thanh cái K:  $S_{NM} = 1540$ MVA

Suy ra dòng ngắn mạch  $I_{NM}$ : (ở cấp điện áp 132 kV)  $I_{NM} = 6736$ A

Hay dòng ngắn mạch ở cấp điện áp 3,3 kV:  $I_{NM3.3} = 269430$ A

Thời gian cắt của rôle K là  $t = 0,004s$

Do đó phối hợp thời gian giữa rôle K với rôle L, thì rôle L có thời gian cắt là:  $t \geq 0,004 + \Delta t = 0,004 + 0,4 = 0,404s$

Chọn rôle có đặc tính cực dốc có phương trình đặc tính:  $t = \frac{80}{m^2 - 1}$  (4)

Thay bội số dòng ngắn mạch của rôle L:  $m = \frac{I_{NM}}{I_{kd3.3}} = \frac{269430}{20000} = 13,47$

và  $TMS = 1$  vào phương trình (1) được thời gian cắt  $t = 0,44s$ . trị đặt thời gian được tính theo công thức:  $TMS = \frac{\text{thời gian tác động thực}}{\text{thời gian tác động tại TMS} = 1}$

Suy ra trị đặt thời gian của rôle L:  $TMS = 0,9$ .

- Khi sự cố ngắn mạch tại thanh cái 132 kV tại thanh cái L:  $S_{NM} = 3500 \text{ MVA}$ , dòng sự cố ngắn mạch ở cấp điện áp 132 kV:

$$I_{NM} = \frac{S_{NM}}{\sqrt{3}U} = \frac{3500 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 132 \cdot 10^3} = 15308 \text{ A}$$

Do đó dòng ngắn mạch quy về cấp điện áp 3,3kV:

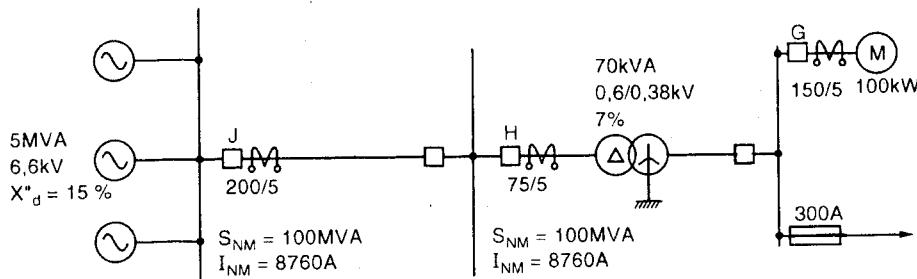
$$I_{NM3.3} = K_{MBA1} \cdot K_{MBA2} \cdot I_{NM} = 15308 \cdot \frac{11}{3.3} \cdot \frac{132}{11} = 612341 \text{ A}$$

Tại dòng ngắn mạch này, thì bội số dòng ngắn mạch:  $m = 612341/20000 = 30,6$

Thay vào phương trình đặc tính (4) với TMS = 0,9. Suy ra thời gian cắt của role L là:  $t = 0,08s$ .

Đường cong phối hợp giữa các role được vẽ trên H.B.36.2

37. Cho sơ đồ hệ thống và các số liệu như H.B.37.1:



Hình B.37.1

• *Máy phát:* 5 MVA; 6,6 kV;  $x_d = 15\%$ ; được bảo vệ bằng role quá dòng thời gian dốc chuẩn (role K).

- Phát tuyến 6,6 kV:* role quá dòng (role J) có đặc tính dốc chuẩn.
- Máy biến áp:* 750 kVA; 6,6/0,380 kV; 7%; được bảo vệ bằng role quá dòng có đặc tính rất dốc và phần tử quá dòng cắt nhanh (role H).
- Động cơ công nghiệp:* được bảo vệ bằng role nhiệt độ và phần tử quá dòng tác động nhanh để bảo vệ ngắn mạch.

- Cầu chì 300A:* đặc tính làm việc của cầu chì 300A cho ở bảng sau:

Dòng điện làm việc (A)		Thời gian đứt chì (s)
380V	6,6kV	
795	50	40
955	60	13
1160	70	6
1270	80	3
1590	100	0,9
2700	170	0,1

**Giải.** Chọn cấp điện áp cơ bản là 6,6 kV.

**Động cơ:** Công suất của động cơ: 100 kW; điện áp định mức: 380V

Dòng điện định mức: 140A; dòng điện mở máy của động cơ: 840A

Thời gian mở máy: 10s

Chọn dòng khởi động của role G:  $I_{kd} = 150$  A.

Role G bảo vệ động cơ có đặc tính được thể hiện trong bảng:

Dòng điện (A)		Thời gian hoạt động(s)	
380V	6,6kV	Lạnh	Nóng
1,25.150 = 184	10,59	1400	550
1,5.150 = 225	12,95	700	240
2.150 = 300	17,27	300	100
3.150 = 450	25,90	105	35
4.150 = 600	34,55	55	18
5.150 = 750	43,18	33	11
6.150 = 900	51,82	23	7,5

Dòng khởi động cắt nhanh của role G ở cấp điện áp 380V:

$$I_{CN} = K_{at} \cdot I_{mm} = 1,3.840 = 1092 \text{ A}$$

trong đó chọn hệ số an toàn  $K_{at} = 1,3$ . Do đó dòng điện bảo vệ cắt nhanh ở cấp điện áp 6,6kV là  $I_{CN6,6} = 62,87$  A. Đặc tuyến được vẽ ở H.B.37.2.

**Máy biến áp 750 kVA:** Máy biến áp 750 kVA; 6,6/0,380 kV; 7%; được bảo vệ bằng role quá dòng có đặc tính rất dốc và phần tử quá dòng cắt nhanh (role H).

Chọn trị đặt dòng của role H là  $100\% I_{dm BI}$ ,  $n_{BI} = 75/5$  nên dòng điện khởi động sơ cấp của role H là  $I_{kd} = 75$  A ở cấp điện áp 6,6 kV.

Sự cố lớn nhất trên thanh cái cấp 380 V:  $I_{NM} = 876$  A (ở cấp điện áp 6,6 kV). Hay:  $I_{mm} = 15214,7$  A (ở cấp điện áp 380 V).

Do đó bội số dòng ngắn mạch của role H là  $m = 876/75 = 11,68$ . Role H phải phối hợp thời gian với cầu chì và role G. Với dòng ngắn mạch 13950 A thời gian cắt của cầu chì là 0,01s và thời gian cắt của role G là 0,02s.

(chọn thời gian cắt nhanh của role G = thời gian cắt của máy cắt + thời gian sai số của bảo vệ = 0,02s)

Do đó thời gian cắt của role H (chọn bậc thời gian  $\Delta t = 0,3$  s).

$$t \geq 0,02 + \Delta t = 0,02 + 0,3 = 0,32 \text{ s}$$

Role quá dòng H có đặc tính rất dốc VIT:  $t = \frac{13,5}{m-1} \text{ TMS}$

với bội số dòng  $m = 11,68$  và TMS = 1 thời gian cắt  $t = 1,26$  s. Trị đặt thời gian được tính theo công thức:  $TMS = \frac{\text{thời gian tác động thực}}{\text{thời gian tác động tại TMS} = 1}$

Suy ra trị đặt thời gian của role H:  $TMS = 0,25$

Đường cong đặc tính của role H với dòng khởi động  $I_{kd} = 75$  A và trị đặt thời gian TMS = 0,25 được vẽ ở H.B.37.2.

Bội số dòng khởi động	Dòng ngắn mạch (A)	Thời gian cắt (s)
5	375	0,85
11,68	876	0,32
13	975	0,28
15,2	1140	0,24

Dòng ngắn mạch lớn nhất tại thanh cái 415 V ở cấp điện áp 6,6 kV:

$$I_{NM} = 876 \text{ A.}$$

Dòng khởi động cắt nhanh của rôle H được chọn:

$$I_{CN} = K_{at} \cdot I_{mm} = 1,3 \cdot 876 = 1140 \text{ A}$$

Đường cong đặc tính của rôle H được vẽ ở H.B.87.2.

**Phát tuyến 6,6 kV:** Rôle quá dòng J có đặc tính dốc chuẩn.

Chọn trị đặt dòng của rôle J  $100\% I_{dm BI}$ ,  $n_{BI} = 200/5$ . Do đó dòng khởi động sơ cấp của rôle J ở cấp điện áp 6,6 kV là  $I_{kd} = 200 \text{ A}$ . Mức dòng sự cố lớn nhất cần phân biệt là  $I = 1140 \text{ A}$  ở cấp điện áp 6,6 kV.

Tại dòng ngắn mạch này thời gian cắt của rôle H là  $t = 0,24 \text{ s}$ , vì vậy thời gian cắt của rôle J được chọn:  $t \geq 0,24 + \Delta t = 0,24 + 0,3 = 0,54 \text{ s}$

Tại sự cố dòng ngắn mạch này, bội số dòng ngắn mạch của rôle J:

$$m = 1140/200 = 5,7$$

$$\text{Rôle J có đặc tính dốc chuẩn: } t = \frac{0,14}{m^{0,02} - 1} \cdot \text{TMS}$$

với  $\text{TMS} = 1$ , thời gian cắt  $t = 3,95 \text{ s}$ . Trị đặt thời gian được chọn theo công thức:  $\text{TMS} = \frac{\text{thời gian tác động thực}}{\text{thời gian tác động tại TMS} = 1}$

Suy ra trị đặt thời gian của rôle J:  $\text{TMS} = 0,13$ . Chọn  $\text{TMS} = 0,15$

Đường cong đặc tính của rôle J với dòng khởi động  $I_{kd} = 200 \text{ A}$  và trị đặt thời gian  $\text{TMS} = 0,15$

Bội số dòng khởi động	Dòng ngắn mạch (A)	Thời gian cắt (s)
3	600	0,94
4	800	0,75
5,7	1140	0,59
7	1400	0,53

Đường cong đặc tính của rôle J được vẽ ở H.B.37.2.

**Máy phát 5 MVA:** 6,6 kV;  $x'_d = 15\%$ ; được bảo vệ bằng rôle quá dòng thời gian dốc chuẩn (rôle K), có kiểm tra điện áp.

Rôle CDV62: rôle này có 3 cực để kiểm tra điện áp, nhận ra khi điện áp bị mất nó làm việc với đặc tính kép. Nó thay đổi trị số đặc ban đầu khi điện áp bị giảm thấp, khi đó giá trị đặt của rôle còn khoảng 40% giá trị đặt ban đầu. Chọn trị đặt dòng của rôle K là  $100\% I_{dm BI}$ ,  $n_{BI} = 500/5$ .

Do đó dòng khởi động sơ cấp của rôle K là:  $I_{kd} = 500 \text{ A}$  (ở cấp điện áp 6,6 kV). Khi sự cố ngắn mạch xảy ra điện áp giảm thấp do đó dòng khởi động của rôle K:  $I'_{kd} = 0,4 \cdot 500 = 200 \text{ A}$ , trị số này cần phân biệt với rôle J.

Khi sự cố ngắn mạch có dòng ngắn mạch  $I_{NM} = 8760 \text{ A}$  ở điện áp 6,6 kV. Bội số dòng ngắn mạch của rôle J là  $m = 8760/200 = 43,8$ . Rôle K có đặc tính dốc chuẩn:

$$t = \frac{0,14}{m^{0,02} - 1} \cdot \text{TMS}$$

với:  $m = 15$  và  $\text{TMS} = 1$ , thời gian cắt  $t = 2,5 \text{ s}$ .

Với dòng ngắn mạch 8760 A thì thời gian cắt của role J là  $t = 0,28s$

Do đó thời gian cắt của role K được chọn:  $t \geq 0,28 + \Delta t = 0,28 + 0,3 = 0,58s$

Trị đặt thời gian được chọn theo công thức:  $TMS = \frac{\text{thời gian tác động thực}}{\text{thời gian tác động tại TMS} = 1}$

Suy ra trị đặt thời gian của role K:  $TMS = 0,23$ . Chọn  $TMS = 0,3$

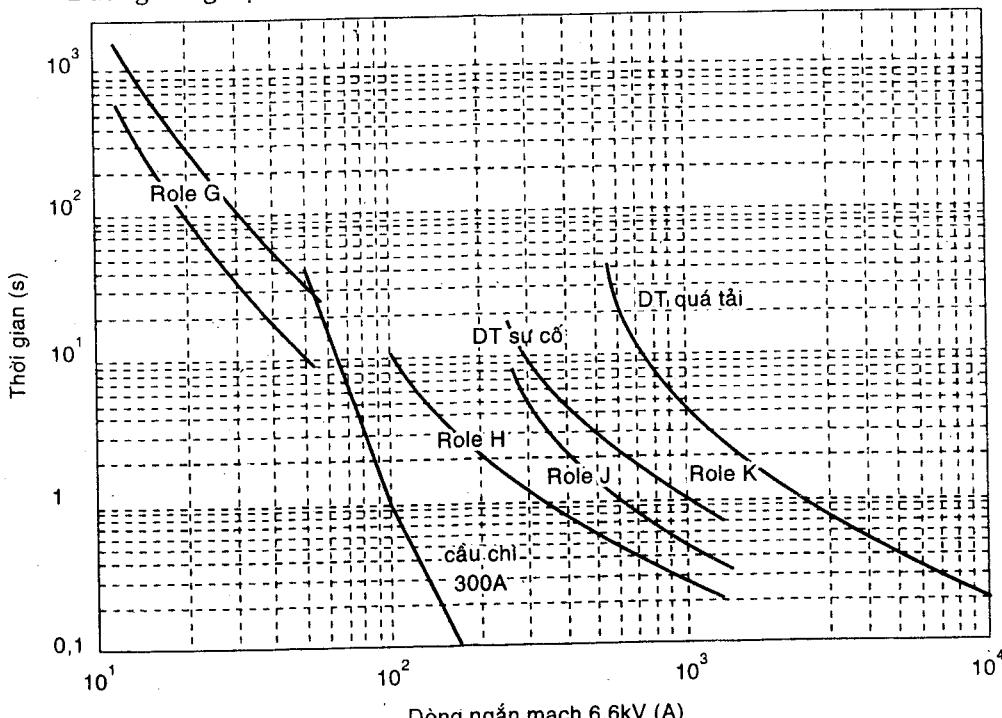
Đường cong đặc tính sự cố của role K với  $I_{kd} = 200 A$ ,  $TMS = 0,3$ :

Bội số dòng khởi động	Dòng ngắn mạch (A)	Thời gian cắt (s)
3	600	1,9
5	1000	1,28
10	2000	0,89
15	3000	0,75

Đường cong đặc tính quá tải của role K với  $I_{kd} = 500 A$ ,  $TMS = 0,3$

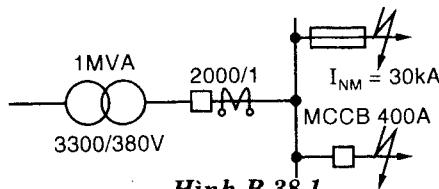
Bội số dòng khởi động	Dòng ngắn mạch (A)	Thời gian cắt (s)
2	1000	4,05
3	1500	2,03
5	2500	1,01
10	5000	0,45
20	10000	0,213

Đường cong đặc tính của các role được phối hợp như trong H.B.37.2:



**Hình B.37.2**

38. Cho một phần mạch hạ thế (H.B.38.1) trong một mạng điện công nghiệp và mạng điện phân phối các phụ tải từ thanh gốp 380 V được bảo vệ bằng cầu chì 400 A hay MCCB 400 A.



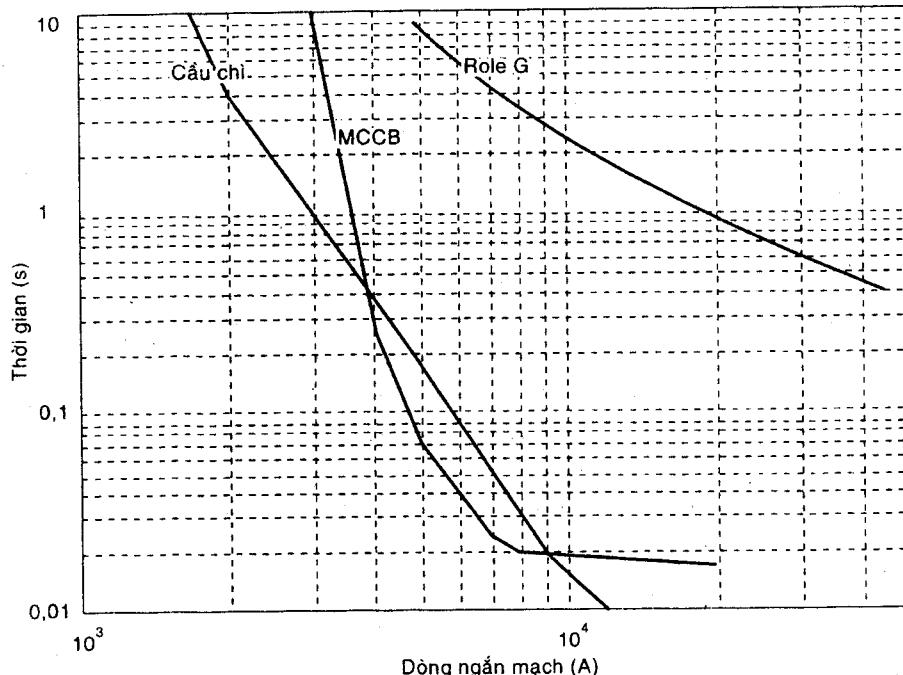
Hình B.38.1

Máy biến áp: 1 MVA/3300/380 V cấp điện cho một mạch thông qua máy cắt hạ thế được điều khiển bởi 1 rơle quá dòng G qua máy biến dòng 2000/1 A

Dòng ngắn mạch sau cầu chì hay MCCB là 30 kA.

Tính toán chọn rơle G. Đường đặc tính của cầu chì và rơle MCCB 400 A được vẽ trong H.B.38.2.

**Giải.** Tính toán chọn rơle G sao cho rơle G phải phối hợp chọn lọc với cầu chì 400 A và rơle MCCB 400 A.



Hình B.38.2

$$\text{Dòng đầy tải của máy biến áp: } I_{lv\max} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{1 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 380} = 1519 \text{ A}$$

Dòng điện đặt của rơle được chọn sao cho không nhỏ hơn dòng đầy tải và phải đủ dư để cho phép rơle hoạt động với dòng đầy tải.

Chọn trị đặt dòng của rơle  $100\% I_{dm BI}$ ,  $n_{BI} = 2000/1$ . Do đó dòng khởi động sơ cấp của rơle ở cấp điện áp 380 V là  $I_{kd} = 2000 \text{ A}$ .

$$\text{Dòng chỉnh định trên rơle G: } I_R = \frac{I_{kd}}{n_{BI}} = \frac{2000}{2000/1} = 1 \text{ A}$$

Khi dòng ngắn mạch  $I_{NM} = 30$  kA, dựa vào đặc tính của cầu chì 400 A và rôle MCCB 400 A, thì thời gian cắt của cầu chì là  $t < 0,01$ s. Và thời gian cắt của rôle MCCB là  $t = 0,016$ s. Do đó rôle G phải phối hợp với rôle MCCB 400 A. Chọn bậc thời gian chọn lọc  $\Delta t = 0,5$ s.

Phối hợp thời gian giữa rôle G và rôle MCCB 400 A, thời gian cắt của rôle G được chọn:  $t \geq 0,016 + 0,5 = 0,516$ s.

Khi dòng ngắn mạch 30000 A, bội số dòng ngắn mạch của rôle G:

$$m = \frac{30000}{2000} = 15$$

1. Chọn rôle G có độ dốc chuẩn SIT:  $t = \frac{0,14}{m^{0,02} - 1} TMS$  (1)

Với trị đặt thời gian TMS = 1 và bội số dòng ngắn mạch  $m = 15$  thay vào (1) được thời gian cắt  $t = 2,52$ s. Trị đặt thời gian của rôle G được tính theo công thức:  $TMS = \frac{\text{thời gian tác động thực}}{\text{thời gian tác động tại TMS} = 1}$

Do đó trị đặt thời gian của rôle G:  $TMS = 0,516 / 2,52 = 0,2$ . Khi dòng ngắn mạch  $I_{NM} = 4000A$ , thì bội số dòng ngắn mạch:  $m = 4000/2000 = 2$  với:  $m = 2$ ;  $TMS = 0,2$  thay vào (1) được thời gian cắt của rôle G là  $t = 2$ s.

Trong khi đó thời gian cắt của rôle MCCB 400A là 10s.

Do đó tính chọn lọc không thoả mãn. Chọn lại rôle có đặc tính khác.

2. Chọn rôle G có đặc tính rất dốc VIT:  $t = \frac{13,5}{m-1} TMS$  (2)

Với trị đặt thời gian TMS = 1 và bội số dòng ngắn mạch  $m = 15$  thay vào phương trình (2) được thời gian cắt  $t = 0,96$ s. Trị đặt thời gian của rôle G được tính theo công thức:  $TMS = \frac{\text{thời gian tác động thực}}{\text{thời gian tác động tại TMS} = 1}$

Do đó trị đặt thời gian của rôle G:  $TMS = 0,516 / 0,96 = 0,54$ . Khi dòng ngắn mạch  $I_{NM} = 4000 A$ , thì bội số dòng ngắn mạch  $m = 4000/2000 = 2$ . Với  $m = 2$ ,  $TMS = 0,54$  thay vào phương trình (2) được thời gian cắt của rôle G là  $t = 7,02$ s. Trong khi đó thời gian cắt của rôle MCCB 400A là 10s.

Do đó tính chọn lọc không thoả mãn. Chọn lại rôle có đặc tính khác.

3. Chọn rôle G có đặc tính cực dốc EIT:  $t = \frac{80}{m^2 - 1} TMS$  (3)

Với trị đặt thời gian TMS = 1 và bội số dòng ngắn mạch  $m = 15$  thay vào (3) được thời gian cắt  $t = 0,357$ s  $< 0,516$ s. Thời gian này quá nhanh không thể đảm bảo sai số chọn lọc, như thế rôle G có đặc tính cực dốc không được chọn trong trường hợp này. Vì vậy đường đặc tính của rôle cần được di chuyển ra xa đường đặc tính của rôle MCCB bằng cách chọn lại trị đặt dòng.

Chọn trị đặt dòng của rôle 150%  $I_{dmbI}$ , tỉ số biến dòng  $n_{BI} = 2000/1$ , do đó dòng khởi động sơ cấp của rôle G ở cấp điện áp 380V là  $I_{kd} = 3000 A$ .

Do đó dòng chỉnh định trên rôle G:  $I_R = \frac{I_{kd}}{n_{BI}} = \frac{3000}{2000/1} = 1,5 \text{ A}$

khi dòng ngắn mạch 30000 A, bội số dòng ngắn mạch của rôle G:  $m = \frac{30000}{3000} = 10$

1'. Chọn rôle G có độ dốc chuẩn SIT:  $t = \frac{0,14}{m^{0,02} - 1} \text{ TMS}$  (1)

Với trị đặt thời gian TMS = 1 và bội số dòng ngắn mạch m = 10 thay vào phương trình (1) được thời gian cắt t = 2,97s. Trị đặt thời gian của rôle G được tính theo công thức:  $TMS = \frac{\text{thời gian tác động thực}}{\text{thời gian tác động tại TMS} = 1}$

Do đó trị đặt thời gian của rôle G: TMS = 0,516/ 2,97 = 0,17. Chọn TMS = 0,2. Khi dòng ngắn mạch  $I_{NM} = 4000 \text{ A}$ , thì bội số dòng ngắn mạch m = 4000/3000 = 1,33.

Với m = 1,33, TMS = 0,2 thay vào (1) được thời gian cắt của rôle G là t = 4,85s.

Trong khi đó thời gian cắt của rôle MMCB 400 A là 10s.

Do đó tính chọn lọc không thoả mãn. Chọn lại rôle có đặc tính khác.

2'. Chọn rôle G có đặc tính rất dốc VIT:  $t = \frac{13,5}{m - 1} \text{ TMS}$  (2)

Với trị đặt thời gian TMS = 1 và bội số dòng ngắn mạch m = 10 thay vào (2) được thời gian cắt t = 1,5s. Trị đặt thời gian của rôle G được tính theo công thức:  $TMS = \frac{\text{thời gian tác động thực}}{\text{thời gian tác động tại TMS} = 1}$

Do đó trị đặt thời gian của rôle G: TMS = 0,516/ 1,5 = 0,344. Chọn TMS = 0,4. Khi dòng ngắn mạch  $I_{NM} = 4000 \text{ A}$ , thì bội số dòng ngắn mạch m = 4000/3000 = 1,33.

Với m = 1,33; TMS = 0,4 thay vào phương trình (2) được thời gian cắt của rôle G là t = 16,2s.

Trong khi đó thời gian cắt của rôle MMCB 400 A là 10s.

Do đó tính chọn lọc được thoả mãn. Vì vậy rôle G có đặc tính rất dốc VIT với trị dòng khởi động  $I_{kd} = 3000 \text{ A}$  được chọn.

Tính toán tương tự đường cong đặc tính của rôle G được bảng sau:

Bội số dòng ngắn mạch	Dòng ngắn mạch (A)	Thời gian tác động (s)
1,6	4800	9,0
1,8	5400	6,75
2,0	6000	5,4
3,0	9000	2,7
5,0	15000	1,35
10,0	30000	0,6
15,0	45000	0,39

Đường cong phối hợp giữa các rôle và cầu chì được vẽ ở H.B.38.2.

39. Cho hệ thống cung cấp như H.B.39.1; mỗi máy biến áp có các thông số như sau: 1,5 MVA; 3,3/0,380 kV; 5,5%.

Yêu cầu phối hợp các rơle trên các thanh cái với các cầu chì tải, các cầu chì này có dòng điện định mức là 350 A; 1000 A. Để giới hạn độ dốc của rơle và cầu chì chọn bậc thời gian  $\Delta t = 0,4t + 0,15(s)$ .

với t - thời gian hoạt động của cầu chì bù qua thời gian tác động của máy cắt. Đặc tính của cầu chì 350 A, 1000 A được cho ở bảng sau:

**Đặc tính của cầu chì 350 A:**

Thời gian hoạt động(s)	20	1,1	0,17	0,025	0,01
Dòng hoạt động(A)	1500	3000	5000	8000	10000

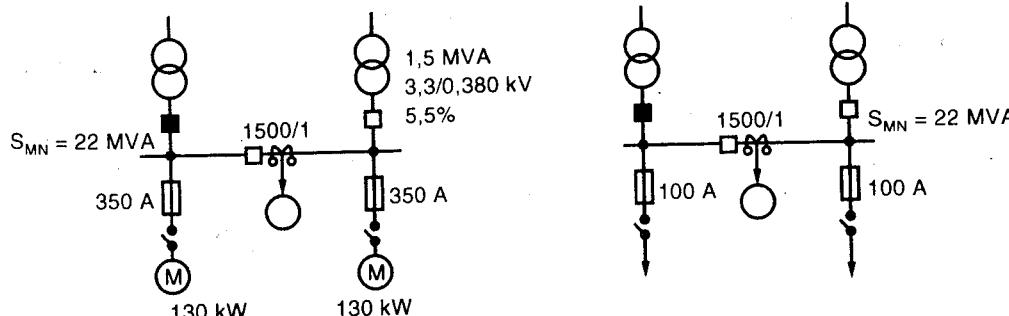
**Đặc tính của cầu chì 1000A:**

Thời gian hoạt động(s)	100	17	4,7	0,9	0,15	0,01
Dòng hoạt động(A)	3000	4000	5000	7000	10000	12000

**Giải. 1- Phối hợp giữa cầu chì 350A và rơle G:**

Việc tính toán chọn rơle G sao cho rơle này phải phối hợp chọn lọc với cầu chì 350 A. Dòng điện đặt của rơle được chọn sao cho không nhỏ hơn dòng đầy tải và đủ dư để rơle hoạt động với dòng đầy tải. Chọn trị đặt dòng của rơle G là 100%  $I_{\text{đmBL}}$ , tỉ số máy biến dòng  $n_{\text{BL}} = 1500/5$ , do đó dòng khởi động sơ cấp của rơle G ở cấp điện áp 380V là:  $I_{\text{kd}} = 1500 \text{ A}$ , dòng chỉnh định trên rơle G:

$$I_R = \frac{I_{\text{kd}}}{n_{\text{BL}}} = \frac{1500}{1500/5} = 5 \text{ A}$$



**Hình B.39.1**

Mức sự cố tại mạng hạ thế do nguồn cung cấp là:  $S_{\text{NM}} = 22 \text{ MVA}$

Do đó dòng ngắn mạch ở cấp điện áp 380 V:

$$I_{\text{NM}} = \frac{S_{\text{NM}}}{\sqrt{3}U} = \frac{22 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 380} = 33426 \text{ A}$$

Dựa vào đặc tính T-C của cầu chì 350 A, với dòng ngắn mạch  $I_{\text{NM}} = 33426 \text{ A}$  thì thời gian cắt của cầu chì 350 A là  $t < 0,01 \text{ s}$ . Do đó bậc thời gian được chọn:  $\Delta t = 0,4t + 0,15 = 0,4 \cdot 0,01 + 0,15 = 0,154 \text{ s}$ .

Phối hợp thời gian giữa cầu chì và role thì thời gian cắt của role được chọn:  $t \geq 0,01 + \Delta t = 0,01 + 0,154 = 0,164s$ .

$$\text{Chọn role G có đặc tính rất dốc VIT: } t = \frac{13,5}{m-1} \text{ TMS} \quad (1)$$

Với dòng ngắn mạch  $I_{NM} = 33426 A$  thì bội số dòng ngắn mạch:

$$m = \frac{I_{NM}}{I_{kd}} = \frac{33426}{1500} = 22,284$$

Thay bội số dòng ngắn mạch  $m = 22,284$  và TMS = 1 vào phương trình (1) thì thời gian cắt của role là  $t = 0,634s$ . Trị đặt thời gian của role G được tính theo công thức:  $TMS = \frac{\text{thời gian tác động thực}}{\text{thời gian tác động tại TMS} = 1}$

Do đó trị đặt thời gian của role G là: TMS = 0,258. Chọn: TMS = 0,3.

Khi ngắn mạch với  $I_{NM} = 3000 A$ , thì bội số dòng ngắn mạch  $m = 3000/1500 = 2$ . Thay vào phương trình (1) với TMS = 0,3 và  $m = 2$  thì thời gian cắt của role G là  $t = 4,05s$ , trong khi đó với dòng ngắn mạch này thì thời gian cắt của cầu chì là  $t = 1,1s < 4,05s$ .

Do đó tính chọn lọc được thỏa mãn. Do đó role G được chọn có đặc tính rất dốc với TMS = 0,3 và dòng khởi động  $I_{NM} = 1500 A$ .

Tính toán tương tự, đường cong đặc tính của role G được vẽ trên H.B.39.2.

Bội số dòng ngắn mạch	Dòng ngắn mạch (A)	Thời gian tác động (s)
2	3000	4,05
3	4500	2,025
5	7500	1,0125
10	15000	0,45
22,284	33426	0,19

**2- Phối hợp giữa cầu chì 1000A và role H:** Việc tính toán chọn role H cũng giống như role G. Role này phải phối hợp chọn lọc với cầu chì 1000A. Dòng điện đặt của role được chọn sao cho không nhỏ hơn dòng đầy tải và đủ dư để role hoạt động với dòng đầy tải.

Chọn trị đặt dòng của role H là 100%  $I_{dm BI}$ , tỷ số máy biến dòng  $n_{BI} = 1500/5$ . Do đó dòng khởi động sơ cấp của role H ở cấp điện áp 380V là:

$$I_{kd} = 1500A, \text{ dòng chỉnh định trên role H: } I_R = \frac{I_{kd}}{n_{BI}} = \frac{1500}{1500/5} = 5 A$$

Mức sự cố do nguồn cung cấp là:  $S_{NM} = 22 MVA$ , do đó dòng ngắn mạch ở cấp điện áp 380 V:  $I_{NM} = \frac{S_{NM}}{\sqrt{3}U} = \frac{22.10^6}{\sqrt{3}.380} = 33426 A$

Dựa vào đặc tính T-C của cầu chì 1000 A, với dòng ngắn mạch

$I_{NM} = 33426$  A thì thời gian cắt của cầu chì  $350$  A là  $t < 0.01$  s. Do đó bậc thời gian được chọn:  $\Delta t = 0,4t + 0,15 = 0,4 \cdot 0,01 + 0,15 = 0,154$  s.

Phối hợp thời gian giữa cầu chì và role thì thời gian cắt của role được chọn:  $t \geq 0,01 + \Delta t = 0,01 + 0,154 = 0,164$  s

$$\text{Chọn role H có đặc tính rất dốc VIT: } t = \frac{13,5}{m-1} \text{ TMS} \quad (1)$$

Với dòng ngắn mạch  $I_{NM} = 33426$  A thì bội số dòng ngắn mạch:

$$m = \frac{I_{NM}}{I_{kd}} = \frac{33426}{1500} = 22,284$$

Thay bội số dòng ngắn mạch  $m = 22,284$  và  $\text{TMS} = 1$  vào (2) thì thời gian cắt của role là  $t = 0,634$  s. Trị đặt thời gian của role H được tính theo công thức:  $TMS = \frac{\text{thời gian tác động thực}}{\text{thời gian tác động tại TMS} = 1}$

Do đó trị đặt thời gian của role H là:  $\text{TMS} = 0,258$ . Chọn  $\text{TMS} = 0,3$ .

Khi ngắn mạch với  $I_{NM} = 4000$  A, thì bội số dòng ngắn mạch  $m = 4000/1500 = 2,67$ . Thay vào phương trình (2) với  $\text{TMS} = 0,3$  và  $m = 2,67$  vào (1) được thời gian cắt của role H là  $t = 8,1$  s.

Trong khi đó với dòng ngắn mạch này thì thời gian cắt của cầu chì  $1000$  A là  $t = 17$  s  $> 8,1$  s. Do đó tính chọn lọc không thoả mãn.

$$\text{Chọn role H có đặc tính cực dốc EIT: } t = \frac{80}{m^2 - 1} \text{ TMS} \quad (2)$$

với dòng ngắn mạch  $I_{NM} = 33426$  A thì bội số dòng ngắn mạch:

$$m = \frac{I_{NM}}{I_{kd}} = \frac{33426}{1500} = 22,284$$

Thay bội số dòng ngắn mạch  $m = 22,284$  và  $\text{TMS} = 1$  vào (2) thì thời gian cắt của role là  $t = 0,161$ . Trị đặt thời gian của role H được tính theo công thức:  $TMS = \frac{\text{thời gian tác động thực}}{\text{thời gian tác động tại TMS} = 1}$

Do đó trị đặt thời gian của role H là:  $\text{TMS} = 1$ .

Khi ngắn mạch với  $I_{NM} = 4000$  A, thì bội số dòng ngắn mạch  $m = 4000/1500 = 2,67$ . Thay vào phương trình (2) với  $\text{TMS} = 1$  và  $m = 2,67$  vào (2) được thời gian cắt của role H là  $t = 13,1$  s.

Trong khi đó với dòng ngắn mạch này thì thời gian cắt của cầu chì  $1000$  A là  $t = 17 > 13,1$  s. Do đó tính chọn lọc không thoả mãn.

Do đó cần di chuyển đường đặc tính ra xa hơn với đặc tính cầu chì  $1000$  A, bằng cách chọn lại trị đặt dòng.

Chọn trị đặt dòng  $200\% I_{dmBI}$ , tỷ số máy biến dòng  $n_{BI} = 1500/5$ , do đó dòng khởi động sơ cấp của role H ở cấp điện áp  $380$  V là:  $I_{kd} = 3000$  A, dòng chỉnh định trên role H:  $I_R = \frac{I_{kd}}{n_{BI}} = \frac{3000}{1500/5} = 10$  A

với dòng ngắn mạch  $I_{NM} = 33426$  A thì bội số dòng ngắn mạch:

$$m = \frac{I_{NM}}{I_{kd}} = \frac{33426}{3000} = 11,142$$

Chọn role H có đặc tính cực dốc EIT:  $t = \frac{80}{m^2 - 1} TMS$  (3)

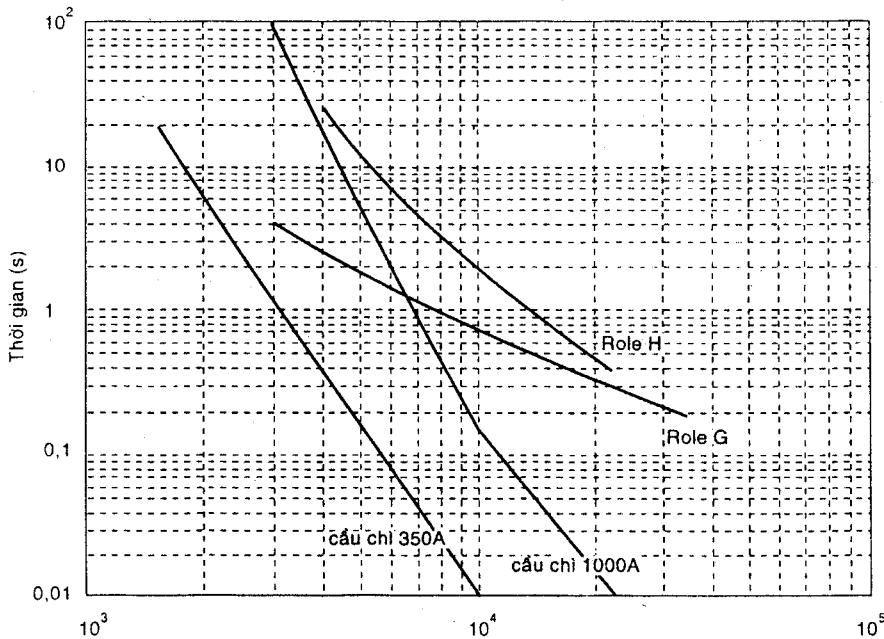
Thay bội số dòng ngắn mạch  $m = 11,142$  và  $TMS = 1$  vào (3) thì thời gian cắt của role là  $t = 0,65$ s. Trị đặt thời gian của role H được tính theo công thức:  $TMS = \frac{\text{thời gian tác động thực}}{\text{thời gian tác động tại TMS} = 1}$

Do đó trị đặt thời gian của role H là:  $TMS = 0,25$ .

Khi ngắn mạch với  $I_{NM} = 4000$  A, thì bội số dòng ngắn mạch  $m = 4000/3000 = 1,33$ . Thay vào (2) với  $TMS = 0,5$  và  $m = 1,33$  thì thời gian cắt của role H là  $t = 26,01$  trong đó với dòng ngắn mạch này thì thời gian cắt của cầu chì 1000 A là  $t = 17$ s  $< 26,01$ s. Do đó tính chọn lọc được thỏa mãn.

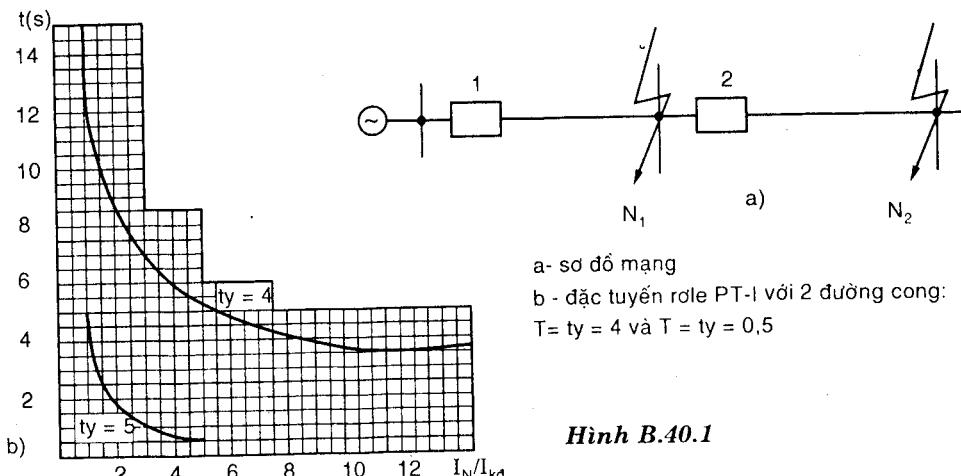
*Kết luận:* Role H được chọn có đặc tính cực dốc EIT với  $TMS = 0,5$  và dòng khởi động là  $I_{NM} = 3000$  A. Tính toán tương tự đường cong đặc tính của role H được vẽ ở H.B.39.2.

Bội số dòng ngắn mạch	Dòng ngắn mạch (A)	Thời gian hoạt động (s)
1,33	4000	26,01
1,67	5000	11,18
2,33	7000	4,52
3,33	10000	1,98
7,33	22000	0,38



**Hình B.39.2**

40. Trong sơ đồ (H.B.40.1a) tại MC 2 đặt bảo vệ dòng cực đại có đặc tính thời gian phụ thuộc (H.B.40.1b). Dòng khởi động là 180 A, trị đặt thời gian  $t_y = 2$  s



a- sơ đồ mạng

b - đặc tuyến rơle PT-I với 2 đường cong:  
 $T = t_y = 4$  và  $T = t_y = 0,5$

Hình B.40.1

1. Chọn trị đặt thời gian của bảo vệ dòng cực đại tại vị trí 1; biết dòng khởi động tại 1 là 300A;  $I_{N1\max} = 600$  A.

2. Bảo vệ còn chọn lọc không nếu dòng NM tại  $N_1$  lớn gấp 2 lần? Trong trường hợp này có cần thay đổi trị đặt thời gian tại bảo vệ 1?

3. Chọn trị đặt thời gian của 1 là bao nhiêu để bắt kịp dòng NM nào cũng chọn lọc.

4. Bảo vệ 1 có tác động dự trữ không với thời gian bao nhiêu nếu NM tại  $N_2$   $I_{N2} = 360$  A.

**Giải.** 1. Xác định thời gian tác động của bảo vệ 2 khi NM tại  $N_1$  cực đại:

$$\text{Bội số dòng khởi động chính định: } \frac{I_{N\max}}{I_{kdl}} = \frac{600}{180} = 3,33$$

Theo đặc tính (H.B.40.1b) tại bội số dòng 3,33 này tìm được:

$$t_{3,33} = 0,8s \text{ ở đường } t_y = 0,5s; \quad t_{3,33} = 0,6s \text{ ở đường } t_y = 4s$$

Tuyến tính hóa độ phụ thuộc thời gian tại vị trí đặt thời gian theo bội số dòng tìm thời gian khởi động của đường cong đặt  $t_y = 2$  (H.B.40.2):

$$t_{3,33} = t_{3,33} + \frac{t_{3,33} - t_{3,33}}{t_y - t_y} (t_y - t_y) = 0,8 + \frac{6 - 0,8}{4 - 0,5} (2 - 0,5) = 3,03$$

Để chọn trị đặt thời gian của bảo vệ 1 cần xác định bội số dòng khi NM gần chõ đặt bảo vệ 2:  $\frac{I_{N\max}}{I_{kdl}} = \frac{600}{300} = 2$

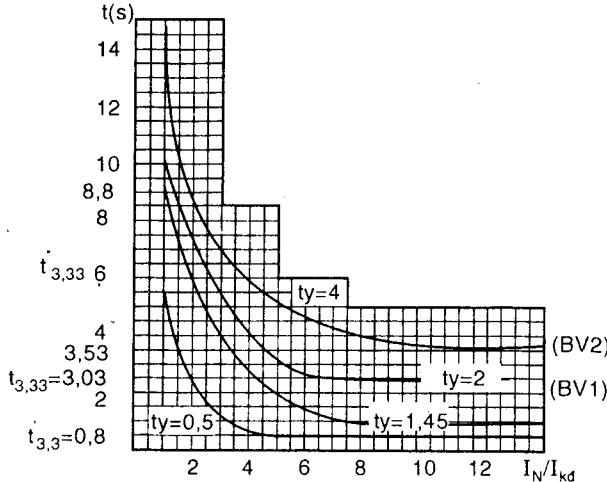
$$\text{Thời gian tác động rơle 1: } t_2 = 3,03 + \Delta t = 3,03 + 0,5 = 3,53s.$$

Theo đặc tuyến hình b tại bội số dòng là 2 tìm được.

$$t_2 = 1,45s \text{ ở đường } t_y = 0,5s; \quad t_2 = 8,8s \text{ ở đường } t_y = 4s$$

Áp dụng qui luật tuyến tính hóa tìm trị đặt thời gian của bảo vệ 1 (H.B.40.2):

$$t_y = t_y + \frac{t_y - t_y}{t_2 - t_2} (t_2 - t_2) = 0,5 + \frac{4 - 0,5}{8,8 - 1,45} (3,53 - 1,45) = 1,49s$$



Hình B.40.2

2. Khi dòng NM tăng gấp đôi nghĩa là bội số dòng tăng gấp đôi (4 và 6,66), từ đặc tính role xác định thời khởi động của bảo vệ 2.

$$t_4 = 0,6s \text{ ở đường } t_y = 0,5s; \quad t_4 = 5,3s \text{ ở đường } t_y = 4s$$

Từ đó tính thời gian khởi động (H.B.40.2):

$$t_4 = t_4 + \frac{t_4 - t_4}{t_y - t_y} (t_2 - t_2) = 0,6 + \frac{5,3 - 0,6}{4 - 0,5} (1,49 - 0,5) = 1,93s$$

Xác định thời gian của bảo vệ 2 khi dòng NM tăng gấp đôi (H.B.40.2)

$$t_{6,6} = 0,5s \text{ ở đường } t_y = 0,5s; \quad t_{6,66} = 4,3s \text{ ở đường } t_y = 4s$$

$$t_{6,6} = t_{6,6} + \frac{t_{6,6} - t_{6,6}}{t_y - t_y} (t_y - t_y) = 0,5 + \frac{4,3 - 0,5}{4 - 0,5} (2 - 0,5) = 2,13s$$

Nhận xét:  $t_{6,6} - t_4 = 2,13 - 1,93 = 0,2 < 0,5s$ : không đảm bảo chọn lọc

Để chọn lọc:  $t_4 = 2,13 + 0,5 = 2,63s$ . Chọn lại trị đặt thời gian của bảo vệ 1

$$t_y = t_y + \frac{t_y - t_y}{t_4 - t_4} (t_4 - t_4) = 0,5 + \frac{4 - 0,5}{5,3 - 0,6} (2,63 - 0,6) = 2,01s$$

3. Phối hợp phải xảy ra của phần không phụ thuộc:  $t_y = 2 + 0,5 = 2,5s$

4. Bội số dòng trong trường hợp này là:  $k_{NM}/k_{kd} = 1,2$

$$t_{1,2} = 2,8s \text{ ở đường } t_y = 0,5s; \quad t_{1,2} = 13,8s \text{ ở đường } t_y = 4s$$

Thời gian tác động của bảo vệ 1 đối với đường cong đã chọn:

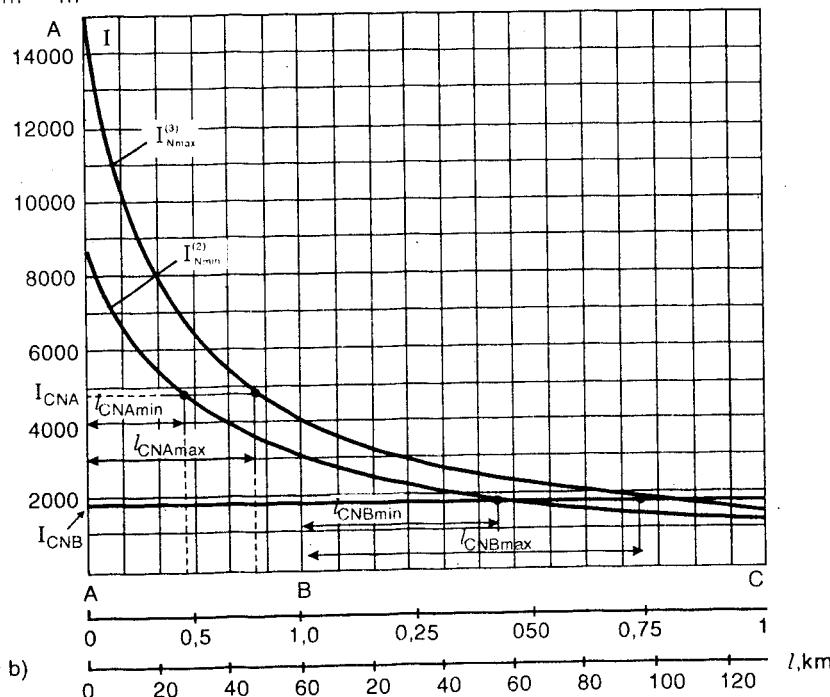
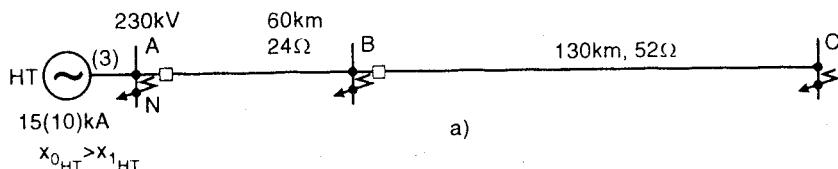
$$t_{1,2} = t_{1,2} + \frac{t_{1,2} - t_{1,2}}{t_y - t_y} (t_y - t_y)$$

Theo điều kiện câu 1 trị đắt bảo vệ  $t_y = 1,49s$ ; câu 2  $t_y = 2,01s$

$$\text{Câu 1: } t_{1,2} = 2,8 + \frac{13,8 - 2,8}{4 - 0,5} (1,49 - 0,5) = 5,92s$$

$$\text{Câu 2: } t_{1,2} = 2,8 + \frac{13,8 - 2,8}{4 - 0,5} (2,01 - 0,5) = 7,55s$$

41. Cho sơ đồ và số liệu như (H.B.41.a)



Hình B.41

Tính dòng khởi động và vùng tác động của bảo vệ:

- Cắt nhanh cấp I đắt tại vị trí A và B
- Cắt nhanh có thời gian cấp II tại vị trí A.

Cho biết kháng trở đường dây  $x_{1L} = 0,4\Omega/km$

Giải. a) Tổng trở hệ thống:

$$X_{HT\max} = \frac{U_p}{I_{A\max}^{(3)}} = \frac{133000}{15000} = 8,86 \Omega$$

$$X_{HT_{min}} = \frac{13300}{10000} = 13,3 \Omega$$

Dòng ngắn mạch cực đại khi NM tại cuối các đường dây:

$$I_{NB_{max}}^{(3)} = \frac{U_p}{X_{HT_{max}} + X_{A-B}} = \frac{133}{8,86 + 0,460} = 4,05 \text{ kA}$$

$$I_{NC_{max}}^{(3)} = \frac{133}{8,86 + 0,4190} = 1,57 \text{ kA}$$

Dòng khởi động bảo vệ cắt nhanh đặt tại vị trí A và B:

$$I_{CNA} = K_{at} I_{NB_{max}}^{(3)} = 1,2 \cdot 4,05 = 4,86 \text{ kA}$$

$$I_{CNB} = K_{at} I_{NC_{max}}^{(3)} = 1,2 \cdot 1,57 = 1,88 \text{ kA}$$

Giản đồ để xác định vùng bảo vệ được tính từ dòng ngắn mạch cực đại khi NM 3 pha và dòng NM cực tiểu khi ngắn mạch 2 pha. Dòng ngắn mạch 3 pha và 2 pha theo từng điểm trên đường dây A - B và B - C được tính theo công thức:  $I_N^{(3)} = \frac{U_p}{X_{HT_{min}} + X_{Lm}}$ ;  $I_N^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_N^{(3)}$

với  $m$  - đoạn đường dây từ vị trí role tới điểm ngắn mạch.

$X_L$  - tổng trờ đường dây trên mỗi km.

Kết quả tính dòng NM cho ở bảng:

m	Dòng ngắn mạch (A)			
	Đường dây A-B		Đường dây B-C	
	$I_{max}^{(3)}$	$I_{min}^{(3)}$	$I_{max}^{(3)}$	$I_{min}^{(2)}$
0	15000	8670	4060	3090
0,3	8280	5520	2740	2180
0,6	5710	4160	2075	1680
1	4060	3090	1570	1290

Đường cong ngắn mạch theo chiều dài vẽ trên (H.B.41b), vùng bảo vệ A là (43,3 ÷ 77,4%) và bảo vệ B là (39,2 ÷ 65,3%) chiều dài đường dây.

Vùng bảo vệ có thể xác định từ phương trình cân bằng dòng ngắn mạch ở cuối đường dây dòng khởi động của bảo vệ cắt nhanh.

$$I_{CN} = I_{N_{max}}^{(3)} = \frac{Ep}{X_{HT_{max}} + X_{max}^{(3)}}; \quad X_{max}^{(3)} = \frac{Ep}{I_{CN}} - X_{HT_{max}}$$

hay:  $X^{(3)\%}_{max} = 100 \cdot X_{max}^{(3)} / X_1 = \left[ \frac{Ep}{I_{CN}} - X_{HT_{max}} \right] \frac{100}{X_1}$

Tương tự khi ngắn mạch 2 pha:  $X^{(2)\%}_{min} = \left[ \frac{0,867Ep}{I_{CN}} - X_{HT_{min}} \right] \frac{100}{X_1}$

Áp dụng cho bài tập này:

$$X^{(3)}\% = \frac{100}{24} \left( \frac{230000}{\sqrt{3} \cdot 4860} - 8,86 \right) = 76,3; \quad X^{(2)}\% = \frac{100}{24} \left( \frac{0,867 \cdot 230000}{\sqrt{3} \cdot 4860} - 13,3 \right) = 43,4$$

b. *Dòng khởi động của bảo vệ cắt nhanh có thời gian cấp II ở vị trí A phải phối hợp với dòng khởi động cắt nhanh cấp I tại vị trí B.*

$$I_{CNA}^{(II)} = K_{at} \cdot I_{CNA}^{(I)} = 1,28 \cdot 1880 = 2260 \text{ A}$$

Tương tự xác định vùng bảo vệ từ đồ thị H.B.41b cực đại và cực tiêu là 195% và 153% hoặc xác định bằng công thức:

$$X^{(3)}\% = \frac{100}{X_{A-B}} \left[ \frac{Ep}{I_{CN1}^{(2)}} - X_{HT\max} \right] = \frac{100}{24} \left[ \frac{133}{2,26} - 8,86 \right] = 207\%$$

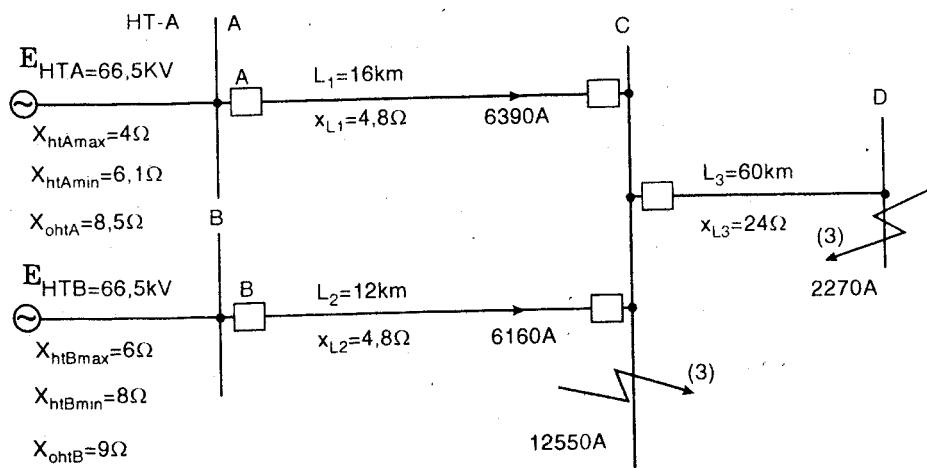
$$X^{(2)}\% = \frac{100}{X_{A-B}} \left[ \frac{0,867Ep}{I_{CN1}^{(2)}} - X_{HT\min} \right] = \frac{100}{24} \left[ \frac{0,867 \cdot 133}{2,26} - 13,3 \right] = 157\%$$

42. Cho mạng điện và số liệu như H.B.42.1. Tính toán dòng khởi động cắt nhanh của bảo vệ A và B, bảo vệ cắt nhanh có thời gian cấp II của bảo vệ A và xác định vùng bảo vệ.

**Giải.** Đường dây L3:  $I_{CNC} = K_{at} \cdot I_{ND}^{(3)} = 1,25 \cdot 2270 = 2840 \text{ A}$

Dòng khởi động bảo vệ cắt nhanh đường dây L1 ở phía thanh cái A được tính từ 2 điều kiện:

- Khi ngắt mạch 3 pha trên thanh cái A và C
- Khi có dao động giữa 2 hệ thống A và B



Hình B.42.1

Dòng dao động cực đại:

$$I_{dd} = \frac{2Ep}{x_{HTA} + x_{11} + x_{12} + x_{HTB}} = \frac{2.66500}{4 + 6,4 + 4,8 + 6} = 6270 \text{ A}$$

Dòng qua đường dây L1 khi NM tại thanh cái A.

$$I_{L1}^{(3)} = \frac{Ep}{x_{HT} + x_{12} + x_{11}} = \frac{66500}{6 + 4,8 + 6,4} = 3870A$$

Dòng qua đường dây L1 khi NM tại thanh cái C:  $I_{L1}^{(3)} = \frac{66500}{4 + 6,4} = 6390A$

Do đó chọn dòng khởi động của bảo vệ A theo điều kiện dòng ngắn mạch tại thanh gốp C:  $I_{CNA}^I = K_{at} \cdot I_{NC}^{(3)} = 1,25 \cdot 6390 = 7980 A$

Dòng khởi động có thời gian cấp II của bảo vệ A phải phối hợp với bảo vệ cắt nhanh đường dây L3 tính toán theo điều kiện tổng trở hệ thống A ở chế độ cực đại, tổng trở hệ thống B chế độ cực tiểu.

$$x_{Amin} = x_{HTAmax} + x_{11} = 4 + 6,4 = 10,4 \Omega; \quad x_{Bmax} = x_{HTBmin} + x_{12} = 8 + 4,8 = 12,8 \Omega$$

Tổng trở tương đương hệ thống A và B tới thanh cái C.

$$x_{td} = \frac{x_{Amin} \cdot x_{Bmax}}{x_{Amin} + x_{Bmax}} = \frac{10,4 \cdot 12,8}{10,4 + 12,8} = 5,73 \Omega$$

Dòng ngắn mạch 3 pha trên đường dây L3 tại điểm khởi động cắt nhanh bảo vệ C được xác định:  $I_{NL3} = I_{CNC} = \frac{Ep}{x_{td} + x_{CNCmin}^{(3)}}$

$x_{CNCmin}^{(3)}$  - tổng trở nhỏ nhất đường dây L3 (vùng tác động) lúc bảo vệ C tác động khi ngắn mạch 3 pha:

$$x_{CNCmin}^{(3)} = \frac{Ep}{I_{CNIII}} - x_{td} = \frac{66500}{2840} - 5,73 = 17,67 \Omega.$$

$$x_{CNCmin}^{(3)} \% = \frac{100}{x_{L3}} \cdot x_{CNIIImin}^{(3)} = \frac{100}{24} \cdot 17,67 = 73,5\%$$

Dòng tính toán bảo vệ cắt nhanh có thời gian cấp II của bảo vệ A được tính theo phân bố dòng khi có NM tại cuối cùng bảo vệ cấp I của bảo vệ C.

$$I_{L1} = I_{NL3} \cdot \frac{x_{td}}{x_{Amin}} = I_{CNC} \cdot \frac{x_{td}}{x_{Imin}} = \frac{5,73}{10,4} I_{CNC} = 0,55 I_{CNC}$$

Tại cuối vùng tác động cắt nhanh C:  $I_{NL3} = I_{CNC}$ .

Dòng khởi động cấp II của bảo vệ A:

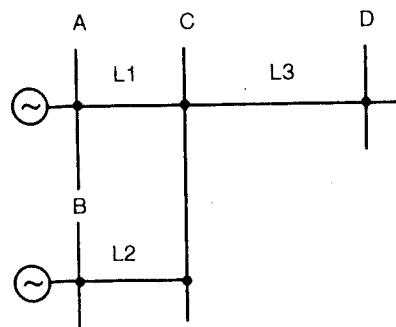
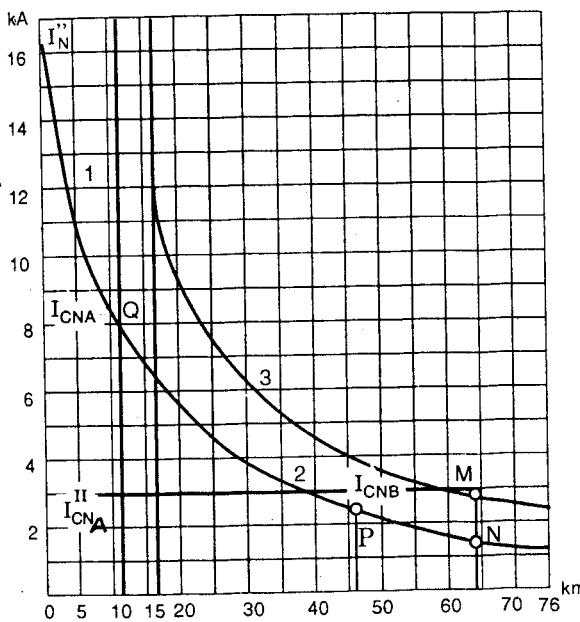
$$I_{CNA}^{(II)} = K_{at} \cdot I_{L1} = K_{at} \cdot 0,05 \cdot I_{CNC} = 1,25 \cdot 0,05 \cdot 2840 = 1960 A$$

Vùng tác động trên đường dây L3 của bảo vệ cấp II bảo vệ A.

$$I_{CNA}^{(II)} = I_{NL3} \cdot \frac{x_{td}}{x_{Amin}} = \frac{Ep_{HT} \cdot x_{td}}{(x_{td} + x_{CNAL3}^{(3)}) x_{Amin}}$$

$$\text{Suy ra: } x_{CNAL3}^{(3)} = \frac{Ep_{HT} x_{td}}{x_{CNA}^{(II)} \cdot x_{Amin}^{(3)}} - x_{td} = \frac{66500 \cdot 5,73}{1960 \cdot 10,4} - 5,73 = 12,97 \Omega$$

hay:  $x_{CNAL3} \% = \frac{100}{24} \cdot 12,97 = 54\%$



Hình B.42.2

Vùng tác động của bảo vệ cắt nhanh của bảo vệ A khi NM 3 pha và 2 pha:

$$x_{CNAL1}^{(3)} \% = \frac{100}{x_{11}} \left( \frac{E_{HTP}}{I_{CNA}} - x_{HTA\max} \right) = \frac{100}{6,4} \left( \frac{66,5}{7,98} - 4 \right) = 67,7\%$$

$$x_{CNAL1}^{(2)} \% = \frac{100}{x_{11}} \left( \frac{0,867E_{HTP}}{I_{CNA}} - x_{HTA\min} \right) = \frac{100}{6,4} \left( \frac{0,867 \cdot 66,5}{7,98} - 6,1 \right) = 17,7\%$$

Vùng tác động nhỏ nhất của bảo vệ cắt nhanh bảo vệ C và cắt nhanh cấp II

của bảo vệ A:  $x_{CNC\min}^{(2)} \% = 100 \left( \frac{0,867E_{HTP}}{I_{CNI\!II}} - x_{td\min} \right) x_{13}$

$$x_{CNAL3}^{(II)} \% = \frac{100}{x_{13}} \left( \frac{0,867E_{HTP}x_{td}}{x_{CN}^{(2)}x_{1\min}} - x_{td\min} \right)$$

Với:  $x_{A\min} = x_{HTA\min} + x_{11} = 6,1 + 6,4 = 12,5 \Omega$

$$x_{td\min} = \frac{x_{A\min}x_{B\min}}{x_{A\min} + x_{B\min}} = \frac{12,5(8+4,8)}{12,5+8+4,8} = 6,32 \Omega$$

$$x_{CNB\min}^{(2)} \% = \frac{100}{24} \left[ \frac{0,867 \cdot 66,5}{2,84} - 6,32 \right] = 58,2\%$$

$$x_{CNAL3\min}^{(2)} \% = \frac{100}{24} \left[ \frac{0,867 \cdot 66,5 \cdot 6,32}{1,96 \cdot 12,5} - 6,32 \right] = 35,6\%$$

43. Cho sơ đồ và số liệu ở (H.B.43a), xác định dòng khởi động bảo vệ dòng điện cắt nhanh thứ tự không cấp I và II đặt ở 2 đầu đường dây song song.
- Giải. 1) Dòng khởi động cấp I của bảo vệ I chọn theo các điều kiện (lưu ý đến

hỗn cảm 2 đường dây song song).

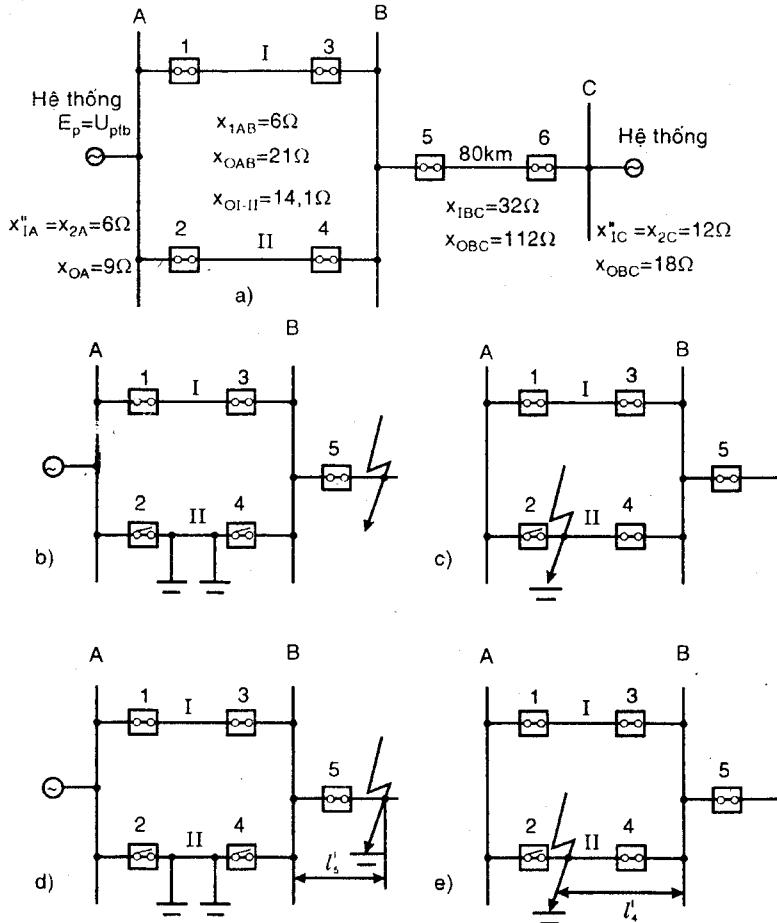
- Ngắt mạch 1 pha ( $x_{o\Sigma} > x_{1\Sigma}$ ) tại thanh cái A khi 1 đường dây bị cắt và tiếp đất (H.B.43b). Từ các số liệu trên, tính ngắn mạch tương tự như các bài tập 17, 18, 19, 20 tìm được:  $I_{oAB\max}^{(1)} = 1470A$

- Ngắn mạch 1 pha trên đường dây II tại thanh cái A khi mở máy cắt 2 (H.B.43c) (tác động không đồng thời đường dây II). Tính ngắn mạch tìm được:  $I_{oAB}^{(1)} = 1057A$ . Dòng khởi động được chọn:  $I_{CN1}^I = k_{at} \cdot 3I_{oAB\max}^{(1)} = 1,2 \cdot 1470 = 5290 A$

Vùng bảo vệ có thể được xác định bằng giản đồ tương tự như các bài tập trước. Độ nhạy được xác định bởi dòng chạm đất 1 pha tại đầu đường dây I. Tính tìm được dòng chạm đất 1 pha tại thanh cái A:  $I_{oAB}^1 = 3360 A$ .

$$k_{nh} = 3I_{oAB}^1 / I_{CN1}^I = 3 \cdot 3360 / 5290 = 1,9$$

Cáp I có thể không cần định hướng công suất vì dòng qua đường dây I khi chạm đất 1 pha tại thanh cái A lúc cắt và tiếp đất đường dây II thì  $3I_o = 609 A < 5290 A$ .



Hình B.39

2) Dòng khởi động cấp II của bảo vệ I được tính từ dòng lớn nhất theo các điều kiện sau:

- Chạm đất tại cuối vùng bảo vệ cấp I của bảo vệ 5 khi cắt và tiếp đất đường dây II (H.B.39.d):  $I_{CN1}^{II} = k_{at} I_{CN5}^I$

- Chạm đất tại cuối vùng bảo vệ cấp I của bảo vệ 4 khi NM trên đường dây song song II và cắt không đồng thời (H.B.39.e).

$$I_{CN1}^{II} = k_{at} I_{CN4}^I$$

Dòng khởi động cấp I của bảo vệ 4 được xác định tương tự như bảo vệ cấp I của bảo vệ 1. Để nâng cao độ nhạy bảo vệ 4 phải có hướng do khi NM chạm đất tại thanh cái B dòng qua đường dây II lớn đáng kể hơn khi NM tại thanh cái A. Kết quả tính toán cho:  $I_{CN4}^I = 732A$

Dòng khởi động cấp I của bảo vệ 5 được xác định theo điều kiện khi cả 2 đường dây làm việc song song cũng như khi cắt và tiếp đất 1 đường dây.

Tính toán tìm được:  $I_{CN5}^I = 810A$

Dòng khởi động cấp II của bảo vệ 1:  $I_{CN1}^{II} = 1,1.810 = 891A$

Hệ số độ nhạy nhỏ nhất bảo vệ cấp II của bảo vệ 1 khi 2 pha chạm đất (vì  $x_{0\Sigma} > x_{1\Sigma}$  nên  $I_o^{(1,1)} < I_o^{(1)}$ ) tại thanh cái B lúc cả 2 đường dây làm việc song song:  $k_{nh}^{II} = 3.560/891 = 1,88$

Có thể tính tương tự cho trường hợp chạm đất 1 pha tại thanh cái A thì  $k_{nh} = 2,84$ , khi cắt không đồng thời chạm đất 1 pha đường dây II tại thanh cái A thì  $k_{nh} = 5,14$ . Dòng khởi động bảo vệ 2 và 3 tương tự như bảo vệ 1 và 4.

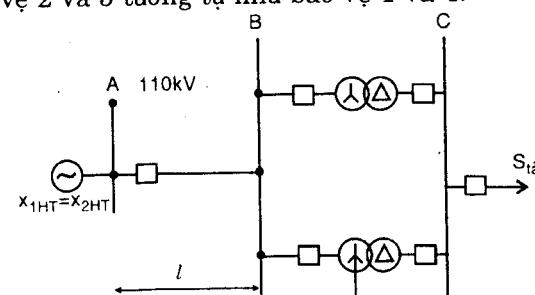
44. Đường dây:  $X_{1L} = X_{2L} = 0,4$

$\Omega/km$ ;  $X_{oL} = 1,4 \Omega/km$ .

Máy biến áp:  $U_N\% = 10,5\%$ , tại

MBA có bảo vệ cắt tức thời.

Cho sơ đồ H.B.44 và các số liệu ở bảng sau, xác định vùng bảo vệ của bảo vệ cắt nhanh thứ tự không chống chạm đất. Cho  $K_{at} = 1,2$ ,  $\Delta t = 0,5s$ , sai số BI là 10%.



Hình B.44

Bảng 1

Phương án	Tổng trở hệ thống		Chiều dài l đường dây (km)	Công suất mỗi MBA (MVA)	Công suất tài (MVA)
	$X_{1HT} = X_{2HT} (\Omega)$	$X_{oHT} (\Omega)$			
1	15	15	40	32	50
2	10	10	30	32	40
3	10	10	50	32	40
4	15	25	80	16	25
5	20	10	60	16	25

**Giải.** Giải cho phương án 1, các phương án khác tương tự.

Khi tính toán giả thuyết tần số trung bình và nghịch bằng nhau.

- Xác định tổng trắc các phần tử hệ thống:

Tổng trắc thứ tự thuận đường dây:  $X_{1L} = 0,4 \cdot 40 = 16 \Omega$

Tổng trắc thứ tự không đường dây:  $X_{oL} = 1,4 \cdot 40 = 56 \Omega$

Tổng trắc thứ tự thuận 2 máy biến áp tính ở cấp 110 kV:

$$X_t = \frac{U_N \% U^2 \cdot dm}{100 \cdot 2 \cdot S_{Tdm}} = \frac{10,5 \cdot 110^2}{100 \cdot 2 \cdot 32} = 19,9 \Omega$$

Tổng trắc thứ tự không máy biến áp khi chỉ nối đất 1 máy biến áp:  $X_{oT} = 39,8 \Omega$

- Xác định dòng phụ tải:  $I_{pt} = \frac{S_{pt}}{\sqrt{3} U dm} = \frac{50 \cdot 103}{\sqrt{3} \cdot 110} = 262 A$

- Xác định tổng trắc thứ tự thuận và không, tính ở phía sự cố khi ngắn mạch tại thanh cái trạm

Tổng trắc thứ tự thuận:  $X_{1I} = 15 \Omega$

Tổng trắc thứ tự không từ phía hệ thống:  $X_{oI} = 15 \Omega$

Tổng trắc thứ tự không từ phía máy biến áp nối đất:

$$X''_{oI} = X_{oL} + X_{oT} = 56 + 39,8 = 95,8 \Omega$$

Tổng trắc tương đương thứ tự không về phía ngắn mạch:

$$X_{oI} = \frac{X_{oI} \cdot X''_{oI}}{X_{oI} + X''_{oI}} = \frac{15 \cdot 95,8}{15 + 95,8} = 13 \Omega$$

- Xác định dòng thứ tự không đổ về phía ngắn mạch khi ngắn mạch 1 pha tại thanh cái trạm nguồn:

Dòng ngắn mạch thứ tự không tại điểm chạm:

$$3I_{oI}^{(1)} = \frac{U_{dm} \sqrt{3}}{2X_{1I} + X_{oI}} = \frac{110 \cdot 10^3 \sqrt{3}}{(2 \cdot 15) + 13} = 4430 A$$

Dòng từ phía hệ thống:  $3I_{oI}^{(1)} = \frac{3I_{oI}^{(1)} \cdot X_{oI}}{X_{oI}} = \frac{4430 \cdot 13}{15} = 3830 A$

Dòng từ phía máy biến áp nối đất:

$$3I_{oI}^{(1)} = \frac{3I_{oI}^{(1)} \cdot X_{oI}}{X_{oI}} = \frac{4430 \cdot 13}{95,8} = 600 A$$

Kiểm tra:  $3I_{oI}^{(1)} + 3I_{oI}^{(1)} = 3I_{oI}^{(1)} = 3830 + 600 = 4430 A$

- Xác định dòng thứ tự không đổ về phía ngắn mạch khi ngắn mạch 2 pha chạm đất tại thanh cái trạm nguồn.

$$3I_{oI}^{(1,1)} = \frac{U_{dm} \sqrt{3}}{X_1 + [(X_1 \cdot X_o)/(X_1 + X_o)]} \cdot \frac{X_1}{X_1 + X_o} = \frac{U_{dm} \sqrt{3}}{X_1 + 2X_o}$$

$$\text{Kiểm tra: } 3I_{oII}^{(1)} + 3I_{oIII}^{(1)} = 3I_{oII}^{(1)} = 1620 + 1020 = 2640 \text{ A}$$

- Xác định dòng thứ tự không đổi về điểm ngắn mạch khi ngắn mạch 2 pha chạm đất giữa đường dây.

$$3I_{oII}^{(1,1)} = \frac{U_{dm} \sqrt{3}}{X_{III} + 2X_{oII}} = \frac{110 \cdot 10^3 \sqrt{3}}{23 + (2 \cdot 26,3)} = 2520 \text{ A}$$

Dòng đổi về từ phía hệ thống.

$$3I_{oIII}^{(1,1)} = \frac{3I_{oII}^{(1,1)} \cdot X_{oII}}{X_{oII}} = \frac{2520 \cdot 26,3}{43} = 1540 \text{ A}$$

Dòng từ phía máy biến áp nối đất.

$$3I_{oII}^{(1,1)} = \frac{3I_{oII}^{(1,1)} \cdot X_{oII}}{X_{oII}} = \frac{2520 \cdot 26,3}{67,8} = 980 \text{ A}$$

$$\text{Kiểm tra: } 3I_{oII}^{(1,1)} + 3I_{oIII}^{(1,1)} = 3I_{oII}^{(1,1)} = 1540 + 980 = 2520 \text{ A}$$

- Xác định tổng trở thứ tự thuận, dẫn tới điểm ngắn mạch tại cuối đường dây.

$$\text{Tổng trở thứ tự thuận. } X_{III} = X_{HT} + X_{LT} = 15 + 16 = 31 \Omega$$

Tổng trở thứ tự không từ phía hệ thống.

$$X_{oIII} = X_{HT} + X_{LT} = 15 + 56 = 71 \Omega$$

$$\text{Tổng trở thứ tự không từ MBA nối đất. } X_{oIII} = X_{oT} = 39,8 \Omega.$$

Tổng trở tương thứ tự không tới điểm ngắn mạch:

$$X_{oIII} = \frac{X_{oIII} \cdot X_{oIII}}{X_{oIII} + X_{oIII}} = \frac{71 \cdot 39,8}{71 + 39,8} = 25,5 \Omega$$

+ Xác định dòng thứ tự không tại điểm ngắn mạch 1 pha tại cuối đường

$$\text{dây: } 3I_{oIII}^{(1)} = \frac{U_{dm} \sqrt{3}}{2X_{III} + X_{oIII}} = \frac{110 \cdot 10^3 \sqrt{3}}{(2 \cdot 31) + 25,5} = 2180 \text{ A}$$

Dòng từ phía hệ thống:

$$3I_{oIII}^{(1)} = \frac{3I_{oIII}^{(1)} \cdot X_{oIII}}{X_{oIII}} = \frac{2180 \cdot 25,5}{71} = 780 \text{ A}$$

$$3I_{oI}^{(1,1)} = \frac{U_{dm} \sqrt{3}}{X_{II} + 2X_{oI}} = \frac{110 \cdot 10^3 \sqrt{3}}{15 + (2 \cdot 13)} = 4650 \text{ A}$$

Dòng đổi về từ phía hệ thống:

$$3I_{oI}^{(1,1)} = \frac{3I_{oI}^{(1,1)} \cdot X_{oI}}{X_{oI}} = \frac{4650 \cdot 13}{15} = 4020 \text{ A}$$

Dòng từ phía máy biến áp nối đất:

$$3I_{oI}^{(1,1)} = \frac{3I_{oI}^{(1,1)} \cdot X_{oI}}{X_{oI}} = \frac{4650 \cdot 13}{95,8} = 630 \text{ A}$$

Kiểm tra:  $3I_{oI}^{(1,1)} + 3I_{oI}^{(1,1)} = 3I_{oI}^{(1,1)} = 4020 + 630 = 4650 \text{ A}$

- Xác định tổng trở thứ tự thuận và không tới điểm ngắn mạch, khi ngắn mạch giữa đường dây.

Tổng trở thứ tự thuận:  $X_{III} = X_{1HT} + \frac{1}{2}X_{1L} = 15 + \frac{1}{2}16 = 23 \text{ } \Omega$

Tổng trở thứ tự không từ phía hệ thống:

$$X_{III} = X_{1HT} + \frac{1}{2}X_{oL} = 15 + \frac{1}{2}56 = 43 \text{ } \Omega$$

Tổng trở thứ tự không từ phía MBA nối đất

$$X_{oIII} = \frac{1}{2}X_{oL} + X_{oT} = \frac{1}{2}56 + 39,8 = 67,8 \text{ } \Omega$$

Tổng trở tương thứ tự không tới điểm sự cố:

$$X_{oII} = \frac{X_{oII} \cdot X_{oII}}{X_{oII} + X_{oII}} = \frac{43 \cdot 67,8}{43 + 67,8} = 26,3 \text{ } \Omega$$

- Xác định dòng thứ tự không tại điểm ngắn mạch khi ngắn mạch chạm đất 1 pha ở giữa đường dây

$$3I_{oII}^{(1)} = \frac{U_{dm} \sqrt{3}}{2X_{III} + X_{oII}} = \frac{110 \cdot 10^3 \sqrt{3}}{(2 \cdot 23) + 26,3} = 2640 \text{ A}$$

Dòng từ phía hệ thống:  $3I_{oII}^{(1)} = \frac{3I_{oII}^{(1)} \cdot X_{oII}}{X_{oII}} = \frac{2640 \cdot 26,3}{15} = 1620 \text{ A}$

Dòng từ phía máy biến áp nối đất:

$$3I_{oII}^{(1)} = \frac{3I_{oII}^{(1)} \cdot X_{oII}}{X_{oII}} = \frac{2640 \cdot 26,3}{67,8} = 1020 \text{ A}$$

Dòng từ phía máy biến áp nối đất:

$$3I_{oIII}^{(1)} = \frac{3I_{oIII}^{(1)} \cdot X_{oIII}}{X_{oIII}} = \frac{2180 \cdot 25,5}{39,8} = 1400 \text{ A}$$

Kiểm tra:  $3I_{oIII}^{(1)} + 3I_{oIII}^{(1)} = 3I_{oIII}^{(1)} = 780 + 1400 = 2180 \text{ A}$

- Xác định dòng thứ tự không đổ về điểm ngắn mạch khi chạm đất 2 pha tại cuối đường dây.

Dòng thứ tự không tại điểm ngắn mạch:

$$3I_{oIII}^{(1,1)} = \frac{U_{dm} \sqrt{3}}{X_{1III} + 2X_{oIII}} = \frac{110 \cdot 10^3 \sqrt{3}}{31 + (2 \cdot 25,5)} = 2320 \text{ A}$$

Dòng đổ về từ phía hệ thống:

$$3I_{oIII}^{(1,1)} = \frac{3I_{oIII}^{(1,1)} \cdot X_{oIII}}{X_{oIII}} = \frac{2320 \cdot 25,5}{71} = 830 \text{ A}$$

Dòng từ phía máy biến áp nối đất:

$$3I_{oIII}^{(1,1)} = \frac{3I_{oIII}^{(1,1)} \cdot X_{oIII}}{X_{oIII}} = \frac{2320 \cdot 25,5}{39,8} = 1490 \text{ A}$$

- Dòng khởi động cấp I tác động nhanh được chọn từ điều kiện bảo vệ không tác động khi:

- a) Ngắn mạch tại thanh cái trạm nguồn
- b) Ngắn mạch tại thanh cái trạm đối diện (cuối đường dây)
- c) Qua bảo vệ có dòng  $3I_{oI}^{(1)}$  hay  $3I_{oI}^{(1,1)}$
- d) Có dòng  $3I_{oIII}^{(1)}$  hay  $3I_{oIII}^{(1,1)}$

Từ các trị số dòng điện này (600, 630, 780, và 830A) chọn dòng có giá trị lớn nhất là  $3I_{oIII}^{(1,1)} = 830 \text{ A}$

Dòng khởi động:  $I_{kdI} = K_{at} \cdot 3I_{oIII}^{(1,1)} = 1,2 \cdot 830 = 996 \text{ A}$

- Xây dựng đường cong phụ thuộc dòng thứ tự không từ hệ thống tới điểm ngắn mạch trong trường hợp chạm đất 1 pha và 2 pha. Mỗi đường cong được xây dựng từ 3 điểm:

- Đường 1:  $3I_{oI}^{(1)} = 3830 \text{ A}$ ;  $3I_{oII}^{(1)} = 1620 \text{ A}$ ; và:  $3I_{oIII}^{(1)} = 780 \text{ A}$
- Đường 2:  $3I_{oI}^{(1,1)} = 4020 \text{ A}$ ;  $3I_{oII}^{(1,1)} = 1540 \text{ A}$ ; và:  $3I_{oIII}^{(1,1)} = 830 \text{ A}$

Giao điểm của các đường cong này với giá trị dòng khởi động  $I_{kd} = 996 \text{ A}$  của vùng 1 cấp I khi chạm đất 1 pha là 78% và khi ngắn mạch 2 pha chạm đất là 70%.

- Dòng khởi động cấp II có thời gian tác động là 0,5s chọn từ điều kiện không tác động khi ngắn mạch tại thanh cái trạm nguồn, trong trường hợp này dòng qua bảo vệ là:  $3I_{oI}^{(1)} = 600 \text{ A}$ ; hay:  $3I_{oI}^{(1,1)} = 630 \text{ A}$ . Chọn dòng có giá trị lớn là 630A:  $I_{kdII} = K_{at} \cdot 3I_{oI}^{(1,1)} = 1,2 \cdot 630 = 756 \text{ A}$ .

Dòng khởi động rơle:  $I_{kdR} = I_{kdII}/n_{BI} = 756/60 = 12,6 \text{ A}$ .

- Xác định độ nhạy đối với cấp II khi ngắn mạch tại cuối đường dây, khi đó dòng qua bảo vệ là:  $3I_{oIII}^{(1)} = 780 \text{ A}$ , hay:  $3I_{oIII}^{(1,1)} = 830 \text{ A}$ . Chọn dòng có giá trị là 780 A:  $K_{nh} = 780/756 = 1,03$

- Dòng khởi động cấp III của bảo vệ được chọn từ điều kiện dòng không cân bằng khi ngắn mạch 3 pha sau MBA. Dòng ngắn mạch 3 pha sau MBA:

$$I_{IV}^{(3)} = \frac{U_{đm}}{\sqrt{3}(X_{1HT} + X_{1L} + X_{1T})} = \frac{110 \cdot 10^3}{\sqrt{3}(15 + 16 + 19,8)} = 1250 \text{ A}$$

Dòng không cân bằng:  $I_{kcb} = 10\% I_{IV}^{(3)} = 0,1 \cdot 1250 = 125 \text{ A}$

$$I_{kdIII} = K_{at} \cdot I_{kcb} = 1,2 \cdot 125 = 150 \text{ A}; I_{kdR} = 150/60 = 2,5 \text{ A}$$

+ Xác định độ nhạy cấp III khi ngắn mạch tại cuối đường dây, dòng nhỏ nhất là:  $I_{III}^{(1)} = 780 \text{ A}; K_{nhIII} = \frac{3I_{III}^{(1)}}{I_{kdIII}} = \frac{780}{150} = 5,2$

45. Cho sơ đồ và số liệu như H.B.45a, xác định dòng khởi động và vùng bảo vệ của bảo vệ dòng điện cắt nhanh đặt tại vị trí A và B.

**Giải.** Dòng khởi động của bảo vệ cắt nhanh đường dây 340kV được chọn từ 2 điều kiện:

- Dòng ngắn mạch lớn nhất tại thanh góp A hay B

$$I_B^{(3)} = \frac{U_p}{X_{HTAmax} + X_1} = \frac{340/\sqrt{3}}{9,8 + 82,5} = 2,13 \text{ kA}; I_A^{(3)} = \frac{U_p}{X_{HTBmax} + X_1} = \frac{340/\sqrt{3}}{12,3 + 82,5} = 2,07 \text{ kA}$$

- Dòng dao động cực đại (lúc vectơ  $HT_I$  và  $HT_{II}$  lệch  $180^\circ$ ).

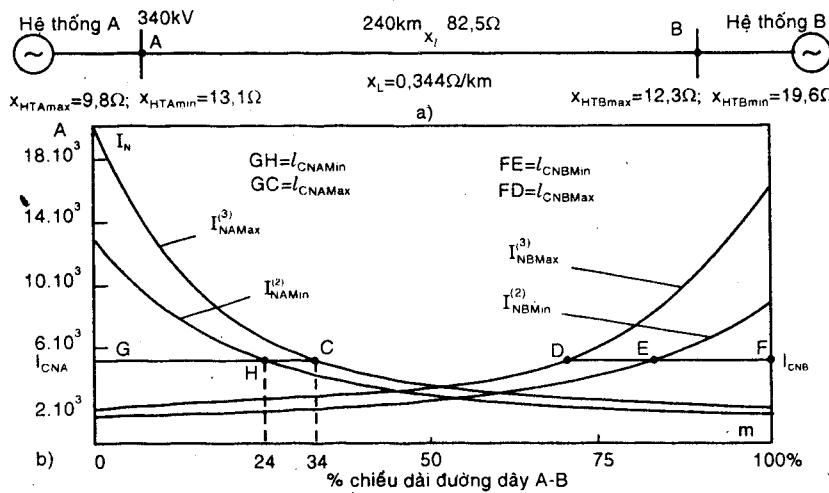
$$I_{ddmax} = \frac{2,11U_p}{X_{HTAmax} + X_1 + X_{HTBmax}} = \frac{2,11,340}{\sqrt{3}(9,8 + 85,5 + 12,3)} = 4,13 \text{ kA}$$

Dòng khởi động của bảo vệ cắt nhanh A và B:  $I_{cnA} = I_{cnB} = 1,25.4,13 = 5,17 \text{ kA}$

Vùng bảo vệ được xác định từ đồ thị dòng ngắn mạch theo khoảng cách. Dòng ngắn mạch từ hệ thống A và B được tính và kết quả cho ở bảng.

Chiều dài đường dây từ thanh cái A tới điểm NM (%)	Dòng trên đường dây khi NM (A)			
	Chế độ cực đại ( $N^3$ )		Chế độ cực tiểu ( $N^2$ )	
	Từ $HT_A$	Từ $HT_B$	Từ $HT_A$	Từ $HT_B$
0	20000	2070	13000	1670
25	6460	2650	5050	2090
50	3850	3670	3140	2800
75	2740	5960	2270	4230
100	2130	16000	1780	8670

Từ bảng kết quả vẽ đồ thị (H.B.45.b). Xác định vùng bảo vệ cực đại và cực tiểu của bảo vệ A là 34% và 24%. Vùng bảo vệ cực đại và cực tiểu của bảo vệ B là 30% và 16%.



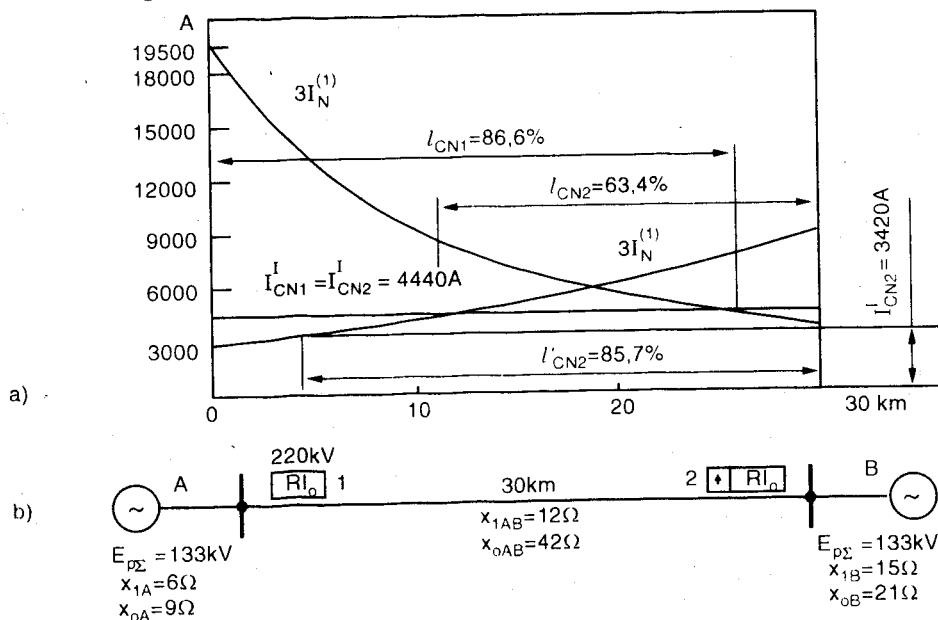
**Hình B.45**

46. Cho sơ đồ và số liệu ở hình vẽ H.B.46.b. Tính dòng khởi động bảo vệ cắt nhanh thứ tự không đặt tại vị trí 1 và 2. Xác định vùng bảo vệ.

**Giải.** Dòng khởi động cắt nhanh cấp 1 thứ tự không của 1 và 2 xác định từ dòng ngắn mạch chạm đất 1 pha lớn nhất tại thanh góp A và B. Tính dòng ngắn mạch chạm đất 1 pha cho ở bảng.

Vị trí chạm đất	Dòng thứ tự không $3I_{0i}, A$	
	từ hệ thống A	từ hệ thống B
Tại thanh góp A	19650	2850
Cách thanh góp A 10km	9070	4410
Cách thanh góp A 20km	5690	6010
Tại thanh góp B	3700	9000

Từ bảng trên, vẽ đồ thị (H.B.46.a).



Hình B.46

$$\text{Dòng khởi động: } I_{CN1}^0 = I_{CN2}^0 = k_{at} \cdot 3I_{0limax} = 1,2 \cdot 3700 = 4440 \text{ A}$$

Từ đồ thị vẽ đường thẳng nằm ngang là giá trị khởi động, giao điểm với đường cong ngắn mạch xác định được vùng bảo vệ của 1 và 2 là 86,6% và 63,4%. Muốn tăng vùng bảo vệ của bảo vệ 2 thì dùng thêm bộ phận định hướng công suất thứ tự không, lúc này có thể chọn dòng khởi động của bảo vệ 2 là:  $I_{CN2}^0 = 1,2 \cdot 2850 = 3420 \text{ A}$ . Vùng bảo vệ trong trường hợp này là 85,7%.

47. Cho các thí dụ minh họa tính toán chọn bảo vệ dòng điện cắt nhanh (bảo vệ từng cấp theo dòng điện); bảo vệ dòng điện cực đại có đặc tính độc lập (bảo vệ từng cấp theo thời gian) và bảo vệ dòng cực đại có đặc tính thời gian phụ thuộc (bảo vệ từng cấp theo dòng điện và thời gian). Nhận xét, so sánh.

**Giải.** a) Bảo vệ dòng cắt nhanh (chọn lọc theo dòng điện). Sự làm việc chọn lọc của bảo vệ của dòng điện cắt nhanh dựa vào dòng ngắn mạch thay đổi tùy theo vị trí của sự cố. Vì thế, tùy từng vị trí khởi động của role được tính toán cho phù hợp. H.B.47.1 minh họa phương pháp này.

Với sự cố tại  $N_1$ , dòng ngắn mạch 3 pha sẽ được tính như sau:

$$I_{N1}^3 = \frac{11000/\sqrt{3}}{Z_s + Z_{L1}} A = \frac{6350}{Z_s + Z_{L1}} A$$

với:  $Z_s$  - tổng trớ nguồn =  $11^2/250 = 0,485 \Omega$

$Z_{L1}$  - tổng trớ đoạn đường dây giữa J và H =  $0,24 \Omega$ .

vì thế:  $I_{N1}^3 = 6350/0,725 = 8800 A$

Role điều khiển máy cắt tại J sẽ được chọn theo dòng sự cố 8800A để bảo vệ đường dây giữa J và H. Tuy nhiên, có hai điểm quan trọng ánh hưởng đến sự phối hợp của phương pháp này.

- Nó không thể phân biệt được giữa các sự cố xảy ra tại  $N_1$  và sự cố xảy ra tại  $N_2$ , vì khoảng cách giữa các điểm này có thể chỉ các nhau có vài mét, tương ứng với sai số của dòng ngắn mạch là khoảng xấp xỉ 0,1%.

- Trong thực tế, có thể xảy ra sự thay đổi mức công suất ngắn mạch (chế độ cực đại và cực tiểu), chẳng hạn từ 250MVA xuống còn 130MVA. Tai mức ngắn mạch thấp này dòng ngắn mạch sẽ không vượt quá 6800A khi ngắn mạch tại đường dây gần H, vì thế role được chọn theo 8800A sẽ không bảo vệ được hết đường dây.

Khảo sát bảo vệ tại vị trí H và G. giả thiết ngắn mạch tại  $N_4$ , dòng ngắn mạch được tính toán như sau:  $I_{N4}^3 = \frac{6350}{Z_s + Z_{L1} + Z_{L2} + Z_T}$

Với:  $Z_s$  - tổng trớ nguồn =  $0,485 \Omega$ ;  $Z_{L1}$  - tổng trớ đường dây giữa J và H =  $0,24 \Omega$ .

$Z_{L2}$  - tổng trớ đường dây  $L_2$  :  $0,04 \Omega$ ;  $Z_T$  - tổng trớ máy biến áp =  $0,07 (11^2/4) = 2,12 \Omega$

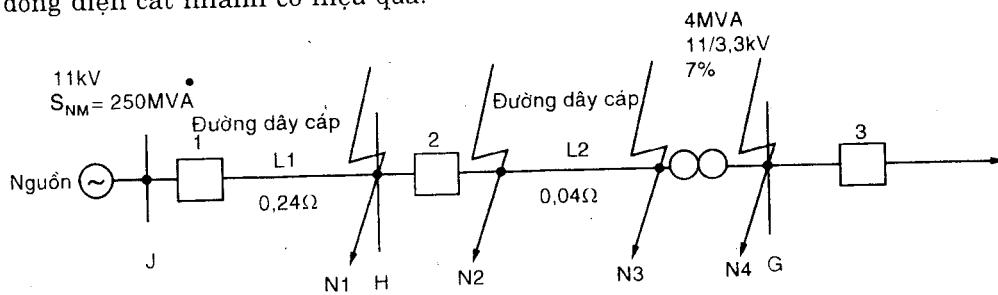
vì thế:  $I_{N4}^3 = \frac{6350}{2,885} = 2200 A$

Giá trị khởi động role tại vị trí máy cắt H được chọn theo dòng 2200A, cộng thêm độ dự trữ an toàn. Giả thiết mức độ dự trữ an toàn là khoảng 20% cho phép role sai số và thêm 10% cho sự thay đổi giá trị tổng trớ hệ thống, nó có thể được chọn dòng 1,3 . 2200 = 2860 A cho role tại H. Bây giờ, giả thiết sự cố xảy ra tại  $N_3$  vùng cuối của đường dây 11 kV, dòng ngắn mạch lúc này (với giả thiết công suất ngắn mạch) là:

- cực đại:  $250\text{MVA}: I_{N3}^3 = \frac{6350}{0,485 + 0,24 + 0,04} = 8300 \text{ A}$

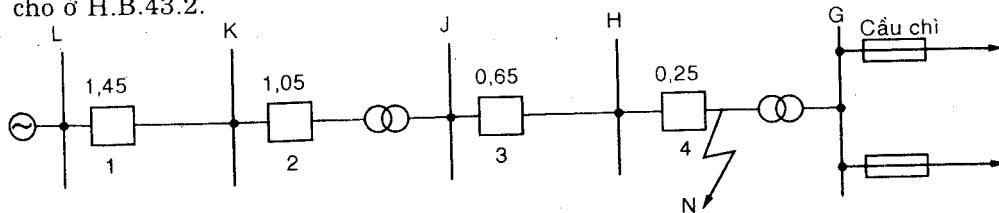
- cực tiểu:  $130\text{MVA}: I_{N3}^3 = \frac{6350}{0,93 + 0,24 + 0,04} = 5250 \text{ A}$

Nhận thấy với các giá trị của công suất ngắn mạch khác nhau, role tại H sẽ hoạt động tốt khi ngắn mạch tại bất kỳ nơi nào trên đường dây 11 kV cung cấp cho máy biến áp. Như vậy trong trường hợp này sử dụng bảo vệ dòng điện cắt nhanh có hiệu quả.



Hình B.47.1

b) Bảo vệ dòng cực đại có đặc tính thời gian độc lập (chọn lọc theo thời gian). Để đảm bảo tính chọn lọc dùng phương pháp phối hợp thời gian từng cấp. Chọn  $\Delta t = 0,4\text{s}$ , kết quả tính toán chọn thời gian tác động từng máy cắt cho ở H.B.43.2.



Hình B.47.2

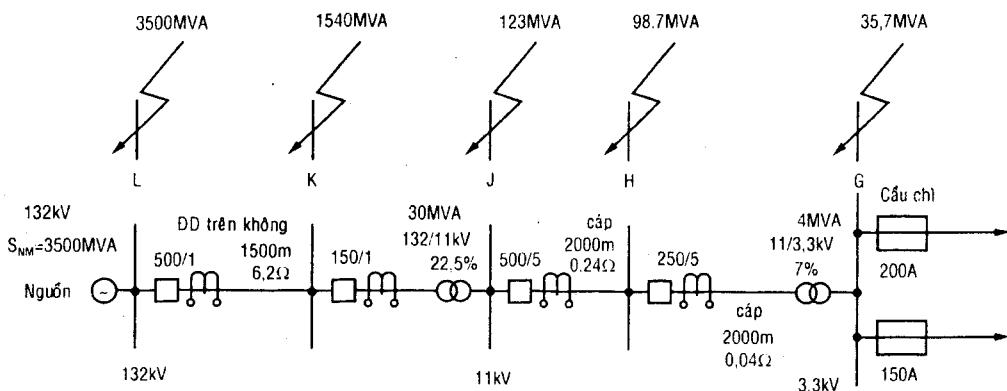
Mỗi bảo vệ bao gồm role quá dòng và role thời gian trì hoãn xác định để có thể chọn lọc cũng như hạn chế được sự cố và thời gian này hoàn toàn độc lập với mức dòng ngắn mạch. Role 4 được chọn có thời gian trì hoãn ngắn nhất cho phép cắt sự cố bên phía thứ cấp của máy biến áp G, thời gian trì hoãn thích hợp là 0,25s. Nếu một sự cố xảy ra tại N thì role tại H sẽ hoạt động trong khoảng 0,25s và kết quả là sau khi máy cắt tại H hoạt động thì sự cố sẽ được cắt bỏ trước khi role tại J, K và L hoạt động. Nhược điểm chính của phương pháp theo từng cấp này là thời gian cắt sự cố dài nhất xảy ra tại vùng gần nguồn nhất, nơi mà dòng sự cố là cao nhất.

c) Bảo vệ dòng cực đại dùng role có đặc tính phụ thuộc (chọn lọc theo thời gian và dòng điện):

Với hai phương pháp bảo vệ dòng điện cực đại có đặc tính độc lập và bảo

về dòng cắt nhanh đều có những cái bất lợi riêng. Trong trường hợp từng cấp theo thời gian, bất lợi là sự cố nghiêm trọng nhất thì được cắt bỏ trong thời gian lâu nhất. Còn từng cấp theo dòng điện thì chỉ có thể ứng dụng một cách chính xác ở những mạng mà có dòng ngắn mạch thay đổi nhiều giữa vị trí 2 máy cắt.

Vì các giới hạn trên, nên người ta sử dụng role quá dòng có thời gian phụ thuộc. Với đặc điểm này, thời gian hoạt động tỉ lệ nghịch với mức của dòng sự cố. Phối hợp này được minh họa trên sơ đồ H.B.47.3, giống như sơ đồ H.B.47.2, ngoại trừ một số thông số hệ thống cần thêm vào.



**Hình B.47.3**

Trước khi tính toán role phối hợp của hệ thống H.B.47.4, cần quy các giá trị tổng trở hệ thống về một giá trị cơ bản, sử dụng  $S_{cb} = 10MVA$  là giá trị cơ bản, ta có:

Tổng trở phần trăm của máy biến áp 4MVA	$\frac{7 \cdot 10}{4} = 17.5\%$
Tổng trở phần trăm của đường dây 11kV: giữa H và G	$\frac{0.04 \cdot 100 \cdot 10}{11^2} = 0.33\%$
Tổng trở phần trăm của đường dây 11kV: giữa J và H	$\frac{0.24 \cdot 100 \cdot 10}{11^2} = 1.98\%$
Tổng trở phần trăm của máy biến áp 30MVA	$\frac{22.5 \cdot 10}{30} = 7.5\%$
Tổng trở phần trăm của đường dây trên không 132kV	$\frac{6.2 \cdot 100 \cdot 10}{132^2} = 0.36\%$
Tổng trở phần trăm của hệ thống 132kV	$\frac{100 \cdot 10}{3500} = 0.29\%$

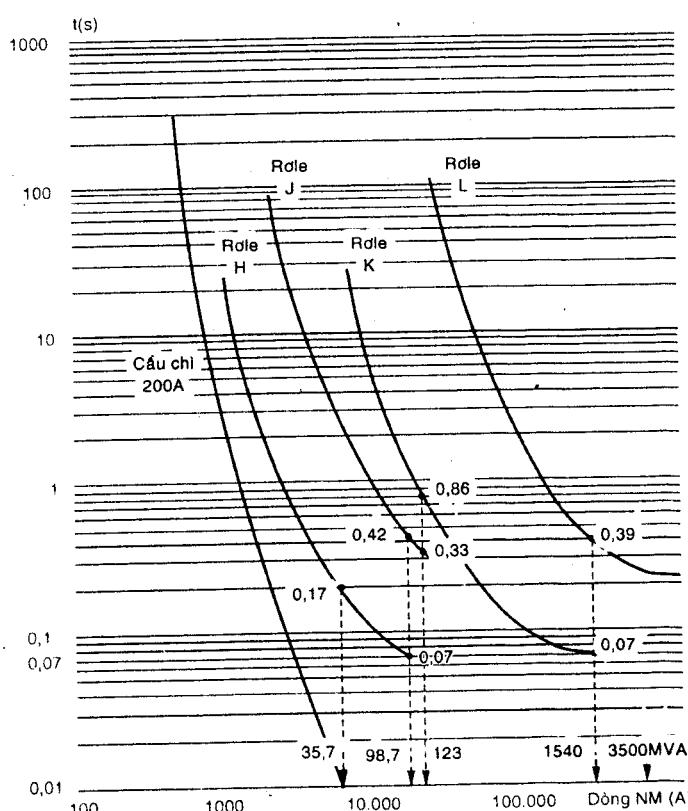
Biểu đồ trên H.B.47.4 minh họa cách sử dụng đường cong đặc tính phụ thuộc có thể phối hợp bảo vệ một cách an toàn. Trong hình này, điện áp cơ bản 3,3kV được chọn và đường cong đầu tiên được vẽ là đặc tính cầu chì 200A, bảo vệ đường dây ra của mạch 3,3kV. Đặc tính hoạt động của cầu chì tại áp định mức 3,3kV đã được vẽ trên đồ thị, sự chỉnh định phối hợp của các rơle quá dòng tại các trạm khác nhau của sơ đồ hệ thống được thực hiện lần lượt như sau:

*Trạm H:* BI tỉ số 250/5A. Giả thiết chọn rơle có đặc tính cực dốc. Rơle này phải phối hợp với cầu chì 200A tại mức sự cố:

$$\frac{10 \cdot 100}{17,5 + 0,33 + 1,98 + 7,5 + 0,36 + 0,29} = 35,7 \text{ MVA}$$

Tương ứng với dòng ngắn mạch 6260 A tại 3,3 kV hoặc 1880 A tại 11 kV. Rơle có trị số đặt 100% (250 A) và có trị số đặt thời gian 0,2 thì có thể phối hợp với cầu chì 200 A.

*Trạm J:* BI tỉ số 500/5 A. Chọn rơle đặc tính cực dốc, rơle này phải phối hợp với rơle ở trạm H tại mức sự cố:  $\frac{10 \cdot 100}{1,98 + 7,5 + 0,36 + 0,29} = 98,7 \text{ MVA}$



Hình B.47.4

Tương ứng với dòng ngắn mạch là 17.280 A tại 3,3 kV hoặc 5180 A tại 11 kV. Rôle có trị đặt dòng 100% (500 A) có trị đặt thời gian 0,7 có thể phối hợp chọn lọc được.

*Trạm K:* BI tỉ số 150/1 A. Chọn rôle đặc tính cực dốc, Rôle này phải phối hợp với rôle J tại mức sự cố tương ứng:  $\frac{10 \cdot 100}{7,5 + 0,36 + 0,29} = 132 \text{ MVA}$

Tương ứng với dòng ngắn mạch là 21.500 A tại 3,3 kV hoặc 538 A tại 11 kV. Rôle này có trị số đặt 100% là 150 A và 34,2 MVA tại 132 kV và có trị đặt thời gian 0,25 có thể phối hợp với rôle trạm J.

*Trạm L:* BI tỉ số 500/1 A – chọn rôle có đặc tính cực dốc

Rôle này phải phối hợp với rôle J tại mức sự cố tương ứng:

$$\frac{10 \cdot 100}{0,36 + 0,29} = 1540 \text{ MVA}$$

Tương ứng với dòng ngắn mạch là 270.000 A tại 3,3 kV hoặc 6750 A tại 132 kV. Rôle này dùng trị số đặt 100% là 500 A và 114 MVA tại 132 kV, và trị đặt thời gian 0,9 để phối hợp với rôle tại trạm K.

Một sự so sánh giữa thời gian hoạt động của rôle trên H.B.47.2 và thời gian thu được từ đường cong ở H.B.47.4 tại mức sự cố lớn nhất có sự khác nhau quan trọng. Sự khác nhau này được tóm tắt như sau:

Rôle	Mức sự cố (MVA)	Thời gian làm việc của đặc tính độc lập	Thời gian làm việc của đặc tính phụ thuộc
H	98,7	0,25	0,07
J	123	0,65	0,33
K	1540	1,05	0,07
L	3500	1,45	0,25

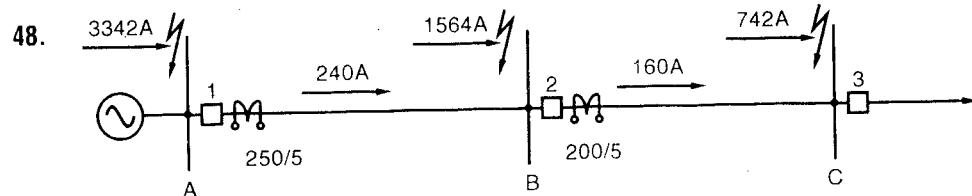
Bảng này cho thấy sự cố gần điểm ngắt của rôle có đặc điểm thời gian phụ thuộc có thời gian cắt sự cố được giảm rõ rệt. Thậm chí cho ngắn mạch tại cuối vùng của bảo vệ, thời gian cắt sự cố vẫn còn giảm so với thời gian từng cấp, được biểu diễn ở bảng sau:

Rôle	Mức độ sự cố (MVA)	Thời gian ở hình 4
H	35,7	0,17
J	98,7	0,42
K	123	0,86
L	1540	0,39

Để hoàn thành việc tính toán phối hợp, ta ước lượng mức độ thời gian trung bình mà rôle quá dòng hoạt động ở mức sự cố nhỏ nhất và lớn nhất, và để so sánh chúng với thời gian hoạt động biểu diễn ở H.B.47.2 về việc xác định thời gian của rôle quá dòng.

Rơle	Mức độ sự cố (max/min.MVA)	Thời gian ở hình 4 (min/max.s)	Thời gian trung bình(s)
H	99,7/35,7	0,07/0,17	0,12
J	123/98,7	0,33/0,42	0,375
K	1540/123	0,07/0,86	0,465
L	3500/1540	0,25/0,39	0,32

Sự so sánh này cho thấy rõ ràng rằng khi có một sự thay đổi lớn trong mức độ sự cố dọc theo hệ thống thì sự hoạt động trên toàn bộ của rơle quá dòng có thời gian phụ thuộc tốt hơn hẳn so với rơle quá dòng có thời gian độc lập.



Hình B.48

Cho sơ đồ và số liệu như hình B.48. Cho biết bảo vệ dòng cực đại tại máy cắt số 2 có đặc tuyến thời gian – dòng điện là đường  $U_2$  (theo tiêu chuẩn Mỹ) với các giá trị đặt là  $I_{kd} = 300$  A (sơ cấp); TD = 1,96. Tính toán bảo vệ dòng điện 3 cấp đặt tại vị trí máy cắt số 1.

**Giải.**

• *Bảo vệ cắt nhanh cấp I đặt tại vị trí 1:*

- Dòng khởi động:  $I_{CN1}^I = K_{at} I_{NB_{max}} = 1,3 \cdot 1564$  A = 2033 A
- Thời gian tác động:  $t^I = 0$ s

• *Bảo vệ cắt nhanh cấp II đặt tại vị trí 1:*

- Dòng khởi động cấp I của máy cắt 2:  $I_{CN2}^I = K_{at} I_{NC_{max}} = 1,3 \cdot 742$  A = 965 A
- Dòng khởi động cấp I của máy cắt 1 phối hợp với bảo vệ cấp I của máy cắt 2:  $I_{CN1}^{II} = K_{at} I_{CN2}^I = 1,3 \cdot 965$  A = 1245 A
- Thời gian cấp II của máy cắt 1:  $t_1^{II} = t_2^I + \Delta t = 0,5$ s

• *Bảo vệ dòng cực đại cấp III đặt tại vị trí 1:*

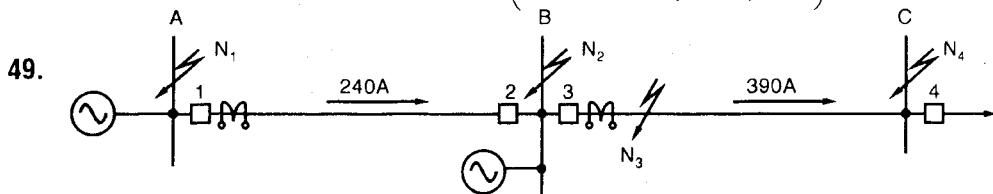
- Dòng khởi động:  $I_{kd1}^{III} = K_{at} I_{lv_{max}} = 2 \cdot 240$  A = 480 A
- Thời gian làm việc của bảo vệ cấp III phải phối hợp với bảo vệ dòng cực đại của máy cắt 2:

$$t_2^{III} = TD \left( 0,18 + \frac{5,95}{m^2 - 1} \right) = 1,96 \left( 0,18 + 5,95 / \left( \frac{1564}{300} \right)^2 - 1 \right) = 0,8s$$

Để đảm bảo chọn lọc thì khi ngắn mạch tại B:

Chọn đặc tuyến thời gian – dòng điện tại bảo vệ 1 là  $U_2$ , giá trị đặt thời

gian được tính:  $TD = \frac{T_1^{\text{III}}}{\left(0,18 + \frac{5,95}{m^2 - 1}\right)} = \frac{1,2}{\left(0,18 + 5,95 / \left(\frac{1564}{480}\right)^2 - 1\right)} = 1,5s$



Hình B.49

Điểm ngắn mạch	Dòng qua máy cắt 1		Dòng qua máy cắt 3	
	max	min	max	min
N <sub>1</sub>	8313	7120		
N <sub>2</sub>	3325	2880		
N <sub>3</sub>	3325	2880	9970	8634
N <sub>4</sub>	832	721	2493	2160

Cho sơ đồ ở H.B.49 và số liệu dòng ngắn mạch cực đại và cực tiểu như ở bảng. Cho biết bảo vệ dòng điện cực đại đặt tại vị trí 3 có trị số đặt dòng là 500A, đặc tính thời gian phụ thuộc có độ dốc U<sub>2</sub> và trị số đặt là: TD = 3.

Tính toán bảo vệ dòng điện 3 cấp đặt tại vị trí 1.

**Giải.**

• **Bảo vệ dòng điện cắt nhanh cấp I đặt tại vị trí 1:**

- Dòng khởi động:  $I_{kd1}^I = K_{at} I_{N2 \text{ max}} = 1,2 \cdot 3325 \text{ A} = 3990 \text{ A}$
- Thời gian tác động:  $t_1^I = 0s$

• **Bảo vệ dòng cắt nhanh cấp II đặt tại vị trí 1:**

- Dòng khởi động:

$$I_{kd1}^{II} = K_{at} K_{pd} I_{kd3}^I$$

với:  $K_{at} = 1,2; K_{pd} = \frac{I_1^{N4}}{I_3^{N4}} = \frac{832}{2493} = 0,334$

$$I_{kd3}^I = K_{at} I_{N4 \text{ max}} = 1,2 \cdot 2498 \text{ A} = 2990 \text{ A}$$

Tính được:  $I_{kd1}^{II} = 1,2 \cdot 0,334 \cdot 2990 = 1197 \text{ A}$

- Thời gian tác động:  $t_1^{II} = t_3^I + \Delta t = 0 + 0,5 = 0,5s$

• **Bảo vệ dòng điện cực đại cấp III tại vị trí 1:**

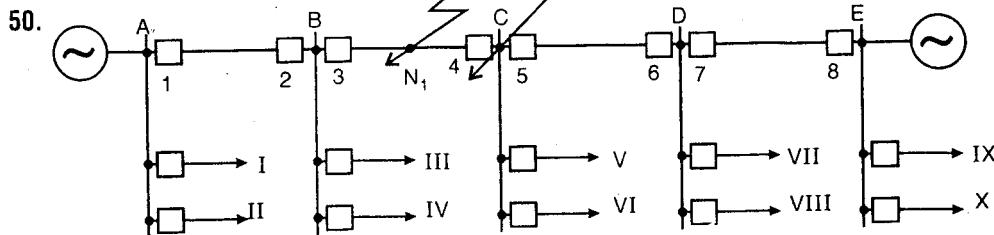
Khi ngắn mạch tại N<sub>3</sub> thời gian làm việc của bảo vệ dòng cực đại tại vị trí 3 là:  $t_3^{\text{III}} = TD \left(0,18 + \frac{5,95}{m^2 - 1}\right) = 3 \left(0,18 + 5,95 / \left(\frac{8634}{500}\right)^2 - 1\right) = 0,6s$

Để chọn lọc thời gian làm việc của bảo vệ dòng cực đại tại 1 được chọn:

$$t_1^{\text{III}} = t_3^{\text{III}} + \Delta t = 0,6 + 0,5 = 1,1 \text{ s}$$

Chọn đặc tính của bảo vệ dòng cực đại tại 1 là đường U<sub>2</sub>, có giá trị đặt dòng điện:  $I_1^{\text{III}} = 2I_{\text{lv max}} = 2.240 = 480 \text{ A}$

Giá trị đặt thời gian được tính:  $TD = \left( \frac{1,1}{0,18 + \frac{5,95}{\left( \frac{3325}{480} \right)^2 - 1}} \right) = 3,59$



Hình B.50

Cho sơ đồ như H.B.50 và bảng phương án, chọn thời gian làm việc của bảo vệ dòng điện cực đại có hướng, có đặc tính thời gian độc lập tại các vị trí máy cắt (1,2,3,4,5,7,8).

Cho biết bảo vệ tại vị trí nào không cần đặt bộ phận định hướng công suất (RW), cho  $\Delta t = 0,5 \text{ s}$ . Giải thích cách làm việc của hệ thống bảo vệ khi có ngắn mạch tại N1 và N2.

P.ÁN	$t_1$	$t_{\text{II}}$	$t_{\text{III}}$	$t_{\text{IV}}$	$t_{\text{V}}$	$t_{\text{VI}}$	$t_{\text{VII}}$	$t_{\text{VIII}}$	$t_{\text{IX}}$	$t_{\text{X}}$
1	1,5	2	3,5	1,5	4	2,5	3	1	2	1,5
2	0,5	1	1,5	1,5	2	2,5	3	1,5	4	0,5
3	1	0,5	1,5	1,5	2	1	1	0,5	1,5	1

Giải.

Ph - án	Thời gian làm việc (s)	Vị trí cần đặt RW	Ngắn mạch tại N1		Ngắn mạch tại N2	
			Các BV khởi động	Bảo vệ tác động cắt MC	Các bảo vệ khởi động	Tác động cắt MC
1	$t_1 = 5$	2,4,5,7	1,3,4,6,8	3,4	1,3,6,8	3,6
	$t_2 = 2,5$					
	$t_3 = 4,5$					
	$t_4 = 4$					
2	$t_1 = 6$	2,4,6,8	1,3,4,5,6,7,8	3,4	1,3,5,6,7,8	3,6
	$t_2 = 1,5$					
	$t_3 = 5,5$					
	$t_4 = 2$					
3	$t_1 = 3,5$	2,4,7	1,3,4,5,6,8	3,4	1,3,5,6,8	3,6
	$t_2 = 1,5$					
	$t_3 = 3$					
	$t_4 = 2$					

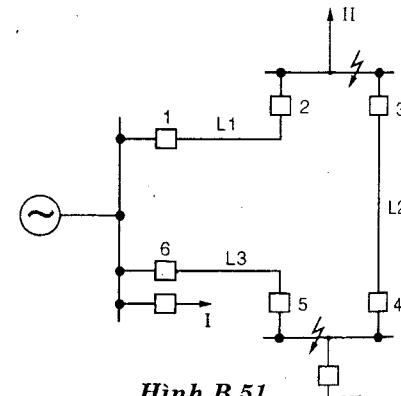
51. Cho sơ đồ như H.B.51 và bảng phương án

P.án	$t_I$ (s)	$t_{II}$ (s)	$t_{III}$ (s)	$I_I$ (A)	$I_{II}$ (A)	$I_{III}$ (A)	$L_1$ (Km)	$L_2$ (Km)	$L_3$ (Km)	$I_N$ (A)
1	1	2	3	200	200	100	3	5	2	1000
2	2	1	1	150	100	300	6	2	2	2000
3	3	1,5	1	100	200	200	2	3	5	1000

Chọn thời gian làm việc và dòng điện khởi động của bảo vệ dòng điện cực đại có hướng: đặt tại các vị trí máy cắt 1,2,3,4,5,6

- Xác định vị trí không đặt bộ phận định hướng công suất (RW).

- Kiểm tra độ nhạy nếu độ nhạy không đạt ( $< 2$ ) xác định độ nhạy sau khi cắt máy cắt phía bên kia đường dây (tác động không đồng thời, xác định vùng tác động không đồng thời).



Hình B.51

Cho  $K_{at} = 1,2$ ,  $K_{tv} = 0,85$ , dữ liệu về dòng phụ tải, thời gian cắt ngắn mạch của các nhánh tia, chiều dài dòng dây và dòng ngắn mạch các nút giống nhau.

### Giải.

P- án	Thời gian làm việc (s)	Vị trí cần đặt RW	Đòng khởi động (A)	Độ nhạy		Vùng tác động không đồng thời	Vùng tác động với khnh ≥ 2
				Khi NM cuối đoạn đường dây	Tác động không đồng thời		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	$t_1 = 4$	2,4,5	$I_{kd1} = 423$	$K_{nh1} = 1,65$	2,36	$L_{k2} = 0,75L_1$	$l_1 = 0,51L_1$
	$t_2 = 0$		$I_{kd2} = 226$	$K_{nh2} < 1$	4,42		$l_2 = 0$
	$t_3 = 3,5$		$I_{kd3} = 217$	$K_{nh3} < 1$	4,6	$L_{k3} = 0,034 L_2$	$l_3 = 0,53L_2$
	$t_4 = 2,5$		$I_{kd4} = 282$	$K_{nh4} = 1,6$	3,54		$l_4 = 0,47L_2$
	$t_5 = 0$		$I_{kd5} = 197$	$K_{nh5} < 1$	5,08	$L_{k5} = 0,985 L_3$	$l_5 = 0$
	$t_6 = 3,5$		$I_{kd6} = 423$	$K_{nh6} = 1,89$	2,36		$l_6 = 0,77L_3$
2	$t_1 = 2$	2,5	$I_{kd1} = 564$	$K_{nh1} = 1,42$	3,55	$L_{k2} = 0,118L_1$	$l_1 = 0,73L_1$
	$t_2 = 0$		$I_{kd2} = 141$	$K_{nh2} < 1$	14,2		$l_2 = 0,77L_1$
	$t_3 = 1,5$		$I_{kd3} = 465$	$K_{nh3} < 1$	4,3	$L_{k3} = 0,163L_2$	$l_3 = 0$
	$t_4 = 1,5$		$I_{kd4} = 156$	$K_{nh4} = 7,7$			$l_4 = L_2$
	$t_5 = 0$		$I_{kd5} = 423$	$K_{nh5} < 1$	4,7	$L_{k5} = L_3$	$l_5 = 0$
	$t_6 = 2$		$I_{kd6} = 564$	$K_{nh6} = 2,84$			$l_6 = L_3$
3	$t_1 = 2$	2,3,5	$I_{kd1} = 564$	$K_{nh1} = 1,42$	1,77	$L_{k2} = L_1$	$l_1 = 0$
	$t_2 = 0$		$I_{kd2} = 367$	$K_{nh2} < 1$	2,72	$L_{k4} = 0,667L_2$	$l_2 = 0$
	$t_3 = 1,5$		$I_{kd3} = 282$	$K_{nh3} < 1,77$	3,54	$L_{k5} =$	$l_3 = 0,79L_2$
	$t_4 = 2$		$I_{kd4} = 403$	$K_{nh4} < 1$	2,48	$0,394L_3$	$l_4 = 0$
	$t_5 = 0$		$I_{kd5} = 197$	$K_{nh5} < 1$	5,08	$L_{k6} = 0,128L_3$	$l_5 = 0,21L_3$
	$t_6 = 2,5$		$I_{kd6} = 564$	$K_{nh6} < 1$	1,77	$L_{k2} = L_1$	$l_6 = 0$

## 52. Cho sơ đồ như H.B.52

- Khi máy cắt 7 đóng: mạng vòng 1 nguồn
- Khi máy cắt 7 mở: mạng tia 2 nguồn

Ở các vị trí cắt 1,2,3,4,5,6 đặt bảo vệ dòng điện cực đại có hướng, xác định: 1. Điều kiện chọn thời gian làm việc của bảo vệ 2:

a) Khi máy cắt ở vị trí đóng

b) Khi máy cắt ở vị trí mở

2. Thời gian cắt (t cắt) của đoạn

A - B

a) Khi ngắn mạch ngoài vùng tác động không thời

b) Khi ngắn mạch trong vùng tác động không đồng thời. Thời gian máy cắt ( $t_{MC}$ ), thời gian  $t_1$  và  $t_2$  cho trước

3. Điều kiện chọn dòng khởi động bảo vệ 2:

a) Máy cắt ở vị trí đóng

b) Khi cắt ở vị trí mở.

**Giải.** 1. Điều kiện chọn thời gian làm việc của bảo vệ 2:

a)  $t_2 = 0s$

b)  $t_2 = t_{II} + \Delta t$

2. Thời gian (t cắt) của đoạn A - B

Đối với mạng vòng  $t_1 > t_2$ , vì thế thời gian cắt đoạn A - B sẽ được xác định bằng thời gian  $t_1$  và  $t_{MC}$ :  $t = t_1 + t_{MC}$ ;  $t = t_1 + t_2 + 2t_{MC}$

3. Điều kiện chọn dòng khởi động bảo vệ 2:

a) Về nguyên tắc bảo vệ  $I_{kd2} = 0$

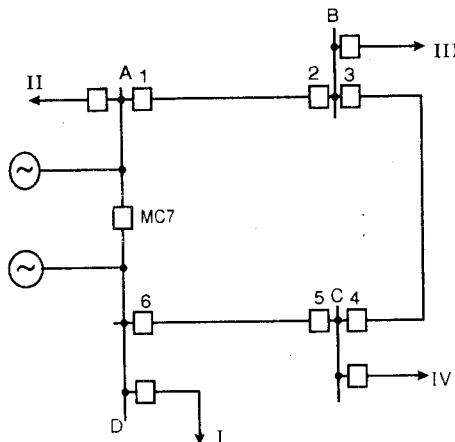
b) Chọn giá trị lớn hơn từ:  $- I_{kd} \geq (K_{at}/K_{tv})I_{lymax}$ ;  $I_{kd} \geq K_{at} \times I_{kcbmax}$

Với  $I_{kcbmax}$ : Dòng của pha không hư hỏng khi có chạm đất 1 pha.

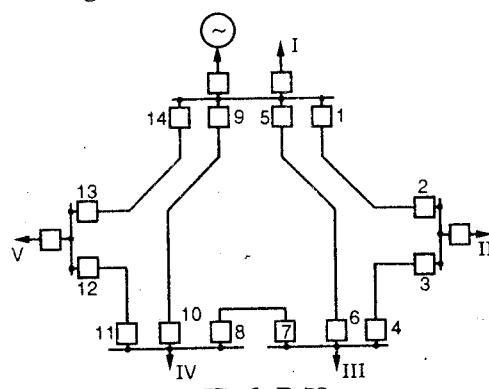
53. Chọn thời gian làm việc của bảo vệ dòng điện cực đại có hướng, có đặc tính thời gian độc lập, đặt tại các vị trí máy cắt 1,2,...,13 của H.B.53 cho biết bảo vệ nào không cần đặt bộ phận định hướng công suất.

Cho:  $\Delta t = 0,5s$ ;  $t_1 = 3s$ ;  $t_{II} = 0,5s$ ;  $t_{III} = 1s$ ;  $t_{IV} = 2s$ ;  $t_V = 1,5s$

Tính toán theo điều kiện:



Hình B.52



Hình B.53

a) Thời gian làm việc bé nhất

b) Số lượng Rôle công suất ít nhất

**Giải.** a) Theo điều kiện thời gian làm việc bé nhất (đơn vị là s):

t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9	t10	t11	t12	t13	t14
3,5	0	3	1	3	0	2,5	1,5	2,5	0	2	2,5	0	3

Bộ phận định hướng công suất bắt buộc phải đặt tại các vị trí: 2, 4, 6, 8, 10, 11, 13

b) Theo điều kiện số lượng RW ít nhất, có 02 phương án

- Phương án 1:

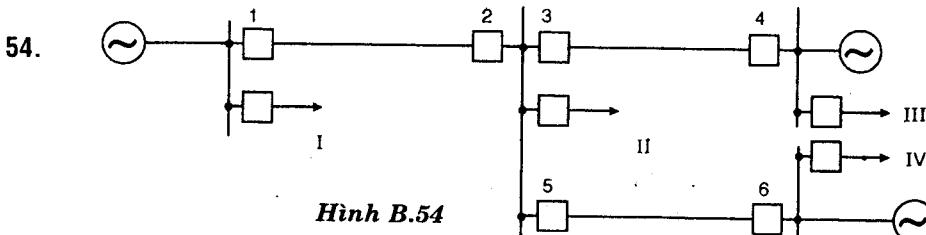
t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9	t10	t11	t12	t13	t14
3,5	0	3,5	1	3	0	2,5	2,5	3	0	2	3	0	3,5

Bộ phận định hướng công suất bắt buộc phải đặt tại các vị trí: 2, 4, 6, 8, 10, 11, 13

- Phương án 2:

t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8	t9	t10	t11	t12	t13	t14
4	0	3,5	1	3,5	0	3	1,5	3	0	2,5	2,5	0	3

Bộ phận định hướng công suất bắt buộc phải đặt tại các vị trí: 2, 4, 6, 8, 10, 13.



Cho sơ đồ như H.B.54 và số liệu ở bảng phương án, chọn thời gian làm việc của bảo vệ dòng điện cực đại hướng, có đặt tính thời gian độc lập tại các vị trí máy cắt 1,2,3,4

Phương án	t <sub>1</sub> (s)	t <sub>II</sub> (s)	t <sub>III</sub> (s)	t <sub>IV</sub> (s)
1	1	2	3	4
2	1	1,5	2	2,5
3	1	2,5	1,5	2

Cho biết vị trí nào của bảo vệ không cần đặt bộ phân định hướng công suất. Bảo vệ được chọn theo điều kiện chọn lọc và với:

a) Thời gian cắt sự cố bé nhất

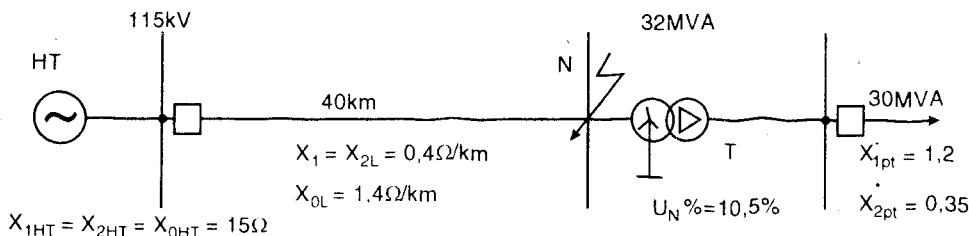
b) Số lượng RW định hướng công suất ít nhất, cho  $\Delta t = 0,5s$

Giải.

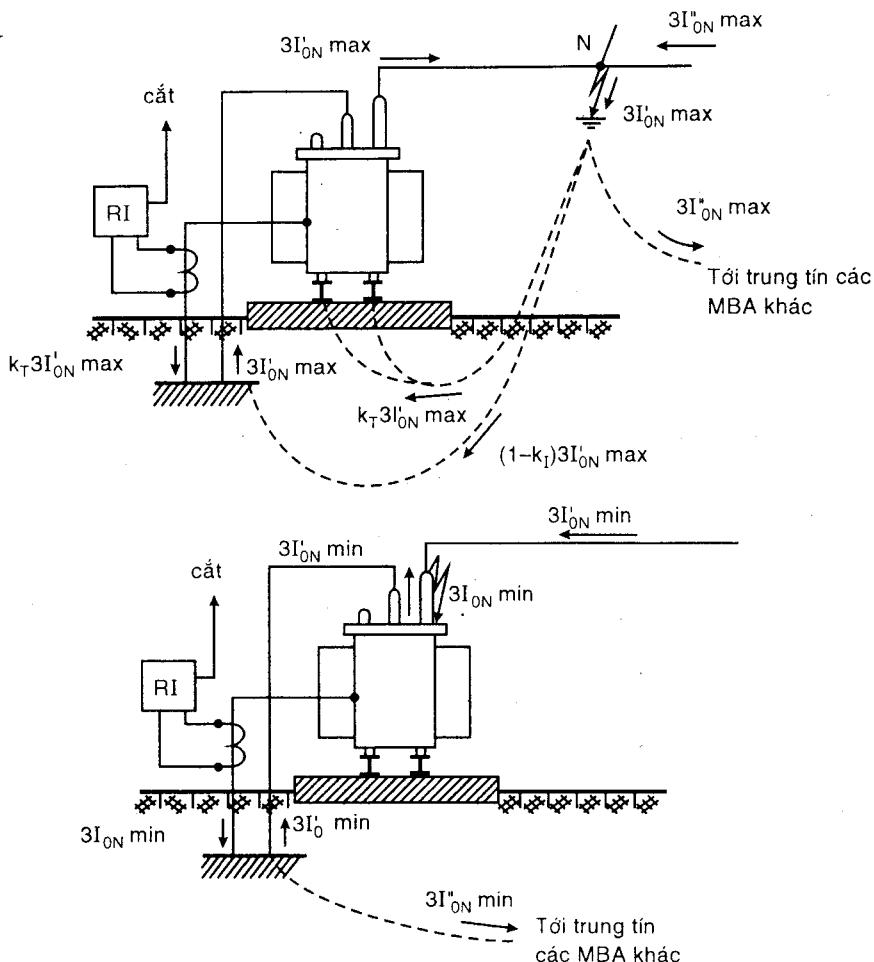
P- án	Điều kiện a		Vị trí cần RW	Điều kiện b	
	Thời gian làm việc (s)			Thời gian làm việc (s)	Vị trí cần RW
1	$t_1$	5	2;3;6	$t_1$	5
	$t_2$	1,5		$t_2$	1,5
	$t_3$	3,5		$t_3$	3,5
	$t_4$	5		$t_4$	5
	$t_5$	4,5		$t_5$	4,5
	$t_6$	4		$t_6$	4,5
2	$t_1$	3,5	2; 3	$t_1$	3,5
	$t_2$	1,5		$t_2$	1,5
	$t_3$	2,5		$t_3$	2,5
	$t_4$	3,5		$t_4$	3,5
	$t_5$	3		$t_5$	3
	$t_6$	3		$t_6$	3
3	$t_1$	3	2; 3; 5	$t_1$	3,5
	$t_2$	1,5		$t_2$	1,5
	$t_3$	2		$t_3$	2
	$t_4$	3		$t_4$	3,5
	$t_5$	2,5		$t_5$	3
	$t_6$	3		$t_6$	3

55. Xác định dòng khởi động của bảo vệ dòng thứ tự không và kiểm tra độ nhạy của bảo vệ đặt trên đường nồi vỏ máy biến áp xuống đất. Dòng phân bố để tính toán bảo vệ cho ở H.B.55.2. cho  $K_{at} = 4$ , hệ số phân bố dòng  $k_T = 0,0025$  (tỉ số dòng vào rơle so với dòng của trung tính MBA khi chạm đất bên ngoài)

**Giải.** Để tính toán bảo vệ cần biết dòng thứ tự không lớn nhất và nhỏ nhất khi chạm đất đầu ra phía điện thế cao máy biến áp (điểm N H.B.55.1)



Hình B.55.1



Hình B.55.2

Tính trong đơn vị có tên, cấp 110 kV:

Tổng trở hệ thống:  $X_{HT} = X_{2HT} = X_{0HT} = 15 \Omega$

Tổng trở đường dây:  $X_{11} = X_{21} = X_{1L} \cdot 1 = 0,4 \cdot 40 = 16 \Omega$

$$X_{01} = X_{1L} \cdot I = 1,4 \cdot 40 = 56 \Omega$$

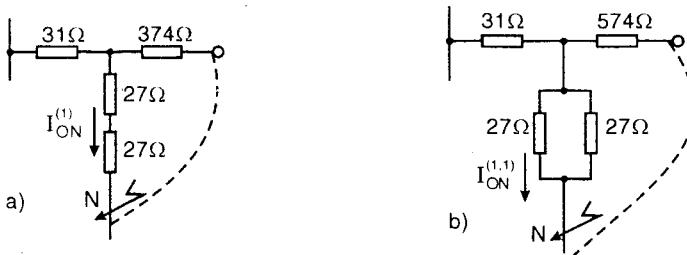
Tổng trở máy biến áp:  $X_{1T} = X_{2T} = X_{0T} = \frac{U_N \%}{100} \cdot \frac{U^2}{S_{Tdm}} = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{115^2}{32} = 44 \Omega$

Tổng trở phụ tải:

$$X_{1pt} = X_{1pt} \cdot \frac{U^2}{S_{pt}} = 1,2 \cdot \frac{115^2}{30} = 530 \Omega; \quad X_{2pt} = X_{2pt} \cdot \frac{U}{S_{pt}} = 3,35 \cdot \frac{115}{30} = 154 \Omega$$

Tổng trở tương đương tới điểm ngắn mạch:

$$X_{2\Sigma} = \frac{(15+16)(44+154)}{15+16+44+154} = 27 \Omega; \quad X_{0\Sigma} = \frac{(15+56)44}{15+56+44} = 27 \Omega$$



Hình B.55.3

Khi chạm đất 1 pha sơ đồ thay thế cho ở (H.B.55.3a)

$$X_{\Sigma}^{(1)} = 31 + \frac{54.574}{628} = 80 \Omega$$

Dòng thứ tự không ngắt tại điểm ngắn mạch:  $I_{0N}^{(1)} = \frac{115}{\sqrt{3.80}} \cdot \frac{49}{54} = 0,75 \text{ kA}$

Dòng thứ tự không từ phía MBA:  $I_{0T}^{(1)} = 0,75 \cdot \frac{27}{44} = 0,46 \text{ kA}$

Khi chạm đất 2 pha sơ đồ thay thế cho ở (H.B.55.3b)

$$X_{\Sigma}^{(1,1)} = 31 + \frac{13,5.574}{587,5} = 44,2 \Omega$$

Dòng thứ tự nghịch tại điểm ngắn mạch:  $I_{1N}^{(1,1)} = \frac{115}{\sqrt{3.44,2}} \cdot \frac{13,2}{13,5} = 1,47 \text{ kA}$

Dòng tự không tại điểm ngắn mạch:

$$I_{0N}^{(1,1)} = I_{1N}^{(1,1)} \cdot \frac{X_{2\Sigma}}{X_{2\Sigma} + X_{0\Sigma}} = 1,47 \cdot \frac{27}{54} = 0,735 \text{ kA}$$

Như vậy dòng khởi động được chọn theo điều kiện dòng  $I_{0T}^1$  còn độ nhạy được kiểm tra theo dòng  $I_{0N}^{1,1}$ . Theo (H.B.52.2):

$$3I_{0\text{MAX}} = 3I_{0T}^1 = 0,46 \cdot 3 = 1,38 \text{ kA} ; \quad 3I_{0\text{MIN}} = 3I_{0N}^{1,1} = 0,735 \cdot 3 = 2,2 \text{ kA}$$

$$I_{kd} = k_{at} \cdot k_T \cdot 3I_{0\text{max}} = 4,0,0025 \cdot 1,38 = 0,0138 \text{ kA} ; \quad k_{nh} = \frac{3I_{0\text{min}}}{I_{kd}} = \frac{2,2}{0,0138} = 160$$

56. Trình bày các hệ thống trung tính nối đất khác nhau, ưu khuyết điểm, các đặc điểm của từng hệ thống

**Giải. 1- Hệ thống trung tính hở:** Mạng trung tính hở có trở kháng giữa trung tính và đất rất lớn, dòng chạm đất rất nhỏ. Ở điều kiện bình thường hệ thống trung tính hở làm việc không khác với hệ thống trung tính trực tiếp nối đất. Chỉ cung cấp một giá trị điện áp phân phổi đó là điện áp dây, sơ đồ phân phổi ba pha ba dây.

*Những ưu điểm, nhược điểm trong hệ thống trung tính hở:*

- Thường được áp dụng cho mạng có nhiều động cơ

- Dòng chạm sơ cấp rất thấp vì thế các thiết bị hư hỏng vẫn có thể được cung cấp điện.
- Dòng chạm đất dễ tìm ra nhưng khó xác định vị trí
- Dòng chạm đất thấp nên hư hỏng nhỏ.
- Điện áp quá độ cao
- Các sự cố phát sinh hồ quang điện có thể trầm trọng thêm bởi sự tích điện lặp lại của điện dung trên dây chạm đất trong hệ thống trung tính hở
- Điều kiện phối hợp khắc khe

**2- Trung tính nối đất qua tổng trở cao:** Một tổng trở cao được nối đất với trung tính hệ thống điện có tổng trở đủ lớn để giới hạn dòng chạm đất tới một giá trị rất bé. Giá trị này không thể bỏ qua trong các mô hình tính toán. tiêu chuẩn quốc tế cho phép nối đất điện trở cao trong hệ thống điện xoay chiều 3 pha có áp 480V đến 1000V khi không cần cung cấp tải 1 pha. Hệ thống nối đất tổng trở cao có thể là kháng trở hay điện trở hay cả hai.

*Các ưu và nhược điểm trong hệ thống tổng trở cao:*

- Được dùng trong hệ thống điện công nghiệp
- Mức độ dòng chạm sơ cấp từ 1 đến 10A thì có hư hỏng thấp.
- Có thể làm việc khi đang chạm đất
- Quá điện áp quá độ được giới hạn khoảng 250% điện áp pha.

Hệ thống nối đất tổng trở cao thường 10 A trở xuống được thiết kế sao cho  $R_o \leq X_{Co}$  để giới hạn quá điện áp quá độ vì chạm đất phát sinh hồ quang. với:  $X_{Co}$  - dung kháng phân phối trên mỗi pha đến hệ thống nối đất

$R_o$  - điện trở thứ tự không trên mỗi pha của hệ thống

Hệ thống nối đất điện trở cao thông thường được tìm thấy trong các hệ thống công nghiệp đơn giản, nguồn cung cấp được xử lý hợp lý. Hầu hết các hệ thống dự phòng khẩn cấp điện áp thấp được yêu cầu phục vụ cho các tải một pha. Các cuộn dây của máy phát khẩn cấp được nối sao, và trung tính thì được kéo ra để sử dụng như một dây dẫn. Trong trường hợp này sẽ không cho máy phát nối đất điện trở cao. Tuy nhiên, nơi mà không cần cung cấp điện cho các tải một pha (tải động cơ 480 V) hay nơi mà máy biến áp cách ly nối sao tam giác được dùng như một trung tính cho các tải một pha, một máy phát 3 pha ba dây dẫn có áp 480 V có thể được nối đất điện trở cao.

*Ví dụ 1:* Một hệ thống điện xí nghiệp 13,8 kV với các phần tử được liệt kê ở dưới (H.B.56.1). Hệ thống này được nối đất như ở (H.B.56.2). Tính toán dòng chạm đất nhỏ. Từ dữ liệu ước tính các trị điện dung so với đất như sau:

MBA nguồn T1	0,004 $\mu\text{F}/\text{pha}$ (hạ sang cao)
Máy phát	0,11 $\mu\text{F}/\text{pha}$
Động cơ	0,06 $\mu\text{F}/\text{pha}$
Cáp	0,13 $\mu\text{F}/\text{pha}$
MBA động lực T2	0,008 $\mu\text{F}/\text{pha}$
Tụ chống xung đột biến	0,25 $\mu\text{F}$
Tổng điện dung so với đất	0,562 $\mu\text{F}$

Dung trở hệ thống so với đất:

$$X_o^c = \frac{-j10^6}{2\pi f c} = -j \frac{10^6}{2 \cdot (3.146) \cdot (60) \cdot (0.562)} = 4719.49 (\Omega/\text{pha})$$

Vì thế dòng điện dung ở cấp 13,8 kV là:

$$I^c = \frac{13.800}{\sqrt{3} \cdot 4719.9} = 1,69 (\text{A}/\text{pha})$$

Tổng dung trở trong đơn vị tương đối với  $S_{cb} = 20 \text{ MVA}$

$$X^* = \frac{20 \cdot (4719.9)}{13.8^2} = 495.68 (\text{đvtđ})$$

Hệ thống nối đất qua điện trở cao thì  $R = X_o^c$

Vì thế  $R$  trong mạng thứ tự không là 495,68 (đvtđ)

Tổng trở trung tính hệ thống:

$$Z_o^* = \frac{(495.7)(-j495.7)}{495.7 - j495.7} = 350.5 \angle -45^\circ (\text{đvtđ})$$

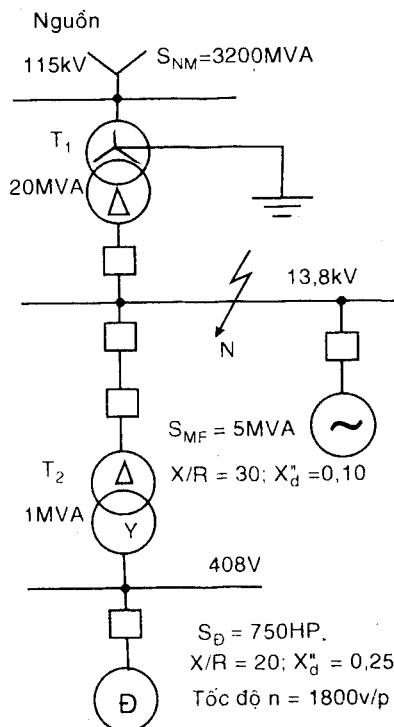
Đối với chạm đất một pha mang trung tính nối đất qua tổng trở cao, giá trị thứ tự thuận, thứ tự nghịch của hệ thống rất nhỏ so với thứ tự không và có thể được bỏ qua. Các giá trị dòng thứ tự thuận, nghịch, không:

$$I_1^* = I_2^* = I_o^* = \frac{j1.0}{350.5 \angle -45^\circ} = 0,00285 \angle 45^\circ$$

Dòng cơ bản:  $I_{cb} = \frac{20000}{\sqrt{3} \cdot 13.8} = 836.74 \text{ A}$

Dòng chạm đất là:  $I_d = 0,00285 \cdot 836.74 \approx 2,3847 \text{ A}$

Trong hệ thống nối đất điện trở cao, trung tính được nối đất qua điện trở được chọn có giá trị sao cho dòng chạm đất qua điện trở bằng hoặc lớn

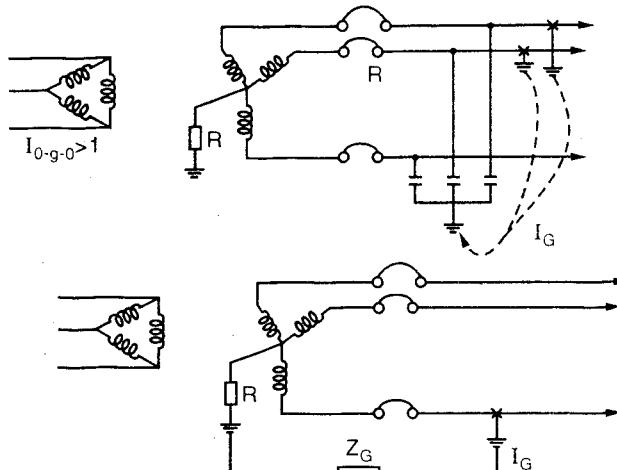


Hình B.56.1

hơn dòng điện dung hệ thống. Điện trở có thể được nối trực tiếp từ trung tính xuống đất hay mạch thứ cấp của máy biến áp. Dòng chạm đất tiêu biểu sơ cấp là 1 đến 10 A.

$$I_G = \frac{U_{pha}}{R} \rightarrow R = U_{pha} / I_G ; \text{ chọn } I_G = 5 \text{ A}$$

$$\rightarrow R = 220 / 5 = 44 \Omega \text{ đối với hệ thống } 380 \text{ V}$$



Hình B.56.2

**3. Nối đất qua tổng trở thấp:** Một tổng trở thấp được nối đất qua một hệ thống điện cho phép dòng chảy tương đối lớn khi chạm đất. Nơi mà biên độ dòng chạm đất được xác định ở phía sơ cấp bởi một điện trở, dòng chạm đất trung pha với điện áp của hệ thống (lệch 1 góc rất nhỏ  $\approx 2^\circ$ ). Dòng chạm đất có thể được giới hạn thực chất bởi điện trở để điều chỉnh nhỏ trong các hệ thống nối đất. Qua điện áp thoáng qua có thể được dự kiến trước để giúp cho nó nằm trong khoảng 2,5 lần điện áp bình thường, chỉ có một số ít lớn hơn 1,8 giá trị mong đợi của hệ thống nối đất trực tiếp. Điện kháng nối đất trực tiếp thường thì được giới hạn đối với máy phát, sự giảm bớt của dòng chạm đất bởi các cuộn kháng được giữ ở khoảng 25% dòng 3 pha. Nếu không thì quá điện áp thoáng qua có nguy cơ gây mất ổn định bởi hồ quang cháy lặp lòe trong hệ thống chạm đất.

Các ưu và nhược điểm trong nối đất tổng trở thấp:

- Dòng chạm đất sơ cấp  $50 \div 600 \text{ A}$
- Được áp dụng trong hệ thống điện công nghiệp từ  $1000 \text{ V} \div 15 \text{ kV}$
- Dễ dàng và xác định chính xác các vị trí chạm có chọn lọc.

*Ví dụ 2:* Dùng cuộn kháng nối đất trong H.B.56.2 được áp dụng để giới hạn dòng 1 pha lớn nhất trong hệ thống lên đến 400A ở phía sơ cấp. Tính toán chọn cuộn kháng này.

Chọn  $S_{ch} = 200 \text{ MVA}$ , từ dữ liệu chúng ta xác định các tổng trở chuẩn.

Điện kháng nguồn:  $X_1^* = X_2^* = S_{cb}(\text{MVA})/S_{\text{nguồn}}(\text{MVA}) = 20/3200 = j0,00625$  (đvtđ)

Điện kháng MBA:  $X_t^* = j0,052$  (đvtđ)

Tổng điện kháng thứ tự thuận, thứ tự nghịch:

$$X_1^* = X_2^* = j(0,063 + 0,052) = 0,0583 \text{ (đvtđ)}$$

Tổng điện kháng thứ tự không:  $X_o^* = j(0,052 + 3X)$  (đvtđ)

Đối với dòng chạm sơ cấp 400 A:

$$I_1 = I_2 = I_o = 400/3 = 133,33 \text{ A} \text{ ở } 13,8 \text{ kV} \text{ (do } I_a = 3I_o)$$

$$I_{cb} = \frac{20,000}{\sqrt{3} \cdot 13,8} = 836,74 \text{ A}$$

$$I_1^* = I_2^* = I_o^* = 133,33/836,74 = 0,159 \text{ đvtđ}$$

$$X_1^* = X_2^* = X_o^* = j(0,1685 + 3X) \text{ đvtđ}$$

Giả thiết  $V = j1,0$  và giải tìm  $X$  chúng ta có  $X^* = 2,063$  đvtđ. Từ  $Z_{cb} = 13,8^2/20$ , vì thế tổng trở của kháng điện là:  $X = 2,063 \times 13,8^2/20 = 19,38 \Omega$

Nối đất qua điện trở thấp không được dùng rộng rãi ở hệ thống điện áp thấp. Vì việc phối hợp cắt các phát tuyế, nhánh phức tạp so với hệ thống nối đất khác.

**4- Hệ thống nối đất trực tiếp:** Sự tương phản của nối đất trung tính hở là nối đất trực tiếp. Trong sự lắp đặt này chúng ta phải bảo đảm rằng tất cả các dòng chạm đất phải được phát hiện bởi các thiết bị bảo vệ. Nối đất trực tiếp có dòng chạm đất rất lớn làm cho các máy cắt và các cầu chì sẽ tác động tức thời. Hầu hết trong các hệ thống hạ áp đều nối đất trực tiếp. Theo tiêu chuẩn quốc tế thì hệ thống điện xoay chiều có áp từ 50 - 1000V thì phải nối đất trực tiếp, điện áp chạm đất không quá 150V, hệ thống một pha cũng được nối đất trực tiếp.

#### Những nét đặc trưng của hệ thống nối đất trực tiếp

- Được áp dụng cho hệ thống điện công nghiệp là dưới 1000 V và trên 15000 V (diện áp nằm trong khoảng 2400 ÷ 4800 V thường không nối đất trực tiếp)

- Giá trị của dòng chạm đất từ thấp đến rất cao.

- Dòng chạm dễ phát hiện và chọn lọc đúng vị trí. Tiêu chuẩn IEEE 142 có một định nghĩa cho nối đất trực tiếp. Khi thông số của hệ thống là:  $X_0/X_1 \leq 3,0$  và  $R_o/X_1 \leq 1,0$  thì hệ thống được gọi là nối đất trực tiếp.

- Điều kiện phối hợp dễ dàng

Ví dụ 3: Hệ thống nối đất trực tiếp (H.B.56.2) với  $R = 0$ , số liệu như ở H.B.56.3). Tại điểm chạm N, trong giá trị cơ bản  $S_{cb} = 20 \text{ MVA}$ :  $U_{cb} = 13,8 \text{ kV}$ :  $X_1^* = X_2^* = j0,0583$  đvtđ;  $X_o^* = j0,052$

Tính toán dòng chạm đất 1pha:

$$X_1^* = X_2^* = X_o^* = j0,1685 \text{ và: } I_1^* = I_2^* = I_o^* = \frac{j1,0}{j0,1685} = 5,934(\text{đvtđ}) = 4.965,8 \text{ A}$$

với:  $U_{cb} = 13,8 \text{ kV}$ ;  $I_{cb} = 836,74 \text{ A}$ ;  $I_a = 3I_o = 3(5,934) = 17,8 \text{ (đvtđ)} = 14897,5 \text{ A}$

Dòng chạm ba pha tại N với  $V_1 = j1,0$

$$I_1 = \frac{j1,0}{j0,0583} = 17,17(\text{đvtđ}) = 14364,6 \text{ A}$$

**Nhận xét:** Sự khác nhau giữa dòng chạm đất 3 pha và dòng chạm đất 1 pha là nhỏ, bởi vì nguồn khá lớn so với MBA cung cấp. Nếu tổng trở nguồn lớn hơn, hai dòng chạm này sẽ thấp hơn, những dòng chạm đất sẽ có tỷ lệ phần trăm lớn hơn dòng ngắn mạch ba pha.

#### Tóm tắt các loại nối đất trong hệ thống:

R là điện trở chạm, X là điện kháng chạm trong hệ thống.

Nối đất trực tiếp:  $R_o \leq X_1$  và  $X_o \leq 3X_1$

Nối đất qua điện kháng:  $X_o \leq 10X_1$

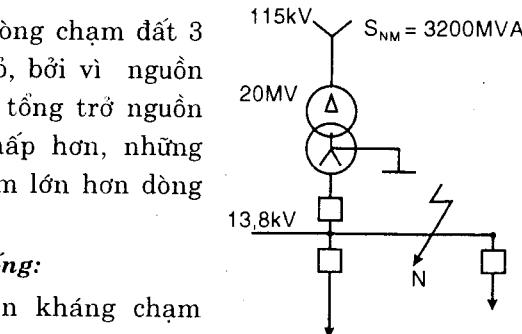
Nối đất qua điện trở:  $R_o \geq 2X_o$

Nối đất qua điện trở cao:  $R_o \leq X_o^c / 3$

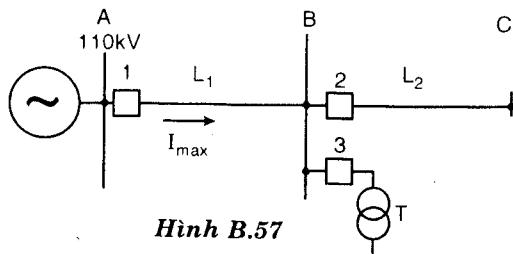
$X_o^c$  - là điện kháng thứ tự không mang tính dung.

Nối đất để phục vụ cho tải một pha  $Z \leq Z_1$ , Z là tổng trở ngắn mạch trong hệ thống.

57. Cho sơ đồ (H.B.57) bảng phương án. Chọn BI, BU, tổng trở khởi động, thời gian làm việc của bảo vệ khoảng cách 3 cấp chống ngắn mạch nhiều pha đặt tại vị trí máy cắt 1 của sơ đồ.



Hình B.56.3



Hình B.57

Ph-án	L <sub>1</sub> (km)	L <sub>2</sub> (km)	SđmT(MVA)	I <sub>lvmax</sub> (A)	Thời gian của bảo vệ dự trù	
					Đ dây (s)	MBA
1	50	50	40	260	2	2,5
2	50	100	2 x 10	260	1,5	1,5
3	100	50	40	260	2	2
4	100	100	63	250	1,5	2

Cho  $\Delta t = 0,5 \text{ s}$ ,  $Z_{đđ} = 0,4 \Omega/\text{km}$ ,  $U_{NT} \% = 10,5\%$ . Máy biến áp có bảo vệ chính là bảo vệ so lech tác động tức thời, xác định hệ số độ nhạy.

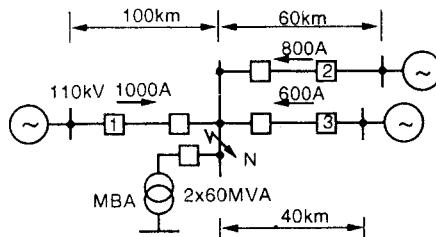
Giải.

Phương án	1	2	3	4
Tỷ số B1	300/5	300/5	300/5	300/5
Tổng trở khởi động sơ cấp ( $\Omega$ )	Cấp I	17	17	34
	Cấp II	30,6	44,2	59,4
	Cấp III	111	111	111
Tổng trở khởi động thứ cấp ( $\Omega$ )	Cấp I	0,93	0,93	01,85
	Cấp II	1,67	2,41	3,24
	Cấp III	6,05	6,05	6,05
Hệ số độ nhạy	Cấp II	1,53	2,21	1,48
	Cấp III	5,55	5,55	2,77
Thời gian tác động	Cấp II	0,5	0,5	1
	Cấp III	3	2	2,5

Hướng dẫn: Có thể áp dụng công thức:

$$Z_1^I = 0,8 \div 0,95 Z_{AB}; \quad Z_1^{II} = Z_{AB} + 0,5 \min \{Z_{BC}, Z_T\}; \quad Z_1^{III} = 1,2 (Z_{AB} + \max \{Z_{BC}, Z_T\})$$

58. Cho sơ đồ như (H.B.58), tính tổng trở khởi động cấp I, cấp II và hệ số độ nhạy của bảo vệ khoảng cách chống ngắn mạch nhiều pha đặt tại các vị trí 1,2,3 mang 110 kV. Trị số dòng điện ngắn mạch phân bố khi có ngắn mạch 3 pha tại N cho trên H.B.58.



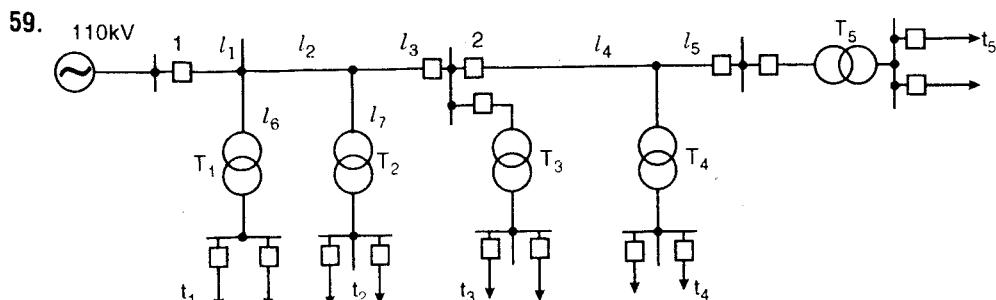
Hình B.58

Tất cả các nguồn có SĐĐ bằng nhau, tất cả tổng trở các phần tử có cùng một góc pha, cho  $Z_{đđ} = 0,4 \Omega/km$  và  $U_{N\%_{MBA}} = 10,5\%$

**Giải.** - Bảo vệ tại vị trí 1:  $Z_{kd1}^I = 34,0 \Omega$ ;  $Z_{kd1}^{II} = 53,6 \Omega$ ;  $K_{nh1} = 1,34$

- Bảo vệ tại vị trí 2:  $Z_{kd2}^I = 20,4 \Omega$ ;  $Z_{kd2}^{II} = 44,9 \Omega$ ;  $K_{nh2} = 1,87$

- Bảo vệ tại vị trí 1:  $Z_{kd3}^I = 13,6 \Omega$ ;  $Z_{kd3}^{II} = 47,5 \Omega$ ;  $K_{nh3} = 2,97$



Hình B.59

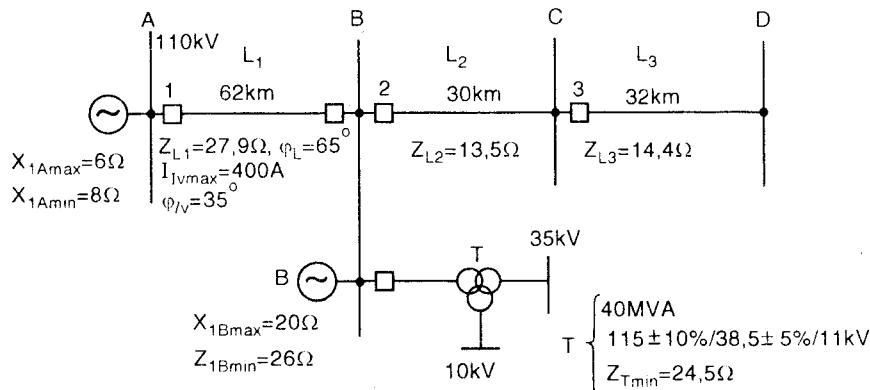
Cho sơ đồ như (H.B.59) và bảng phương án, chọn trị số khởi động ( $Z_{kd1}^I, Z_{kd1}^{II}, t_1^{II}$ ) của bảo vệ khoảng cách 2 cấp chống ngắn mạch nhiều pha tại vị trí máy cắt 1.

P. án	Chiều dài đường dây (km)							Công suất MBA (MVA)					Thời gian bảo vệ (s)				
	$l_1$	$l_2$	$l_3$	$l_4$	$l_5$	$l_6$	$l_7$	$S_{T1}$	$S_{T2}$	$S_{T3}$	$S_{T4}$	$S_{T5}$	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_4$	$t_5$
1	30	30	40	50	50	20	0	2x10	2x10	40	63	40	2	1	1,5	2	2
2	30	30	40	20	30	20	0	2x16	32	40	40	40	2	1	1,5	2	2
3	30	30	40	20	30	0	30	63	40	40	40	10	2	2	1,5	1,5	2

Cho  $\Delta t = 0,5$ s. Tại vị trí 2 đặt bảo vệ khoảng cách 3 cấp, máy biến áp có bảo vệ so lệch tác động tức thời.  $Z_{dd} = 0,4 \Omega/km$ ,  $U_{N\%MBA} = 10,5\%$ . Các dữ liệu đường dây, MBA, thời gian cắt ngắn mạch của các nhánh phụ tải cho ở bảng phương án trên.

Hướng dẫn: lưu ý khi chọn tổng trở khởi động cấp I theo nhánh có tổng trở nhỏ nhất; tổng trở khởi động cấp II phải lớn hơn nhánh dài nhất của đường dây thuộc MC1

60. Xác định tổng trở khởi động và thời gian làm việc của bảo vệ khoảng cách chống NM nhiều pha đặt tại vị trí 1 (H.B.60) khi  $L_1 = 62$  km và  $L_1 = 12$  km.



Hình B.60

**Giải.** a) Tổng trở khởi động và thời gian làm việc của bảo vệ khoảng cách cấp I đặt tại vị trí máy cắt 1:

$$Z_{kd1}^I = 0,85 \cdot Z_{L1} = 0,85 \cdot 27,9 = 23,7 \Omega ; t_1^I = 0s$$

Tổng trở cấp II của bảo vệ 1  $Z_{kd1}^{II}$  được chọn theo điều kiện phối hợp độ nhạy với bảo vệ cấp I của máy cắt 2  $Z_{kd2}^I$  và điểm ngắn mạch tại các thanh cáp 35 kV; 10 kV của máy biến áp T.

$$\text{Ta biết: } Z_{kd2}^I = 0,85 \cdot Z_{L2} = 0,85 \cdot 13,5 = 11,5 \Omega$$

Theo điều kiện phối hợp với cấp I của bảo vệ 2:

$$Z_{\text{kd1}}^{\text{II}} = k_{11}(Z_{L1} + k_q / K_{p\max} \cdot Z_{\text{kd2}}^{\text{I}}); \quad Z_{\text{kd1}}^{\text{II}} = 0,85 \cdot Z_{L1} + 0,78 \cdot (Z_{\text{kd2}}^{\text{I}} / K_{p\max})$$

trong đó:  $K_{p\max} = I_{L1} / I_{L2} = 0,434$  - hệ số phân dòng là tỉ số dòng NM của đường dây L1 và L2 khi ngắn mạch nhiều pha tại cuối vùng bảo vệ cấp I của bảo vệ 2 trên đường dây L2 (tính trong chế độ cực đại tại nguồn A và cực tiểu nguồn B). Từ đó:  $Z_{\text{kd1}}^{\text{II}} = 0,85 \cdot 27,9 + (0,78 \cdot 11,5) / 0,434 = 44,4 \Omega$

Theo điều kiện ngắn mạch sau MBA

$$Z_{\text{kd1}}^{\text{II}} = 0,85 \cdot (Z_{L1} + Z_{T\min} / K_{PT})$$

trong đó:  $Z_{PT} = Z_{L1} / Z_T = K_{p\max} = 0,434$  - hệ số phân dòng;  $Z_{T\min} = 24,5 \Omega$

$$\text{Từ đó: } Z_{\text{kd1}}^{\text{II}} = 0,85 \cdot [27,9 + (24,5 / 0,434)] = 71,8 \Omega$$

$$\text{Từ 2 điều kiện trên chọn: } Z_{\text{kd1}}^{\text{II}} = 44,4 \Omega$$

$$\text{Độ nhạy cấp thứ II bảo vệ 1: } Z_{\text{kd1}}^{\text{II}} = Z_{\text{kd1}}^{\text{II}} / Z_{L1} = 44,4 / 27,9 = 1,43 > 1,25$$

$$\text{Thời gian cấp thứ II: } Z_{\text{kd1}}^{\text{II}} = \Delta t = 0,35 \div 0,5s$$

Tổng trở khởi động cấp 3 được chọn theo điều kiện tổng trở của phụ tải nghĩa là lúc vận hành với dòng tải cực đại  $I_{lv\max}$  và điện áp cực tiểu:

$$U_{lv\min} = (0,9 \div 0,95)U_{dm}; \quad Z_{\text{kd1}}^{\text{III}} = U_{lv\min} / (\sqrt{3} \cdot K_{at} K_{mn} K_{tv} I_{lv\max} \cos(\varphi_{nh} - \varphi_{lv}))$$

trong đó:  $K_{at} = 1,2$  hệ số an toàn;  $K_{mn} = 1,5$  hệ số mở máy động cơ

$$K_{tv} = 1,05 \div 1,1 - \text{hệ số trở về.}$$

$\varphi_{nh}$  - góc độ nhạy cực đại rơ le tổng trở có hướng, thường được chọn là góc tổng trở đường dây ( $65 \div 80^\circ$ );  $\varphi_{lv}$  - góc phụ tải

$$\text{Từ đó: } Z_{\text{kd1}}^{\text{III}} = 83,3 \Omega$$

Độ nhạy cấp III của bảo vệ 1 tính toán khi ngắn mạch cuối đường dây L1:

$$K_{nh1}^{\text{III}} = Z_{\text{kd1}}^{\text{III}} / Z_{L1} = 83,3 / 27,9 = 2,68 > 1,5$$

Hoặc NM cuối vùng bảo vệ dự trữ cuối đường dây BC

$$K_{nh1}^{\text{III}} = Z_{\text{kd1}}^{\text{III}} / Z_{dt\max} = Z_{\text{kd1}}^{\text{III}} / (Z_{L1} + Z_{L2} / K_{p\min})$$

Tính toán dự trữ lớn nhất  $Z_{dt\max}$  từ hệ số phân bố dòng trong chế độ cực tiểu của hệ thống B:  $K_{nh1}^{\text{III}} = 83,3 / (27,9 + 13,5 / 0,358) = 1,27 > 1,2$

$$\text{Thời gian làm việc: } t_1^{\text{III}} = t_2^{\text{III}} + \Delta t$$

Để giảm thời gian làm việc, cấp thứ III có thể được chọn theo điều kiện phối hợp với cấp thứ II của bảo vệ số 2:  $Z_{\text{kd1}}^{\text{III}} = 0,85 Z_{L1} + 0,78 Z_{\text{kd2}}^{\text{II}} / K_{pT\max}$

$$\text{Lúc này thời gian có thể chọn: } t_1^{\text{III}} = t_2^{\text{II}} + \Delta t$$

b) Nếu chiều dài đường dây L2 là 12 km ( $Z_{L2} = 5,4 \Omega$ ) xác định lại tổng trở khởi động cấp II của bảo vệ 2:  $Z_{\text{kd2}}^{\text{I}} = 0,85 Z_{L2} = 0,85 \cdot 5,4 = 4,69 \Omega$

$$Z_{\text{kd1}}^{\text{II}} = 0,85 Z_{L1} + 0,78 Z_{\text{kd2}}^{\text{I}} K_{p\max} = 0,85 \cdot 27,9 + 0,78 \cdot 4,69 / 0,434 = 31,9 \Omega$$

$$K_{nh1}^{\text{II}} = Z_{\text{kd1}}^{\text{II}} / Z_{L1} = 31,9 / 27,9 = 1,14 < 1,20: \text{không đủ độ nhạy}$$

Cần phối hợp lại:

$$Z_{kd3}^I = 0,85 Z_{L3} = 0,85 \cdot 14,4 = 12,24 \Omega$$

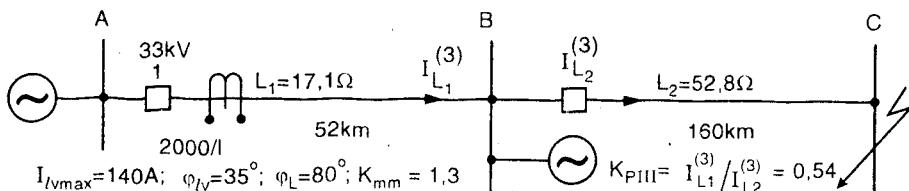
$$Z_{kd2}^{II} = 0,85 Z_{L2} + 0,78 Z_{kd3}^I = 0,85 \cdot 5,4 + 0,78 \cdot 12,24 = 14,14 \Omega$$

$$Z_{kd1}^{II} = 0,85 Z_{L1} + 0,78 Z_{kd2}^{II} / K_{pmax} = 0,85 \cdot 27,9 + (0,78 \cdot 14,4) / 0,434 = 48,9 \Omega$$

$$\text{Độ nhạy: } K_{nh1}^{II} = Z_{kd1}^{II} / Z_{L1} = 48,9 / 27,9 = 17,5 > 1,20$$

Lúc đó thời gian là việc của cấp II của bảo vệ:  $t_1^{II} = t_2^{II} + \Delta t$

61.



Hình B.61.1

Chọn đặc tuyến và trị số khởi động của bảo vệ khoảng cách cấp III chống ngắn mạch nhiều pha đặt tại vị trí 1 (H.B.59.1). Cho góc độ nhạy cực đại trùng với góc tổng trở đường dây; dòng thứ cấp định mức 1 A.

**Giải.** Chọn đặc tuyến vòng tròn qua góc 0 (H.B.61.2).

$$Z_{kd}^{III} = U_{lvmin} / (\sqrt{3} \cdot K_{at} K_{mm} K_{tv} I_{lvmax} \cos(\varphi_{nh} - \varphi_{lv}))$$

$$= 0,95 \cdot 33000 / (\sqrt{3} \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,05 \cdot 140 \cos(80 - 35)) = 111,7 \Omega$$

Độ nhạy tính khi NM nhiều pha tại trạm C:

$$K_{nh}^{III} = Z_{kd}^{III} / (Z_{L1} + Z_{L2} / K_{pIII}) = 111,7 / (17,1 + 52,8 / 0,54) = 0,937 < 1,2$$

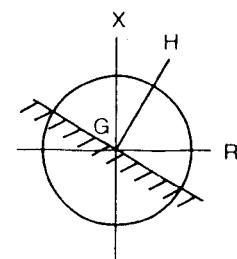
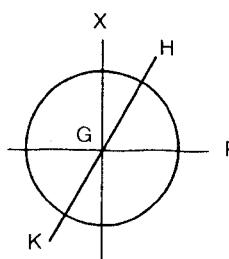
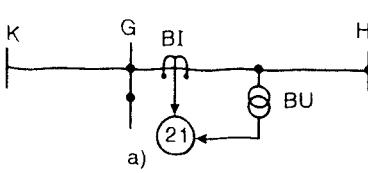
Chọn lại đặc tuyến hình ellip có trị số đặt cực đại:

$$Z_{kdmax} = 100 \Omega; Z_{kdmax}^{III} = Z_{kdmax} \cdot n_{BU}/n_{BI} = 100 \cdot 3300/2000 = 165 \Omega$$

$$\text{Độ nhạy: } Z_{kd}^{III} = 165 / [17,1 + (52,8/0,54)] = 1,43 > 1,2$$

62. Các dạng đặc tính khác nhau của role khoảng cách, lĩnh vực áp dụng.

**Giải.** *Đặc tính tổng trở: (OHM)*



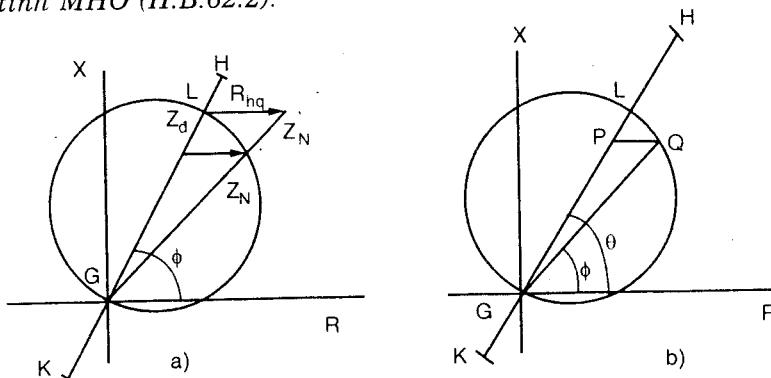
Hình B.62.1

Rôle tổng trở đặt tại vị trí G vùng bảo vệ của nó gồm đường dây GH và GK (H.B.62.1). Rôle tổng trở có ba nhược điểm chính:

- 1- Không có hướng, phát hiện sự cố cả hai phía vị trí đặt của rôle.
- 2- Diện tích vùng tác động lớn nên bị ảnh hưởng nhiều khi có dao động.
- 3- Bị ảnh hưởng bởi điện trở hồ quang.

Để chỉ bảo vệ đường dây GH cần phối hợp với rôle định hướng công suất (H.B.62.1b)

*Đặc tính MHO (H.B.62.2):*



**Hình B.62.2**

- Có hướng, chỉ tác động khi NM trên đoạn GH.

- Đặc tính được điều chỉnh theo:

- Tổng trở đặt  $Z_d$  – đường kính đặt là tổng trở của phần tử muốn bảo vệ.
- Góc  $\phi$  (góc đặc tính) – góc giữa đường kính và trục R.

Tổng trở chạm thay đổi theo góc chạm phụ thuộc và giá trị tương đối giữa R và X lúc chạm. Khi chạm có hồ quang thành phần R sẽ tăng lên và làm thay đổi góc sự cố. Nếu rôle MHO có góc đặc tính bằng góc tổng trở của đường dây ( $\theta$ ) khi chạm có hồ quang tổng trở biểu kiến đo được của rôle sẽ lớn hơn tổng trở đường dây (H.B.62.2a) (dưới tầm)

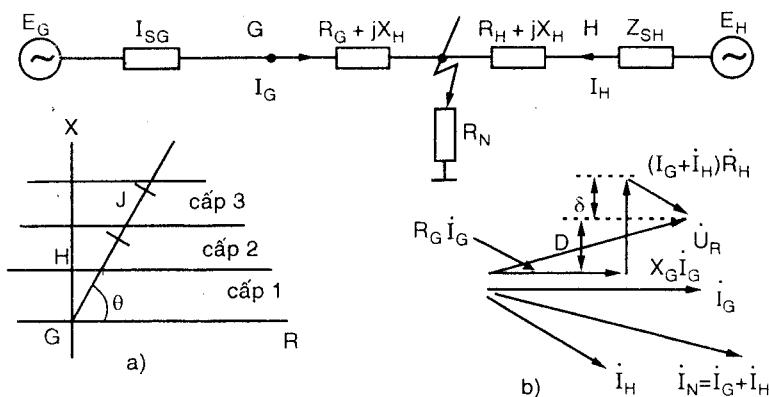
Chọn góc đặc tính  $\phi$  nhỏ hơn góc đường dây  $\theta$  (H.B.62.2b) để khi chạm có điện trở hồ quang không gây ra hiện tượng dưới tầm.

GL là chiều dài đường dây được bảo vệ; nếu  $\phi = \theta$  thì tổng trở đặt bằng GL; nếu  $\phi < \theta$  thì đoạn đường dây GL được bảo vệ thực tế bằng tổng trở đặt GQ nhân với  $\cos(\theta - \phi)$

Do đó tổng trở đặt của rôle mho được tính:  $GQ = GL / \cos(\theta - \phi)$

Điện trở hồ quang lớn đáng kể trên đường dây ngắn có dòng NM dưới 2000 A. Đường dây dài trụ thép ảnh hưởng hồ quang không đáng kể.

*Đặc tính kháng trở:*



*Hình 62.3*

Đặt đặc tính kháng trở không phụ thuộc vào thành phần điện trở (H.B.62.3a) nên điện trở hồ quang không ảnh hưởng đến sai số rôle. Tuy nhiên khi điện trở chạm lớn cũng có thể gây ra quá tần hay dưới tần như trường hợp sau: có hệ thống hai nguồn tương đương  $E_G$  và  $G_H$ , giả thiết  $E_G$  sớm pha với  $E_H$  (công suất trước khi NM truyền tải  $G$  sang  $H$ ). Khi chạm tại  $N$  qua điện trở  $R_N$  có dòng chạm:  $I_N = I_G + I_H$

Vì  $I_N$  không trùng pha với  $I_G$  và  $I_H$  nên role tổng trở đo được  $R_N$  như là 1 tổng trở (H.B.62.3b). Từ giản đồ vectơ thấy rằng kháng trở  $D$  cảm nhận bởi role ở  $G$  thì nhỏ hơn kháng trở thực tế đường dây ( $X_G$ ) làm role bị quá tầm. Tương tự role ở vị trí  $H$  bị dưới tầm.

Đặc tính tứ giác (Quadramho) (H.B.62.4):

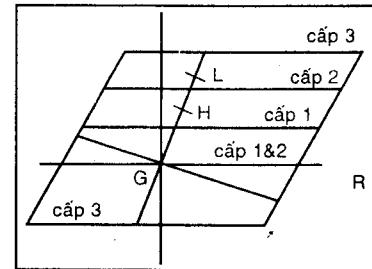
Đặc tính này được dùng để bảo vệ chạm đất đường dây ngắn và trung bình. Đặc tính này phối hợp các ưu điểm của role kháng trở, có hướng và điều chỉnh được R.

### Đặc tính MHO đặc biệt (OFF SET MHO):

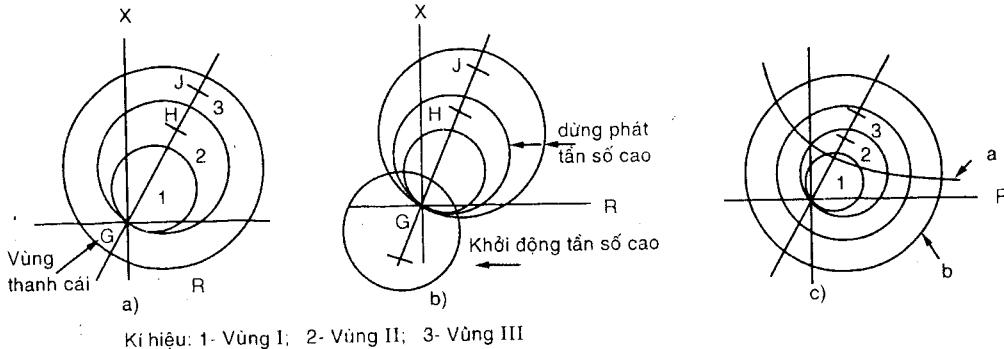
Khi NM gần chỗ đặt rơ le điện thế đưa vào rơ le bằng không, đặc tính MHO có hướng có thể không làm việc được. Trong trường hợp này có thể dùng đặc tính MHO đặc biệt.

Đặt tính MHO đặc biệt có 3 công dụng:

- 1- Bảo vệ cấp III và dự trữ cho thanh cái (H.B.62.5a).
  - 2- Làm đơn vị khởi động khoảng cách trong sơ đồ bảo vệ tần số cao (H.B.62.5b)
  - 3- Mạch khóa dao động công suất (H.62.5c)



**Hình B.62.4**



Kí hiệu: 1- Vùng I; 2- Vùng II; 3- Vùng III

Hình B.62.5

a) đường dao động; b) hướng đặc tuyến khóa dao động công suất

63. Cho đường dây: dài 100 km;  $U_{dm} = 110 \text{ kV}$ ;  $R_L = 0,27 \Omega/\text{km}$ ;  $X_L = 0,41 \Omega/\text{km}$ ;  $I_{lvmax} = 250 \text{ A}$ ;  $0 \leq x_{pt} \leq 30^\circ$ . Chọn trị đặt rơle tổng trớ và xác định:

a) Tổng trớ trung gian  $R_o$  để bảo vệ còn tác động khi ngắn mạch 2 pha đầu đường dây 1 nguồn. Tổng trớ trung gian  $R_{1/2}$  khi NM 2 pha giữa đường dây.

b) Độ dự trữ chọn lọc lúc tải cực đại.

**Giải.**  $Z = 100(0,27 + j0,41) = 27 + j41 = 49e(j56^\circ 40')$ . Giả thiết muốn bảo vệ toàn bộ đường dây, chọn đặc tuyến tổng trớ. (H.B.63)

Trị đặt:  $Z_d = 49 \Omega \angle 56^\circ 40'$

Điện trớ hồ quang trung gian biểu diễn trong mặt phẳng tổng trớ là đường thẳng song song với trục hoành (chỉ có thành phần điện trớ  $R$ ). Để rơle vẫn tác động thì tổng trớ rơle do được gồm tổng trớ đường dây từ chỗ NM và điện trớ hồ quang trung gian phải nằm trong vòng tròn đặc tuyến. Để thỏa mãn điều kiện này thì  $\left| Z_{Ndd} + \frac{R_{tg}}{2} \right| \leq R$  (do dòng qua điện trớ trung gian nhỏ hơn hai

lần hiệu dòng 2 pha đi vào rơle tổng trớ chống NM nhiều pha)

Khi ngắn mạch tại  $O$  đầu đường dây:

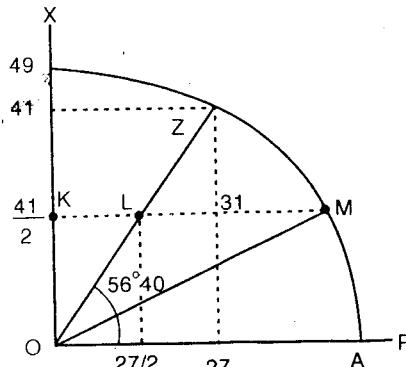
$$Z_{RL} = 0 + R_{tg}/2 = OA/2 = 49\Omega \rightarrow R_{tg} = 98\Omega$$

Khi ngắn mạch tại  $L$  giữa đường dây:

$$R_{tg}/2 = \overline{LM} = \overline{KM} - \overline{KL} = \sqrt{R^2 - \overline{OK}^2} - \overline{KL} = \sqrt{49^2 - (41/2)^2} - 27/2 = 31\Omega$$

$$\text{Tổng trớ phụ tải: } Z_{pt} \geq U_{dm} / \sqrt{3} I_{pt} = 110 / \sqrt{3} \cdot 250 = 254$$

$$\text{Độ dự trữ chọn lọc: } K_{nh} = Z_{pt} / Z_d = 254 / 49 = 5,18$$



Hình B.63

64.  $x_{1L} = x_{2L} = 0,4 \Omega/km$ ;  $x_{0L} = 1,4 \Omega/km$

$x_{mol} = 0,8 \Omega/km$  - hố cảm thứ tự không

Đóng sụt cõi	Chạm đất pha A						Pha B, C chạm đất					
	$I'_{A1}$	$I''_{A1}$	$I'_{A2}$	$I''_{A2}$	$I'_o$	$I''_o$	$I'_{A1}$	$I''_{A1}$	$I'_{A2}$	$I''_{A2}$	$I'_o$	$I''_o$
Dòng thứ tự	372	266	372	266	262	376	800	570	-466	-334	-236	-334
Giá trị dòng (A)	372	266	372	266	262	376	800	570	-466	-334	-236	-334

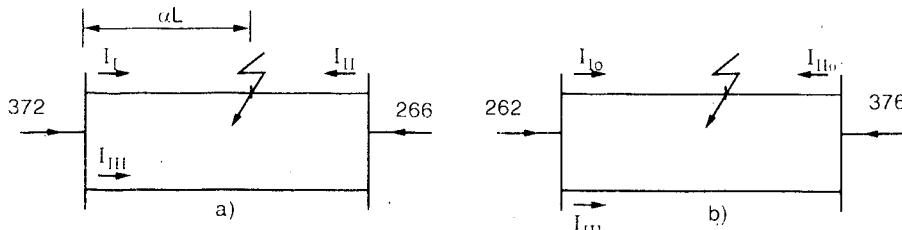
Trên mỗi đường dây song song (H.B.64.1) ở vị trí 1 và 2 đặt bảo vệ khoảng cách chống chạm đất (85% đường dây). Sơ đồ nối rơ le là điện áp pha và dòng pha có bù dòng thứ tự không ( $U_A$  và  $U_A + K_3 I_o$  với  $K = (X_0 - X_1) / 3X_1$ ). Giả thuyết tổng trở đường dây rất nhỏ so với tổng trở nguồn nên dòng các thành phần  $I'$  và  $I''$  không phụ thuộc vào vị trí điểm ngắn mạch. Xác định chiều dài đường dây được bảo vệ theo phần trăm khi đường dây làm việc song song lúc:

a- Ngắn mạch chạm đất 1 pha

b- 2 pha chạm nhau chạm đất.

Dữ liệu được cho ở bảng trên.

**Giải. a- Trường hợp chạm đất 1 pha**



Hình B.64.2

Theo H.64.2a, dòng phân bố thứ tự thuận và nghịch:

$$I_{I_1} + I_{III_1} = 372; I_{II_1} - I_{III_1} = 266; X_{1L}L \left[ I_{I_1} - I_{II_1} (1 - \alpha) - I_{III_1} \right] = 0$$

Giải hệ phương trình trên:

$$I_{I_1} = I_{I_2} (1 - 0.5\alpha) 372 + 0.5(1 - \alpha) 266 = 505 - 319\alpha$$

Theo (H.B.64.2b), dòng phân bố thứ tự không:

$$I_{I_0} + I_{III_0} = 262; I_{II_0} + I_{III_0} = 376; (x_{0L} - x_{mol})L \left[ I_{I_0} - I_{II_0} (1 - \alpha) - I_{III_0} \right] = 0$$

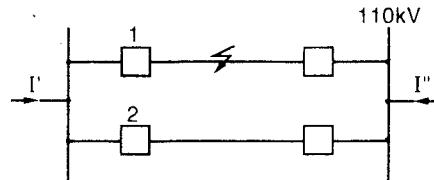
Giải hệ phương trình trên:

$$I_{I_0} = (1 - 0.5\alpha) 262 + 0.5(1 - \alpha) 376 = 450 - 319\alpha$$

$$I_{III_0} = 0.5\alpha \cdot 262 - 0.5(1 - \alpha) 376 = -188 - 319\alpha$$

Dòng pha A tổng phia bảo vệ:  $\dot{I}_1 = \dot{I}_{I_1} + \dot{I}_{I_0} + \dot{I}_{I_0} = 1460 - 957\alpha$

Hệ số bù:  $K = (x_{0L} - x_{1L}) / 3x_{1L} = 1.4 - 0.4 / 3.0.4 = 0.83$



Hình B.64.1

Dòng bù:  $\dot{I}_{1\text{bù}} = K \cdot 3 \cdot \dot{I}_o = 0,93 \cdot 3 \cdot (4,50 - 319\alpha) = 1125 - 798\alpha$

Dòng vào rơle:  $\dot{I}_o \dot{I}_R = \dot{I}_1 + \dot{I}_{1\text{bù}} = 2585 - 1755\alpha$

Điện áp pha A:  $\dot{U}_A = j(\dot{I}_{i_1} x_{1L} + \dot{I}_{i_2} x_{2L} + \dot{I}_{i_0} x_{0L} + \dot{I}_{m_0} x_{m_0L})\alpha L$   
 $j[2(505 - 319\alpha)0,4 + (450 - 319\alpha)1,4 + (-188 + 319\alpha)0,8]\alpha L = j(884 - 446\alpha)\alpha L$

Tổng trở khởi động:  $Z_{kd} = 0,85 \cdot x_{iL} \cdot L = 0,34L$

Khi lõi rơle khởi động:  $U_A / I_R = (884 - 446\alpha)L / (2585 - 1755\alpha) = 0,34L$

hay:  $446\alpha^2 - 1480\alpha + 865 = 0$

giải được:  $\alpha_1 = 1,55$ ;  $\alpha_2 = 0,76$ . Như vậy khoảng bảo vệ là 76%.

*Trường hợp ngắn mạch 2 pha BC và chạm đất:*

Tính cho rơle pha B. Dòng thứ tự:

$$\dot{I}_{B1} = 800e^{-jt20} = -400 - j693; \dot{I}_{B2}'' = 570e^{-jt20} = -285 - j495$$

$$\dot{I}_{B2} = -466e^{-jt20} = 233 - j403; \dot{I}_{B2} = -334e^{-jt20} = 167 - j289; \dot{I}_o = -236; \dot{I}_o'' = -334$$

Tương tự như trường hợp a:

$$\begin{aligned} I_{II} &= (1 - 0,5\alpha)(-400 - j693) + 0,5(1 - \alpha)(-285 - j495) \\ &= -542,5 + 342,5\alpha - (j940,5 - 594\alpha) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{I}_{12} &= (1 - 0,5\alpha)(233 - j403) + 0,5(1 - \alpha)(167 - j289) \\ &= 316,5 + 200\alpha - j(547,5 - 346\alpha) \end{aligned}$$

$$\dot{I}_{1o} = (1 - 0,5\alpha)(-236) + 0,5(1 - \alpha)(-334) = -403 + j285\alpha$$

$$\dot{I}_{IIIo} = 0,5\alpha(-236) + 0,5(1 - \alpha)(-334) = 167 - j285\alpha$$

Dòng tổng pha B phía bảo vệ:  $\dot{I}_B = -629 + 427,5\alpha - j(1488 - 940\alpha)$

Dòng bù:  $\dot{I}_{1\text{bù}} = 0,83 \cdot 3 \cdot (-403 + 285\alpha) = -1007 + 711,5\alpha$

Dòng vào rơle:  $\dot{I}_R = -1636 + 1139\alpha - j(1488 - 940\alpha)$

Điện áp pha B:

$$\begin{aligned} \dot{U}_B &= j\alpha L \{ [-542,5 + 342,5\alpha - j(940,5 - 594\alpha)]0,4 + [316 - 200\alpha - j(547,5 - 346\alpha)] \\ &\quad + (-403 + 285\alpha)1,4 + (167 - 285\alpha)0,8 \} \\ &= j\alpha L [-522 + 228\alpha - j(595 - 376\alpha)] \end{aligned}$$

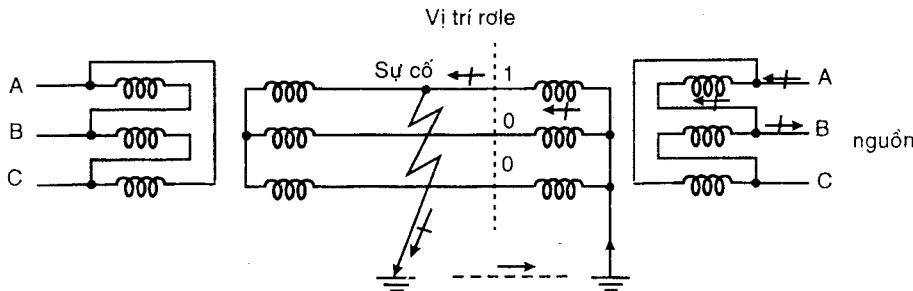
Tổng trở rơle đo được:

$$Z_{RB} = \alpha L \sqrt{\frac{625000 - 685000\alpha + 194000\alpha^2}{4871000 - 6515000\alpha - 2170000\alpha}} = 0,34L$$

Hay:  $194\alpha^4 - 685\alpha^3 + 373\alpha^2 + 755\alpha - 565 = 0$

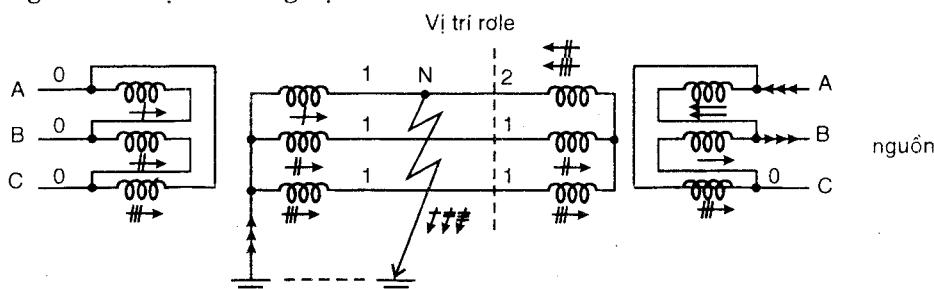
Giải phương trình trên được  $\alpha = 0,786$  hay 78,6%

65. Khảo sát ảnh hưởng của hệ thống nối đất lên tổng trở đo được của role khoảng cách khi có chạm đất 1 điểm; vai trò của hệ số bù thứ tự không.

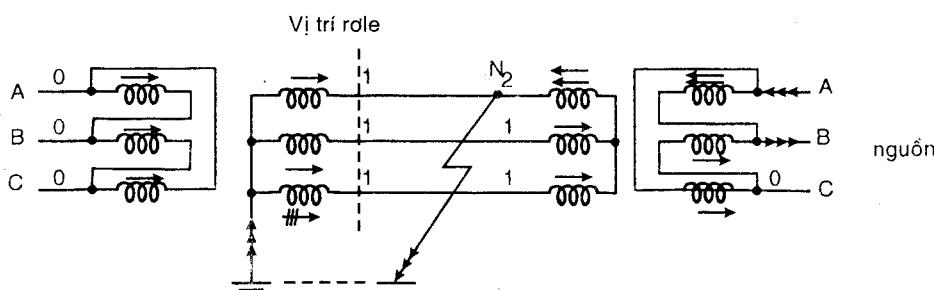


Hình B.65.1

**Giải.** Khi xảy ra sự cố chạm đất điện áp với đất tại vị trí sự cố là bằng không và điện áp tại điểm role bằng tích số của dòng pha và tổng trở đường dây. Dòng sự cố phụ thuộc vào số lượng điểm nối đất, phương pháp nối đất và tổng trở thứ tự của vòng sự cố.



Hình B.65.2



Hình B.65.3

Điện áp rơi tại điểm sự cố là tổng số điện áp rơi thứ tự giữa điểm role và sự cố có nghĩa là:  $\dot{V}'_a = \dot{I}'_1 \dot{Z}_{L1} + \dot{I}'_2 \dot{Z}_{L1} + \dot{I}'_0 \dot{Z}_{L0}$

Dòng ngắn mạch:  $\dot{I}'_a = \dot{I}'_1 + \dot{I}'_2 + \dot{I}'_0$

Và dòng thứ tự không  $I_R$  tại điểm role là:  $\dot{I}'_R = \dot{I}'_a + \dot{I}'_b + \dot{I}'_c = 3 \dot{I}'_0$

Với  $\dot{I}_a'$ ,  $\dot{I}_b'$ ,  $\dot{I}_c'$  là dòng pha tại điểm role.

Từ đó, điện áp tại điểm role có thể được biểu diễn phụ thuộc vào dòng điện pha tại điểm role, tỉ số tổng trở thứ tự không - thứ tự thuận của đường dây truyền tải  $\dot{K} = \dot{Z}_{L0}/\dot{Z}_{L1}$  và tổng trở thứ tự thuận của đường dây  $\dot{Z}'_{L1}$ .

$$V_a' = Z_{L1} \left[ \dot{I}_a' + (\dot{I}_a' + \dot{I}_b' + \dot{I}_c') (\dot{K} - 1)/3 \right]$$

Cấu hình minh họa ba khả năng sắp xếp mà có thể xảy ra trong thực tế. Trong trường hợp (1) (H.B.65.1) dòng điện 2 pha không chạm là zero tức là  $I_a$ :  $I_b$ :  $I_c$  là 1:0:0 và vì thế tổng trở được nhìn bởi một role so sánh giữa  $I_a$  và  $V_a$  là

$$\dot{Z} = [1 + (\dot{K} - 1)/3] \dot{Z}_{L1}$$

Trong H.B.65.2, dòng đi vào sự cố từ nhánh role phân bổ là 2:1:1 vì thế  $\dot{Z} = \dot{Z}_{L1}$ . Cuối cùng, trong H.B.65.3 dòng pha phân bổ là 1:1:1 vì thế  $\dot{Z} = \dot{K} \dot{Z}_{L1}$ .

Thấy rằng role có thể đo lường tổng trở mà không phụ thuộc vào sự sắp xếp nối đất nếu tỉ số  $(\dot{K} - 1)/3$  của dòng thứ tự không  $\dot{I}_R = \dot{I}_a' + \dot{I}_b' + \dot{I}_c'$  được cộng thêm vào dòng pha  $\dot{I}_a'$ . Phương pháp trên gọi là bù thứ tự không.

Hệ số  $\dot{K}$  là một hằng số được cho theo hình dạng dây dẫn và điện trở đất. Ví dụ giá trị điển hình của  $\dot{K}$  cho đường dây 33 kV là 4 và 132 kV là 2,5.

**66.** Tính điện áp nhỏ nhất đưa vào role khoáng cách khi ngắn mạch ở cuối vùng bảo vệ.

**Giải.** Với số liệu về các tổng trở thứ tự, công suất ngắn mạch, điện áp hệ thống và cách bố trí nối đất, ta có thể tính toán điện áp nhỏ nhất đưa vào role khi có một sự cố ở cuối vùng bảo vệ. Việc này cần thiết để so sánh điện áp này với điện áp làm việc của role để xét khả năng ứng dụng đặc biệt của role.

Dạng ngắn mạch chọn tính toán là ngắn mạch ba pha hoặc một pha chạm đất. Đầu tiên, với ngắn mạch các pha, mức sự cố được tính theo biểu diễn của công suất ngắn mạch ba pha với điện áp hệ thống, thứ hai, với sự cố chạm đất dòng điện của pha sự cố và không bị sự cố được tính với một sự cố tại điểm chọn trong vùng bảo vệ. Thứ tự tính toán cho điện áp nhỏ nhất tại role như sau:

#### Ngắn mạch giữa các pha

a. Với công suất ngắn mạch nhỏ nhất được cho tại điểm role, ta tính toán tổng trở thứ tự thuận nguồn:  $\dot{I}_H$

Với kV là điện áp pha, MVA là công suất ngắn mạch ba pha.

b. Tính toán tổng trở của đường dây tương ứng với vùng bảo vệ (tổng trở đặt):  $\dot{V}_k$  ohms.

Với:  $\dot{Z}_1$  là tổng trở thứ tự thuận đường dây trên một đơn vị chiều dài.

L là chiều dài đường dây giữa rơle và cuối vùng bảo vệ.

c. Tính toán dòng ngắn mạch  $I'_N$  đi vào sự cố từ nhánh rơle:

$$I'_N = kV \cdot 10^3 / \sqrt{3} \left( \dot{Z}_{S1} + \dot{Z}_{L1} \right) \text{ ampe}$$

d. Nếu cho công suất ngắn mạch nhỏ nhất tại vùng cuối và tỉ số  $C_1$  (hệ số phân bổ thứ tự thuận) của dòng đi vào sự cố từ nhánh rơle và tổng dòng ngắn mạch, một cách khác để tính  $I'_N$  có thể được sử dụng:

$$I'_N = C_1 \cdot MVA \cdot 10^3 / \sqrt{3} kV \text{ ampe}$$

e. Điện áp nhỏ nhất của sự pha sự cố xảy ra khi ngắn mạch ba pha. Sử dụng  $\dot{I}'_N$  để tính toán từ mục (c) hoặc (d) và  $Z_{LI}$  được tính toán từ (b) điện áp dây đưa vào rơ le được tính bởi:  $\dot{V}_R = \sqrt{3} Z_{LI} \cdot \dot{I}'_N / \text{tỉ số BU}$

#### Ngắn mạch chạm đất:

a. Từ dữ liệu đường dây truyền tải tỉ số K được tính:  $\dot{K}' = Z'_{Lo} / Z'_{LI}$

b. Các dòng điện pha đã biết trong nhánh rơle, tính toán dòng điện thứ tự không đi vào sự cố từ nhánh rơle:  $\dot{I}'_o = \dot{I}'_a + \dot{I}'_b + \dot{I}'_c$

với:  $\dot{I}'_a, \dot{I}'_b, \dot{I}'_c$  là các dòng điện pha.

c. Tính toán  $\dot{I}'_{LI}$  tương ứng với vùng yêu cầu bảo vệ:  $\dot{Z}'_{LI} = \dot{Z}'_1 L$  ohms

với:  $\dot{Z}'_{LI}$  là tổng trở thứ tự thuận đường dây của vùng cần bảo vệ.

$\dot{Z}'_{LI}$  là tổng trở thứ tự thuận đường dây trên một đơn vị chiều dài.

L là chiều dài của đường dây giữa rơle và vùng cần bảo vệ.

d. Tính toán dòng sự cố trong nhánh sự cố đi vào sự cố từ nhánh rơle như trong ngắn mạch pha, điện áp đưa vào rơle là:

$$\dot{V}'_{LI} = \dot{Z}'_{LI} \left\{ \dot{I}'_N + \left( \dot{I}'_o / 3 \right) \left( \dot{K}' - 1 \right) \right\} / \text{Tỉ số BU volt}$$

với mạng phân phối hình tia được nối đất tại một điểm dằng sau vị trí rơle

$$\dot{I}'_N = \dot{I}'_N = \dot{I}'_N; \dot{V}'_R = \frac{\dot{Z}_{LI} \dot{I}_N \left\{ 1 + \left( \dot{K} - 1 \right) / 3 \right\}}{\text{tỉ số BU}} = \dot{I}_N \dot{Z}_{Le} / \text{tỉ số BU}$$

với:  $\dot{Z}_{Le}$  là tổng trờ đất của đường dây bảo vệ tới điểm cuối vùng bảo vệ.

$$\dot{Z}_{Le} = (\dot{Z}_{L1} + \dot{Z}_{L2} + \dot{Z}_{Lo}) / 3$$

e. Với phương pháp nối đất ở hai đầu đường dây bảo vệ,  $\dot{I}_N$  có thể được biết như sau:  $\dot{I}_1 = \dot{I}_2 = \dot{I}_o$  tại điểm ngắn mạch.

Tính toán  $\dot{Z}_1$  nhin từ sự cố:  $Z_1 = \dot{Z}_1' \dot{Z}_1'' / (\dot{Z}_1' + \dot{Z}_1'')$

với  $\dot{Z}_1$  là tổng trờ thứ tự thuận của nhánh role ( $\dot{Z}_{s1} + \dot{Z}_{L1}$ );

$\dot{Z}_1''$  là tổng trờ của nhánh lân cận.

Tất cả các tổng trờ thứ tự thuận hệ thống được tính toán giả thiết trong điều kiện công suất ngắn mạch nhỏ nhất. Tương tự:  $\dot{Z}_o = \dot{Z}_o' \dot{Z}_o'' / (\dot{Z}_o' + \dot{Z}_o'')$  với  $\dot{Z}_o'$  là tổng trờ thứ tự thuận của nhánh role = ( $\dot{Z}_{s_o} + \dot{Z}_{L_o}$ );

$\dot{Z}_o''$  là tổng trờ của nhánh lân cận.

Đoạn đường dây nối đất tại một điểm, tổng trờ sau role:  $\dot{Z}_o = \dot{Z}_{s_o} + \dot{Z}_{L_o}$

Tính toán  $\dot{I}_o$  từ công thức:  $\dot{I}_o = kV \times 10^3 / (\sqrt{3} (2\dot{Z} + \dot{Z}_o))$

với  $\dot{I}_o$  là dòng thứ tự không khi sự cố; kV là điện áp hệ thống.

Dòng thứ tự không đi vào sự cố từ nhánh role:  $\dot{Z}_N = 3\dot{C}_o \dot{I}_o$ . Với  $\dot{C} = \dot{Z}_o / \dot{Z}_o'$

f. Dòng sự cố  $\dot{I}_N'$  trong pha sự cố tại nhánh role được tính toán như sau:  $\dot{I}_N' = (2\dot{C}_1 + \dot{C}_o) \dot{I}_o$  với  $C_1 = \dot{Z}_1 / \dot{Z}_1'$

g. Điện áp nhỏ nhất tại role được tính toán bằng công thức được cho ở mục (d) trên.

67. Xác định tổng trờ khởi động thứ cấp của role.

**Giải.** Trị số đặt của role khoảng cách được xác định bằng giá trị tổng trờ thứ cấp và được đặt để đo lường tổng trờ thứ tự thuận của đường dây, role hiện nay có phạm vi điều chỉnh điện hình như sau:

$$0,2 - 240\Omega \text{ (1A); } 0,04 - 48\Omega \text{ (5A)}$$

Máy biến dòng và biến điện áp có dạng định mức chuẩn, thông thường là 1 A và 5 A cho máy biến dòng và 100, 110, 115 và 120 volt cho biến điện áp. Để thiết lập giá trị đặt cho role, đầu tiên cần biết phải tính toán trị số tổng trờ khởi động sơ cấp. Giá trị thứ cấp sau đó được tính toán bằng cách sử dụng công thức:

$$Z_{Th} = Z_S (\text{Tỉ số BI}) / (\text{Tỉ số BU})$$

**68.** Xác định chiều dài nhỏ nhất của đường dây được bảo vệ của role khoảng cách.

**Giải.** Xác định chiều dài nhỏ nhất đường dây có thể được bảo vệ bởi role khoảng cách cần thiết phải kiểm tra, đầu tiên là điện áp nhỏ nhất được nhìn từ role đối với sự cố tại vùng 1 vẫn còn đủ nhạy của role và thứ hai là giá trị tổng trở thứ cấp của đường dây vùng 1 phải nằm trong khoảng đặt của role.

Giả thiết độ chính xác của  $V_R$  là  $\pm 5\%$  trong đo lường, chiều dài nhỏ nhất có thể bảo vệ của đường dây có thể được xác định từ biểu thức của bài tập 68 xác định điện áp nhỏ nhất đưa vào role khoảng cách.

**Ví dụ.** chiều dài bảo vệ nhỏ nhất đường dây của role với độ nhạy 3 volt và vùng 1 chọn khoảng 80% được ứng dụng tính toán như sau:

Với sự cố ngắn mạch pha:

$$3 = (\sqrt{3} \times 0,8 \times \dot{Z}_1 \times L_{min} \times \dot{I}_N) \text{tỉ số BU} ; L_{min} = 2,17 \text{tỉ số BU} / \dot{Z}_1 \dot{I}_N$$

Đối với sự cố chạm đất:

$$3 = \left\{ 0,8 Z_1 L_{min} \left[ I_N + \dot{I}_o / 3 (K-1) \right] \right\} / \text{tỉ số BU} ;$$

$$L_{min} = 3,75 \text{ tỉ số BU} / \dot{Z} \left\{ Z_1 L_{min} \left[ \dot{I}_N + \dot{Z}_o / 3 (K-1) \right] \right\}$$

Với sự cố ngắn mạch chạm đất trên mạng hình tia với điểm nối đất sau role:  $3 = 0,8 Z_e L_{min} \dot{I}_N / \text{tỉ số BU}$ ,  $L_{min} = 3,75 \text{ tỉ số BU} / Z_e \dot{I}_N$

Với  $L_{min}$  là chiều dài nhỏ nhất của đường dây tính từ thanh cái của đường dây bảo vệ;  $Z_e$  là tổng trở đất đường dây bảo vệ trên một đơn vị chiều dài ( $\Omega$  đơn vị chiều dài).

**69.** Định nghĩa dưới tầm, quá tầm cho các ví dụ minh họa.

**Giải.**

**Dưới tầm:** Role khoảng cách xảy ra hiện tượng dưới tầm khi tổng trở biến đổi lường lớn hơn giá trị tổng trở thực từ chỗ đặt role đến điểm ngắn mạch. Phần trăm của dưới tầm được xác định như sau:

$$(\dot{Z}_R - \dot{Z}_N) / \dot{Z}_R \times 100\%$$

Với  $\dot{Z}_R$  = giá trị đặt của role;  $\dot{Z}_N$  = giá trị vùng bảo vệ đạt được.

Hai ví dụ của dưới tầm là role chạm đất không bù và ảnh hưởng nguồn khác từ thanh cái giữa role và vị trí sự cố.

**Role chạm đất không bù:** Giá trị đặt role tính toán là  $\dot{Z}_{L1}$

Tổng trở được nhìn từ role hệ thống không bù đối với sự cố tại  $\dot{Z}_{L1}$  bằng  $[1 + (K-1)/3] \dot{Z}_{L1}$  lớn hơn  $\dot{Z}_{L1}$ .

Phản trặc dưới tầm là:

$$\{Z_{L1} - Z_{L1} / [1 + (K-1)]/3\} / Z_{L1} \times 100\% = (K-1)/(K-2) \times 100\%$$

Ảnh hưởng này được khử bằng cách sử dụng dòng bù thứ tự không.

Ảnh hưởng do các dòng điện từ nhánh lân cận:

Trên (H.B.69) rơle tại G sẽ không đo lường chính xác tổng trở sự cố trên đường dây thuộc vùng  $Z_K$  vì dòng nhánh  $I_j$ . Giá trị đặt là  $Z_G + Z_K$  (tổng trở thực từ điểm đặt rơle đến điểm sự cố). Khi một sự cố xảy ra tại N, tổng trở mà rơle đo lường là:

$$\dot{Z}_G + [(\dot{I}_G + \dot{I}_j) / \dot{I}_G] \cdot x \cdot \dot{Z}_K$$

Khi rơle tác động:  $\dot{Z}_G + \dot{Z}_K = \dot{Z}_G + (\dot{I}_G + \dot{I}_j) / \dot{I}_G \cdot x \cdot \dot{Z}_K$ ;  $x = \dot{I}_G / (\dot{I}_G + \dot{I}_j)$

Vì thế tổng trở bảo vệ hiệu quả:  $= (\dot{Z}_G + \dot{I}_G / (\dot{I}_G + \dot{I}_j)) \dot{Z}_K$

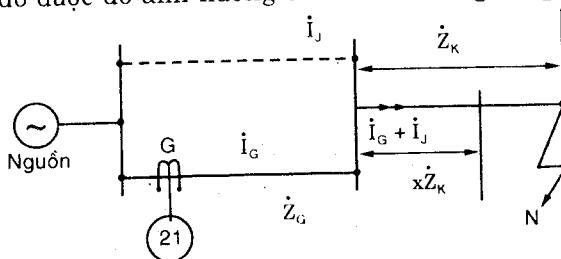
Phản trặc dưới tầm:

$$\frac{\dot{Z}_G + \dot{Z}_K - \dot{Z}_G - \left( \frac{\dot{I}_G}{\dot{I}_G + \dot{I}_j} \right) \dot{Z}_K \times 100\%}{\dot{Z}_G + \dot{Z}_K} = \frac{\left( \frac{\dot{I}_j}{\dot{I}_G + \dot{I}_j} \right) \dot{Z}_K \times 100\%}{\dot{Z}_G + \dot{Z}_K}$$

Để chắc chắn rơle sẽ tác động khi sự cố tại N, vùng chọn cần thiết phải mở rộng:  $\dot{Z}_G + [(\dot{I}_G + \dot{I}_j) \cdot \dot{Z}_K / \dot{I}_G]$

Giá trị đặt rơle  $\dot{Z}_G + \dot{Z}_K$

Giá trị thực rơle đo được do ảnh hưởng của nhánh song song  $\dot{Z}_G + x \dot{Z}_K$



Hình B.69.1. Ảnh hưởng lên rơle khoảng cách

Khi chọn bảo vệ cấp II cần thận trọng chọn các giá trị đặt khi nguồn của các nhánh lân cận bị giảm. Ví dụ, nếu  $\dot{I}_j + 9\dot{I}_G$ , yêu cầu của giá trị đặt để thấy được sự cố tại N là  $\dot{Z}_G + 10\dot{Z}_K$ .

**Quá tầm:** Rơle khoảng cách xảy ra quá tầm khi tổng trở biểu kiến đo được nhỏ hơn tổng trở thực khi sự cố xảy ra.

Phản trặc quá tầm được xác định như sau:  $(Z_N - Z_R) / Z_R \times 100\%$

Với  $Z_R$  giá trị đặt rơle;  $Z_N$  giá trị vùng bảo vệ hiệu quả đạt được.

Một ví dụ của quá tầm là khi rơle khoảng cách được sử dụng trên đường dây song song có một đường dây không làm việc và nối đất ở hai đầu đường dây. Trong điều kiện này ảnh hưởng hỗn tương giữa các đường dây là nguyên

nhân rôle dẫn đến quá tâm. (H.B.69.2).

Tính toán một sự cố chạm đất 1 pha tại N và giá trị đặt rôle  $Z_{L1}$ , với x là giá trị đơn vị tương đối khoảng cách từ thanh cái đầu xa đến điểm ngắn mạch.

Dòng thứ tự không trên đường dây H là  $I_{HO} = \dot{I}_{GO} (\dot{Z}_{oM} / \dot{Z}_{Lo})$

Điện áp được đo bởi rôle:

$$\begin{aligned} \dot{V}_{GR} &= (1+x) \left( 2\dot{I}_{G1} + \dot{I}_{GO} \dot{Z}_{Lo} \right) - \dot{I}_{HO} \dot{Z}_{oM} \\ &= \dot{I}_{GO} \left[ (1+x) \left( 2\dot{Z}_{L1} + \dot{Z}_{Lo} \right) - \dot{Z}_{oM}^2 / \dot{Z}_{Lo} \right] \end{aligned}$$

Dòng điện được đo bởi rôle:  $\dot{I}_{GR} = \dot{I}_G + \dot{I}_{GO} (K-1)$

Với  $\dot{K} = \dot{Z}_{Lo} / \dot{Z}_{L1}$

$$\begin{aligned} \text{Vì thế: } \dot{I}_{GR} &= 2\dot{I}_{G1} + \dot{I}_{GO} \cdot \dot{K} = \dot{I}_{GO} (2 + Z_{Lo} / Z_{L1}) = \dot{I}_{GO} (2Z_{L1} + Z_{Lo}) / Z_{L1} \\ &= \dot{I}_{GO} (2 + \dot{Z}_{Lo} / \dot{Z}_{L1}) = \dot{I}_{GO} (2\dot{Z}_{L1} + \dot{Z}_{Lo}) / \dot{Z}_{L1} \end{aligned}$$

Tổng trở được đo lường =  $\dot{V}_{GR} / \dot{I}_{GR}$

$$\dot{Z}_{L1} [(1+x) - \dot{Z}_{oM} / \dot{Z}_{Lo} (2\dot{Z}_{L1} + \dot{Z}_{Lo})]$$

Khi rôle tác động:  $\dot{Z}_{L1} = \dot{Z}_{L1} (1+x) - \dot{Z}_{oM}^2 / \dot{Z}_{Lo} (2\dot{Z}_{L1} + \dot{Z}_{Lo})$

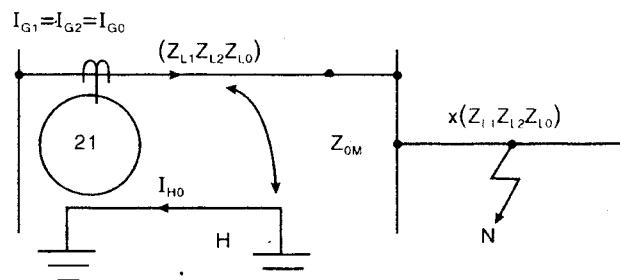
$$x = \dot{Z}_{oM}^2 / \dot{Z}_{Lo} (2\dot{Z}_{L1} + \dot{Z}_{Lo})$$

Vì thế vùng bảo vệ được là  $(1+x) \dot{Z}_{L1}$

Phản trambi quá tâm:  $= [(1+x) \dot{Z}_{L1} - \dot{Z}_{L1} / \dot{Z}_{L1}] \times 100\% = x \cdot 100\%$

Với hệ thống 400 kV;  $Z_{oM} = 0,4$ ;  $Z_{L1} = 0,26$ ;  $Z_{Lo} = 0,76/\text{km}$  thì:  $X = 0,164$

Phản trambi quá tâm = 16,4%

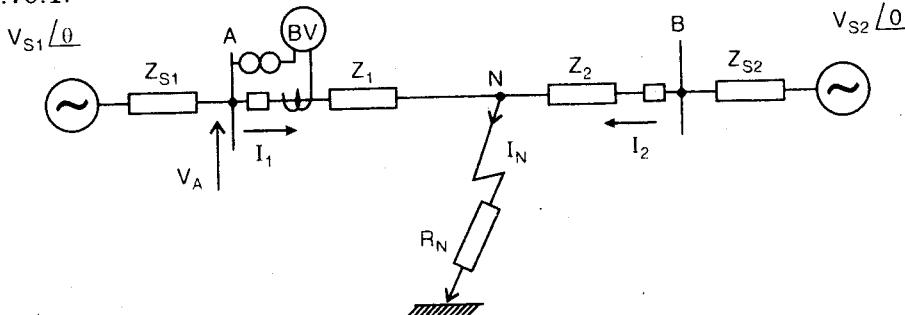


Hình B.69.2

Để khắc phục ảnh hưởng quá tâm vùng đặt bảo vệ được giảm bớt khi chống chạm đất chạm đất còn  $0,65 Z_{L1}$  khi 1 đường dây được cắt. Tuy nhiên, khả năng xảy ra sự cố trên vùng I của đường dây sau trong khi một đường dây cắt ra là rất nhỏ và nhiều khi không cần giảm giá trị đặt theo điều kiện này.

70. Cho ví dụ minh họa về quá tầm - dưới tầm của bảo vệ khoảng cách.

Giải. Cho một đường dây AB bao gồm hai nguồn. Chọn điện áp ở thanh góp B là chuẩn. Giả sử sự cố xảy ra tại 80% (điểm cuối vùng I của bảo vệ khoảng cách đặt tại A) đoạn đường dây AB và qua một điện trở trung gian như H.B.70.1:



Hình B.70.1

Điện áp sự cố nhìn từ rơle:  $\dot{V}_A = \dot{Z}_1 \dot{I}_1 + \dot{V}_N = \dot{Z}_1 \dot{I}_1 + R_N \left( \dot{I}_1 + \dot{I}_2 \right)$

Tổng trở rơle đo được:

$$Z_R = \dot{V}/\dot{I}_1 = Z_1 + [R_N(\dot{I}_1 + \dot{I}_2)/\dot{I}_1] = Z_1 + R_N + (\dot{I}_2/\dot{I}_1)R_N$$

Mà:  $\dot{I}_1 = (\dot{V}_{S1} \angle 0^\circ - \dot{V}_N)/(\dot{Z}_{S1} + \dot{Z}_1)$

và:  $\dot{I}_2 = (\dot{V}_{S2} \angle 0 - \dot{V}_N)/(\dot{Z}_{S2} + \dot{Z}_2)$ ;

$$\dot{Z}_R = \dot{Z}_1 + R_N + R_N \frac{(\dot{V}_{S2} \angle 0 - \dot{V}_N)/(\dot{Z}_{S2} + \dot{Z}_2)}{(\dot{V}_{S1} \angle 0 - \dot{V}_N)/(\dot{Z}_{S1} + \dot{Z}_1)}$$

Ta xét các trường hợp xảy ra trước sự cố:

+ Nếu  $\theta > 0$  tức công suất truyền từ A → B

Thì:  $\frac{I_2}{I_1} \times R_N = R + jX \text{ với } X < 0 \rightarrow |\dot{Z}_R| \leq |\dot{Z}_1|$ : quá tầm

+ Nếu  $\theta < 0$  tức công suất truyền từ B → A

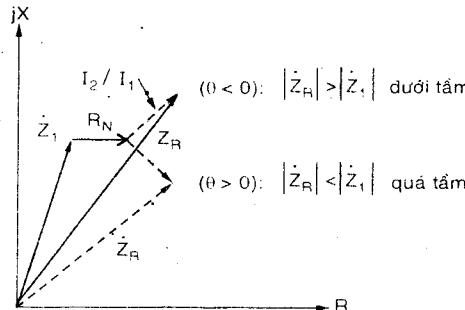
Thì:  $(I_2/I_1) \times R_N = R + jX \text{ với } X > 0 \rightarrow |\dot{Z}_R| \leq |\dot{Z}_1|$ : dưới tầm

Ta thấy công suất truyền càng lớn (tức là  $\theta$  lớn) thì thành phần  $I_2/I_1 \cdot R_N$  càng lớn dẫn đến quá tầm hoặc dưới tầm càng nhiều được minh họa bằng (H.B.70.2).

Nhìn vào biểu thức tính  $\dot{Z}_R$  ta thấy các yếu tố làm ảnh hưởng đến sai số rơle.

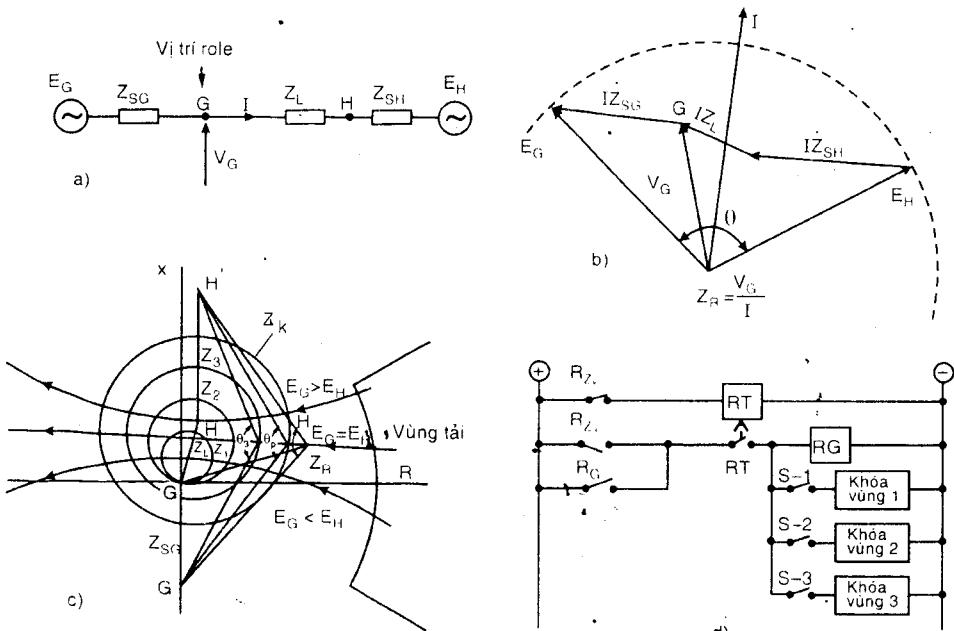
\* Chiều truyền công suất ( $\theta$  dương hay âm)

- \* Lượng công suất trước khi ngắn mạch (giá trị góc  $\theta$ )
- \* Điện trở trung gian  $R_N$
- \* Tổng trở nguồn (giá trị  $\dot{Z}_{S1}$  và  $\dot{Z}_{S2}$ )



Hình B.70.2

71. Ảnh hưởng của dao động công suất lên bảo vệ khoảng cách và cách khắc phục ảnh hưởng này.



Hình B.71. a, b: Mô hình hệ thống khảo sát khi có dao động công suất  
c, d: Biểu diễn một phương pháp được sử dụng

**Giải.** Dao động công suất là sự thay đổi dòng chảy công suất xảy ra khi điện áp của các máy phát tại các điểm khác nhau của hệ thống trượt tương đối với nhau khi có sự thay đổi của biên độ và hướng của tải hoặc hậu quả của sự cố và sự cắt sự cố xảy ra sau đó.

Hậu quả của dao động công suất có thể làm tổng trở đeo bởi rơle khoảng cách di chuyển từ khu vực tái thông thường vào trong đặc tuyến rơle. Trong trường hợp quá độ của dao động công suất, rơle khoảng cách phải không ngắt

và để cho hệ thống điện trở về tình trạng ổn định. Với lý do này, hầu hết các bảo vệ khoảng cách dùng cho hệ thống truyền tải, như 'Micromho', 'Quadramho', có một mạch khóa không cho rơ le tác động khi có dao động công suất.

Nguyên lý của mạng khóa dao động công suất được minh họa trên hình d. Dao động công suất thông thường sẽ bắt đầu từ tải trong tình trạng ba pha cân bằng. Có thể xem xét góc qua tương đối của điện áp máy phát  $E_G$  và  $E_H$  tại mỗi đầu của hệ thống điện. Rôle khoảng cách tại G sẽ đo lường một tổng trở  $Z_R = V_G/I$  mà thay đổi theo biên độ và góc, phụ thuộc vào tỉ số của  $E_G/E_H$  và góc lệch là  $\theta$ .

Quỹ tích của tổng trở này khi  $E_H$  quay tương đối quanh  $E_G$  biểu diễn tình trạng dao động công suất. Quỹ tích tổng trở được biểu diễn là một họ vòng tròn có tâm trên đường  $Z_T$  tổng trở tổng hệ thống.  $Z_R$  được cho bởi:

$$Z_R = (Z_{SG} + Z_{L_1} + Z_{SH}) \cdot \frac{(n - \cos \theta) - j \sin \theta}{(n - \cos \theta)^2 + \sin^2 \theta} - Z_{SG}$$

$$= Z_T \cdot \frac{n(n - \cos \theta) - j \sin \theta}{(n - \cos \theta)^2 + \sin^2 \theta} - Z_{SG}$$

Với  $Z_T = Z_{SG} + Z_{L_1} + Z_{SH}$ ;  $n = E_G/E_H$ ;  $\theta$ : góc giữa các nguồn  $E_G$  và  $E_H$ .

Khi  $E_G = E_H$ : quỹ tích của tổng trở công suất dao động trở thành một đường thẳng chia đôi tổng trở hệ thống. (đường 1, HB.71c)

Khi  $E_G > E_H$ : Tâm của vòng tròn là H'; bán kính của vòng tròn =  $nZ_T/(n^2 - 1)$ . (đường 2, H.B.71c).

Khi  $E_G < E_H$ : Tâm của vòng tròn là G'; bán kính  $nZ_T/(1 - n^2)$  từ G' (đường cong 3, H.B.71.c)

Các ký hiệu (H.B.71d):

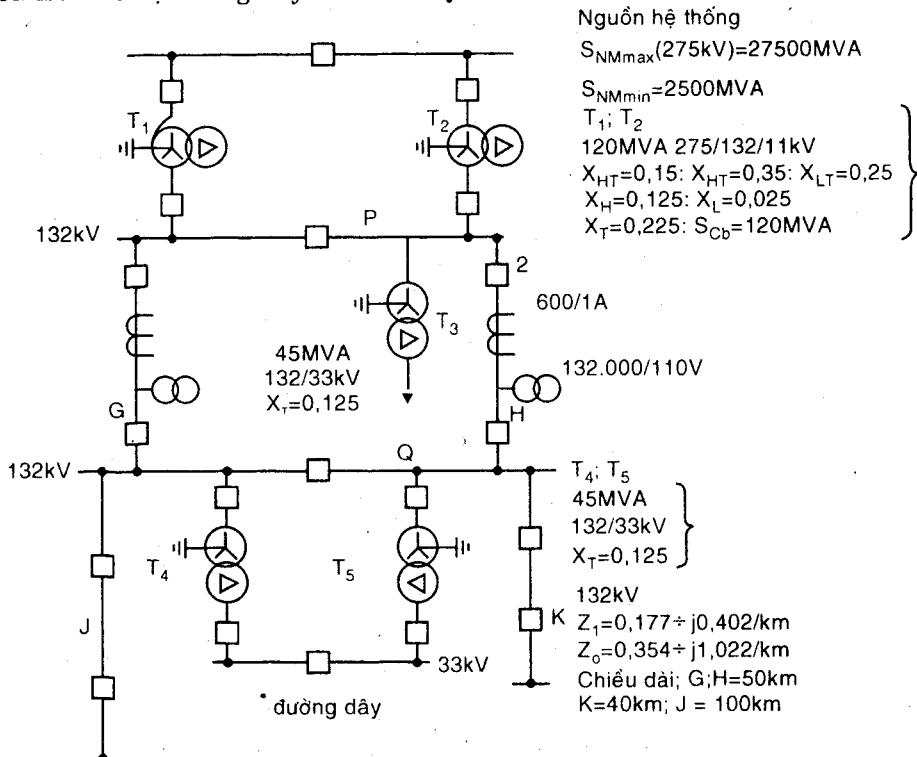
$RZ_K$ : rôle khóa;  $RZ_3$ : rôle khoảng cách cấp 3

$RT$ : rôle thời gian,  $RG$ : rôle trung gian;  $S 1,2,3$ : khóa chọn vị trí

Sự dò tìm dao động công suất thông thường được thực hiện bằng cách giám sát tốc độ của quỹ tích tổng trở khi nó tiến gần đặc tính bảo vệ khoảng cách. Dao động công suất thì cân bằng 3 pha và vì thế có thể được tìm dựa trên 1 pha. Sơ đồ dùng thêm một rôle 1 pha có đặc tính đặc biệt (offset),  $Z_K$  nối pha-pha, bao chung quanh đặc tính khoảng cách ngoài cùng ( $RZ_3$ ). Thời gian dao động công suất đi qua giữa các đặc tính được đo lường. Nếu thời gian này dài hơn thời gian đặt của rôle thời gian RT, thì dao động công suất xảy ra và mạch cắt bị khóa lại. Nếu thời gian nhỏ hơn thời gian đặt, thì sự cố xảy ra và ngắt được cho phép. Khi đặc tính vòng tròn của rôle khoảng cách như thế loại Mho hoặc offset Mho được sử dụng, đặc tính khóa dao

động công suất sẽ có đường kính ít nhất là 1,3 đường kính của đặc tính role khoảng cách ở ngoài cùng. Thời gian đặt của role thời gian T phải nhỏ hơn thời gian nhanh nhất khi dao động công suất đi qua giữa 2 đặc tính, nghĩa là, từ  $\theta_p$  đến  $\theta_3$  nếu  $E_G=E_H$ . Mạch khóa dao động công suất không được làm việc khi xuất hiện dòng điện thứ tự không. Điều này để bảo vệ sẽ ngắt nếu sự cố chạm đất phát triển trong quá trình dao động hoặc nếu dao động xảy ra trong chu kỳ tự đóng lại một pha.

72. Cho sơ đồ (H.B.72.1). Tính toán bảo vệ khoảng cách 3 cấp đặt tại trạm 132 kV bảo vệ đường dây nối P và Q.



**Hình B.72.1**

**Giải. 1- Chọn loại role:** Role khoảng cách điện cơ tĩnh và kỹ thuật số vi xử lý có thể được sử dụng cho vảo vệ khoảng cách 3 cấp.

**2- Chọn đặc tính:** Role với đặc tính “Mho” phân cực điện áp bù khi NM gần chõ đặt bảo vệ là phù hợp cho bảo vệ hầu hết đường dây, chọn role “Quadramho”.

### 3- Chọn hệ số bù thứ tự không của bảo vệ chống chạm đất:

Hệ số bù thứ tự không:  $K_C = 1/3(\dot{Z}_0/\dot{Z}_1 - 1)$

Với đường dây truyền tải 132 kV:

Tổng trở thứ tự thuận:  $Z_1 = 0,177 + j0,402 \Omega/km$

Tổng trở thứ tự không:  $Z_o = 0,354 + j1,022 \Omega/km$

$$\text{Ta có: } \dot{K}_C = \frac{1}{3} \left\{ \frac{0,354 + j1,022}{0,177 + j0,402} - 1 \right\} = \frac{1}{3} \left\{ \frac{0,177 + j0,62}{0,177 + j0,402} \right\} = 0,49 \angle + 7,8^\circ$$

Ta chọn:  $\dot{K}_C = 0,49$

**4- Góc đặc tính rơle:** Để thực hiện sự chính xác và độ nhạy cao nhất, góc đặc tính rơle ( $\theta_{PH}$  và  $\theta_{Ro}$ ) được chọn tương đương với góc  $Z_1$  và  $Z_o$  tương ứng. Góc đặc tính được chọn là:

$$\theta_{PH} = 66,2^\circ; \quad \theta_{Ro} = 66,2^\circ + 7,8^\circ = 74^\circ$$

“Quadramho” có góc chọn có thể điều chỉnh từ  $45^\circ$  đến  $80^\circ$  mỗi nấc chỉnh là  $5^\circ$ . Giá trị chọn là  $\theta_{PH} = 70^\circ$  và  $\theta_{Ro} = 75^\circ$ .

**5- Giá trị đặt cho cấp I:** Vùng I được yêu cầu bảo vệ 80% đường dây bảo vệ.

Tổng trở đường dây:  $Z_{L1G} = 50(0,177 + j0,402) \Omega = 8,85 + j20,1 \Omega$

Tổng trở khởi động cấp I tính toán.  $= 0,8(8,85 + j20,1) \Omega$

Tổng trở đặt thứ cấp cấp I. (chỉnh định trên rơle)

$$= 0,8(8,85 + j20,1) \frac{600 \cdot 110}{132.000} = 3,54 + j8,04 \Omega = 8,78 \angle 66,24^\circ$$

**6- Chọn giá trị đặt cho cấp II:** Mục đích của bảo vệ cấp II là bảo vệ 20% còn lại của đường dây có thời gian trì hoãn bảo vệ dự trữ cho ngắn mạch sau đường dây. Cấp II được chọn để bao phủ đường dây bảo vệ cộng với 50% của đường dây ngắn nhất hoặc lớn hơn 120% của bảo vệ đường dây. Áp dụng tính toán, vùng II được chọn bảo vệ cộng thêm 50% của đường dây ngắn nhất kề liền.

Tổng trở khởi động tính toán sơ cấp cấp II:

$$= Z_{L1G} + 0,5Z_{L1K} = (8,85 + j20,1) + [0,5 \cdot 40 (0,171 + j0,402)]$$

$$= 12,39 + j28,14 \Omega \text{ (giá trị sơ cấp)}$$

Tổng trở đặt thứ cấp cấp II. (chỉnh định trên rơle)

$$(12,39 + j28,14)(600 \cdot 110) / 132000 = 6,20 + j14,07 = 15,37 \angle 66,2^\circ$$

**7- Ảnh hưởng của đường dây song song:** Khi cả đường dây G và H đều hoạt động, dưới tầm xảy ra đối với sự cố ở vùng II và vùng III. Dưới tầm do bởi ảnh hưởng của các nhánh song song. Đường dây G và H có cùng tổng trở và dòng sẽ tương đương. Vì vùng II chọn bao gồm 50% tổng trở của đường dây kế tiếp, thấy rằng khi với cả các đường dây đều hoạt động thì phạm vi vùng II chỉ bao phủ thêm 25% của đường dây kế tiếp. Ảnh hưởng dưới tầm có thể chỉ xảy ra cho sự cố bên ngoài. Dưới tầm vùng II được tính toán như sau: Tổng trở sơ cấp của đường dây kế tiếp được bao phủ bởi phạm vi vùng II:  $50/100(7,08 + j16,08) = 8,78 \Omega$ .

Phía sơ cấp: Dưới tầm vùng II:  $8,78 \cdot 0,5 = 4,39 \Omega$  (sơ cấp)

Rơle Mho vùng II đạt tới:  $12,39 + j28,14 = 30,74 \angle 66,2^\circ$

Phản trặc dưới tầm vùng II:  $(4,39/30,74) \cdot 14,28\% = 1,2$

**8- Thời gian đặt:** Thời gian trì hoãn vùng II được chọn để phân biệt với bảo vệ cấp I của vùng I đường dây kế tiếp. Nói chung, thời gian trì hoãn vùng 2 được chọn 0,2s–0,3s là thỏa mãn nhưng thời gian dài hơn có thể được sử dụng nếu phạm vi vùng II nhiều vùng bảo vệ trùng nhau.

**9- Giá trị đặt cho cấp III:** Nguyên tắc của vùng 3 là bảo vệ dữ trữ cho sự cố không cắt được trong vùng bảo vệ của các đường dây kế tiếp. Phạm vi cấp III thông thường được chọn 1,2 lần tổng trở của đường dây bảo vệ và đường dây kế tiếp sau dài nhất. Ảnh hưởng của đường dây song song H là tạo role vùng III trên đường dây G dưới tầm làm tổng trở của vùng đường dây kế tiếp được thấy bởi role lớn gấp đôi là ngắn mạch tại cuối vùng của đường dây kế tiếp.

Tổng trở khởi động sơ cấp của cấp III:

$$\begin{aligned} &= 1,2 [8,85 + j20,1 + 2(17,7 + j40,2)] \\ &= 1,2 (44,25 + j100,5) = 53,1 + j120,6 = 131,77 \angle 66,2^\circ \Omega \end{aligned}$$

Tổng trở đặt thứ cấp cấp III:

$$(53,1 + j120,6)(600 \cdot 110 / 132000) = 26,55 + j60,3 = 65,89 \angle 66,2^\circ$$

**10- Đặc tính đặc biệt cấp III:** Đối với vùng III thực tế thường chọn đặc tính Mho đặc biệt (offset mho) với mục đích bảo vệ dự trữ thanh cáp trước role. Trị số đặt bảo vệ ngược là 25% trị số đặt vùng I.

Tri số đặt trước vùng III:

$$0,25(3,45 + j8,04) = 0,885 + j2,01 = 2,2 \angle 66,2^\circ$$

**Thời gian đặt cho cấp 3:** Trước khi chọn thời gian cho cấp III hoạt động, cần thiết phải kiểm tra phạm vi vùng III qua máy biến áp tại trạm Q. Nếu có thể, ngắt phân biệt có thể được sắp xếp giữa sơ đồ bảo vệ trên cả hai phía của máy biến áp. Vùng III sẽ quá tầm xa nhất đến hệ thống 33kV khi cả máy biến áp 45MVA đang hoạt động và hệ thống được cung cấp chỉ bởi bảo vệ đường dây G, vì nếu cả đường dây song song làm việc, bảo vệ khoảng cách sẽ dưới tầm.

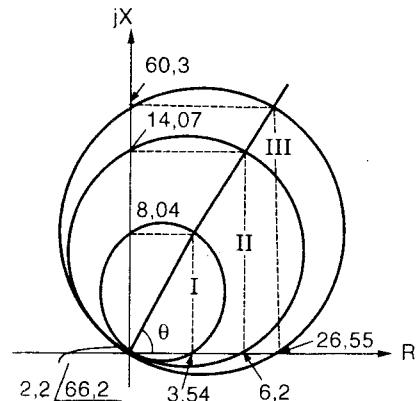
Tổng trở của máy biến áp 45 MVA trên 132 kV cơ bản:

$$= j0,125 \cdot (132^2 / 45) = j48,4 \Omega$$

Tổng trở từ điểm role đến sự cố trên thanh cáp 33 kV:

$$= (8,85 + j20,1) + j48,4 / 2 = 8,85 + j44,3$$

$$= 45,18 \angle 78,7^\circ \Omega \text{ (giá trị sơ cấp)} = 22,59 \angle 78,7^\circ \Omega \text{ (giá trị thứ cấp).}$$



Hình B.72.2

Trị số đặt cấp III đã chọn =  $65,89 \angle 78,2^\circ \Omega$  (thứ cấp) Với ngắn mạch ba pha, phạm vi của vùng III đến hệ thống 33kV là khoảng:  $(65,89 - 22,59) = 43,3 \Omega$ .

Lưu ý rằng tổng trở này là giá trị thứ cấp trên 132 kV cơ bản. Tổng trở tương đương ở cấp 33 kV cơ bản là:

$$43,3 \cdot \frac{132000}{600 \cdot 110} \cdot \frac{33^2}{132^2} = 5,41\Omega$$

Thời gian đặt cho cấp III phải được điều chỉnh để phân biệt với bảo vệ ở 33kV có vùng bảo vệ trùng nhau.

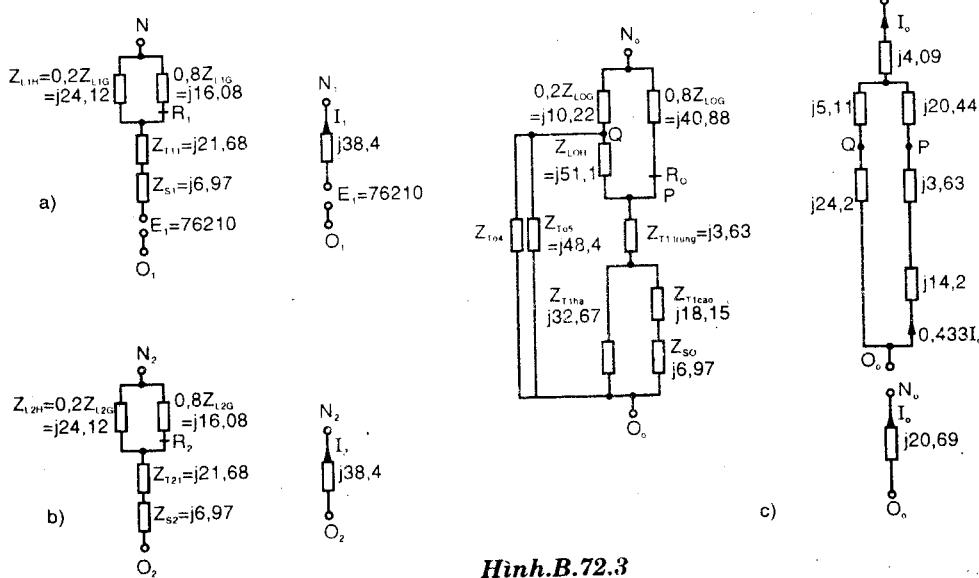
Nếu phạm vi bảo vệ cấp III không thỏa mãn, giá trị đặt vùng III có thể được giảm trong trường hợp nó không thể bảo vệ dự trữ đối với sự cố trong đường dây kế tiếp khi cả hai đường dây đang hoạt động.

Phạm vi vùng III có thể được giảm đến 1,2 · (tổng trở của đường dây bảo vệ + tổng trở của đường dây kề liền dài nhất) khi một đường dây song song không hoạt động.

11. Kiểm tra điện áp nhỏ nhất của role cho sự cố tại điểm cuối cùng I.

Thông thường với role khoảng cách biểu thị điện áp nhỏ nhất mà role sẽ duy trì sự chính xác của nó phụ thuộc vào điện áp thứ cấp đối với sự cố tại phạm vi cuối vùng I. Nó thay đổi theo tỉ số thông số hệ thống  $Z_S/Z_L$ , với ngắn mạch pha, điện áp nhỏ nhất được cho theo điện áp dây thứ cấp và với sự cố chạm đất thì theo điện áp pha thứ cấp.

Điện áp nhỏ nhất tại điểm role sẽ xảy ra khi cả đường dây G và H đang hoạt động được cung cấp từ một máy biến áp từ trạm P và công suất ngắn mạch nhỏ nhất trên thanh cái 275 kV.



### Hình B.72,3

a. Ngắn mạch 3 pha: (H.B.72.3a) biểu diễn mạng thứ tự thuận được sử dụng để tính toán ngắn mạch ba pha tại điểm cuối vùng I của bảo vệ khoảng cách trên đường dây G. Thành phần điện trở của tổng trở đường dây được bỏ qua.

Tổng trở hệ thống:

$$Z_{S1} = j(275^2 / 2500) = j30,25 \Omega \text{ trên } 275 \text{ kV cơ bản.}$$

$$= j30,25 \cdot 132^2 / 275 = j6,97 \Omega \text{ trên } 132 \text{ kV cơ bản.}$$

$$\text{Máy biến áp } T_1: Z_{T1} = j0,15 \cdot 132^2 / 120 = j21,78 \Omega \text{ (sơ cấp)}$$

Đường dây song song G và H: Tổng trở tương đương đối với ngắn mạch ba pha tại điểm cuối cùng I được cho bởi:

$$\frac{0,8Z_{L1G}((Z_{L1H} + 0,2Z_{L1G})}{0,8Z_{L1G} + Z_{L1H} + 0,2Z_{L1G}} = \frac{j16,08 \cdot j24,12}{j16,08 + j24,12} = j9,65 \Omega \text{ (sơ cấp)}$$

Tổng trở thứ tự thuận Thevenin  $Z_{N1}$  được tính:

$$Z_{N1} = j6,97 + j21,78 + j9,65 = j38,4 \Omega$$

Dòng ngắn mạch ba pha tại điểm cuối vùng I

$$I_N^{(3)} = I_1 = (132000 / \sqrt{3}) \cdot 38,4 = 1985 \text{ A}$$

Điện áp dây thứ cấp được đo bởi role tại trạm P:

$$= \sqrt{3} \cdot 1985 \cdot 9,65 \cdot (110 / 132000) = 27,65 \text{ Volt}$$

b. Ngắn mạch chạm đất: Khi tính toán điện áp role nhỏ nhất cho một sự cố chạm đất tại điểm cuối vùng bảo vệ, tính toán phải được dựa trên cách nối đất Y/Δ của máy biến áp trên hệ thống. Nó sẽ ảnh hưởng đến sự phân bố của dòng thứ tự không và phụ thuộc vị trí của nó có thể tăng hoặc giảm điện áp do lường bởi role. Đối với trường hợp này điện áp nhỏ nhất xảy ra khi cả hai máy biến áp  $T_4$  và  $T_5$  45 MVA làm việc và máy biến áp  $T_3$  không làm việc.

H.B.72.3 biểu diễn mạng thứ tự thuận, nghịch và zero cho sự cố ngắn mạch chạm đất tại điểm cuối vùng 1 của bảo vệ khoảng cách trên đường dây G tại trạm Q.

Tổng tổng trở thứ tự thuận:  $Z_{N1} = j38,4 \Omega$

Tổng tổng trở thứ tự nghịch:  $Z_{N2} = j38,4 \Omega$

Giá trị tổng trở thứ tự không được tính như sau:

Tổng trở hệ thống: giả thiết  $Z_{S0}$  tương đương với  $Z_{S1}$ ; biến áp tự ngẫu  $T_1$

Tổng trở tương đương hình sao là:

$$Z_{T1h\Delta} = j0,225 \cdot (132^2 / 120) = j32,67 \Omega \text{ (cuộn } \Delta \text{)}$$

$$Z_{T1ca\Delta}(275 \text{ kV}) = j0,125 \cdot (132^2 / 120) = j18,15 \Omega$$

$$Z_{T1\text{trung}}(132 \text{ kV}) = j0,025 \cdot (132^2 / 120) = j3,63 \Omega$$

Đường dây song song G và H

Tổng trở thứ tự không của mỗi đường dây

$$\dot{Z}_{LoG} = \dot{Z}_{LoH} = 50 \cdot j1,022 = j51,1 \Omega$$

$$\text{Tổng trở giữa vị trí rôle } R_o \text{ và sự cố} = 0,8 \cdot j51,1 = j40,88 \Omega$$

Tổng trở mắc  $\Delta$   $0,2\dot{Z}_{LoG}$ ;  $0,8\dot{Z}_{LoG}$  và  $\dot{Z}_{LoH}$  có thể được chuyển đổi qua giá trị tương đương hình sao để toàn bộ mạng thứ tự không được giảm thành một tổng trở đơn giản. Giá trị được biểu diễn trên (H.B.72.3c).

$$\text{Máy biến áp T4 và T5: } \dot{Z}_{To4} = \dot{Z}_{To5} = j0,125 \cdot 132^2 / 45 = j48,4 \Omega$$

$$\text{Tổng trở Thenevin thứ tự không: } \dot{Z}_{No} = j20,69$$

Với sự cố chạm đất:

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_2 = \dot{I}_o = \frac{132000}{\sqrt{3}(\dot{Z}_{N1} + \dot{Z}_{N2} + \dot{Z}_{No})} = \frac{132000}{\sqrt{3}(j97,49)} = 781,7 \text{ A}$$

Dòng thứ tự không chạy vào trạm P:

$$\frac{j24,2 + j5,11}{j24,2 + j5,11 + j14,2 + j3,63 + j20,44} I_o = 0,433 I_o$$

Điện áp pha  $V_R$  được nhìn bởi rôle trên đường dây G:

$$\begin{aligned} = \dot{V}_{R1} + \dot{V}_{R2} + \dot{V}_{Ro} &= I_1 j9,65 + I_2 j9,65 + 0,433 I_o 320,44 + I_o j4,09 = I_1 j32,24 \\ &= 781,7 \cdot 32,24 = 25.200 \text{ volt sơ cấp} \\ &= 25.200 \cdot 110 / 132000 = 21 \text{ volt thứ cấp.} \end{aligned}$$

### 12- Kiểm tra dòng nhỏ nhất tại rôle cho sự cố tại điểm cuối vùng I

*Ngắn mạch 3 pha:* Dòng nhỏ nhất tại điểm rôle sẽ xảy ra khi cả hai đường dây G và H đều hoạt động được cung cấp từ một máy biến áp tại trạm P và với công suất ngắn mạch nhỏ nhất trên thanh cái 275 kV. Từ mục 11 ta có: Tổng dòng ngắn mạch cho một sự cố ba pha tại vùng 1: = 1985 A

$$\text{Dòng tại điểm rôle } R_1 = 1,2 / (1,2 + 0,8) \cdot 1985 = 0,6 \cdot 1985 = 1191 \text{ A}$$

$$\text{Dòng thứ cấp tại điểm rôle} = 1191 \cdot 1/600 = 1,99 \text{ A}$$

*Ngắn mạch chạm đất:* Dòng điện nhỏ nhất tại điểm rôle sẽ xảy ra dưới điều kiện như (a) với tất cả các máy biến áp 45 MVA nối Y/Δ không hoạt động. Mạng thứ tự không tương tự như biểu diễn trên (H.B.72.3c). ngoại trừ  $Z_{To4}$  và  $Z_{To5}$  thay đổi.

$$\text{Tổng tổng trở thứ tự thuận} = j38,4 \Omega$$

$$\text{Tổng tổng trở thứ tự nghịch} = j38,4 \Omega$$

$$\text{Tổng tổng trở thứ tự không} = j42,36 \Omega$$

Dòng thứ tự tại điểm sự cố được cho bởi

$$I_1 = I_2 = I_0 = 132000 / \sqrt{3} (j119,16) = 639,6 \text{ A}$$

Dòng thứ tự tại điểm R được cho bởi:

$$I_{R1} = 0,6I_1; I_{R2} = 0,6I_2; I_{Ro} = 0,6I_0$$

$$\text{Dòng điện tại điểm role: } = I_{R1} + I_{R2} + I_{Ro} = 0,6 \cdot 3 \cdot 639,6 = 1151 \text{ A}$$

$$\text{Dòng điện thứ cấp tại điểm role: } = 1151 \cdot 1/600 = 1,92 \text{ A.}$$

73. Một đường dây truyền tải 138 kV có công suất tải định mức 130 MVA. Đường dây được nối với hai thanh cái B và C mạng truyền tải 138 kV, (H.B.73.1) Đường dây được bảo vệ bằng role khoảng cách ba cấp GCX. Xác định các thông số chỉnh định cho rơ le R.

Cho biết công suất sẽ phân phối khi hai đường dây tải bất kỳ không làm việc, lúc đó công suất tải cực đại trên đường dây được bảo vệ là 90MVA. Khi đó, giá trị của dòng điện tải là:

$$I_{tải} = S / \sqrt{3} V_{L-L} = 90000 \text{ kVA} / \sqrt{3} (138 \text{ kV}) \equiv 377 \text{ A}$$

Chọn các giá trị cơ bản:

$$S_{cb} = 200 \text{ MVA}; U_{cb} = 138 \text{ kV} \text{ (điện áp dây)}; Z_{cb} = 95,22 \Omega; I_{cb} = 836,74 \text{ A}$$

Các tỉ số biến đổi:

$$n_{BI} = \text{tỉ số biến dòng} = 600/5 = 120/1$$

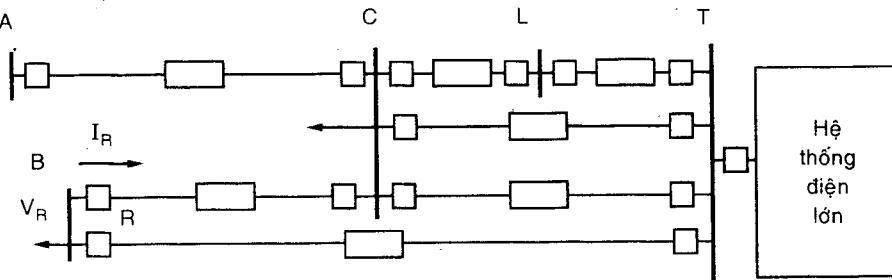
$$n_{BU} = \text{tỉ số biến áp} = 80500/67,08 = 1200/1$$

Tỉ số biến dòng trên tỉ số biến áp là:

$$n_Z = \frac{Z_{thú}}{Z_{sơ}} = \frac{U_T(V)}{I_T(A)} \frac{I_S(A)}{U_S(V)}$$

$$n_Z = \frac{\text{Tỉ số biến dòng}}{\text{Tỉ số biến áp}} = \frac{120}{1200} = 0,1 \frac{\Omega \text{ thứ cấp}}{\Omega \text{ sơ cấp}}$$

Tổng trở của đường dây được bảo vệ trong đơn vị tương đối dựa trên các giá trị cơ bản:  $Z_L = 0,01084 + j0,02905 = 0,031 \angle 69,5^\circ \text{ dvtd}$



Hình.B.73.1.

Cho tổng trở hệ thống nhin từ thanh cái B (lúc phụ tải cực đại):

$$Z_{HT} = 0,036 + j0,158 = 0,162 \angle 77,164^\circ \text{ (dvtd)}$$

**Giải.** Rơ le bảo vệ: Rơle bảo vệ đường dây được giả sử có đặc tính kháng trở cho vùng một và vùng thứ hai để đo lường khoảng cách đến điểm sự cố và vùng thứ ba được sử dụng là đặc tính Mho. Đặc tính kháng trở của hai vùng đầu tiên được giới hạn bởi đặc tính tổng dẫn được biểu diễn trên (H.B.73.2).

Trên (H.B.73.2), OL thay thế cho tổng trở của đường dây được bảo vệ và OT là tổng trở của vùng thứ nhất. OS thay thế cho tổng trở nguồn phía trước rơle. Do đó, tổng trở tổng cộng đến cuối vùng 1 được thay thế bởi đoạn ST.

Vùng I và vùng II là các đặc tính kháng trở. Dạng đặc tính khoảng cách này đặc biệt phù hợp cho các lưỡi có điện trở hồ quang lớn. Điện trở hồ quang này độc lập với chiều dài đường dây, nó có thể làm thay đổi quan trọng đối với tổng trở rơle, kéo dài về phía phải của đường thẳng đặc tính. Dạng rơ le này phù hợp cho các đường dây truyền tải ngắn, điện trở hồ quang lớn tỉ lệ với tổng trở đường dây được bảo vệ.

*Chỉnh định vùng bảo vệ I của rơle:* Vùng I được chỉnh định khoảng 85% chiều dài đường dây. Khi đó kháng trở của vùng I trong đơn vị tương đối được tính toán như sau:  $X_I = 0,85(0,02905) = 0,0247 \text{ dvtd}$

Suy ra tổng trở phía thứ cấp của các thiết bị biến đổi BI, BU là:

$$X_{I(S)} = 0,0247 \text{ n}_Z = 0,0247(0,1) = 0,00247 \text{ dvtd} = 0,235 \Omega \text{ (thứ cấp)}$$

và giá trị khởi động phía sơ cấp trong đơn vị có tên của vùng I là:

$$X_{I(\text{sơ cấp}-\Omega)} = (0,85) Z_L Z_{cb} = (0,85)(0,02905)(95,22) = 2,35 \Omega \text{ (sơ cấp)}$$

Giả thiết rơ le chế tạo có mỗi nấc chỉnh đặt cách nhau  $0,2 \Omega$  mức chỉnh định T sẽ được xác định dựa vào công thức sau (do nhà sản xuất đưa ra):

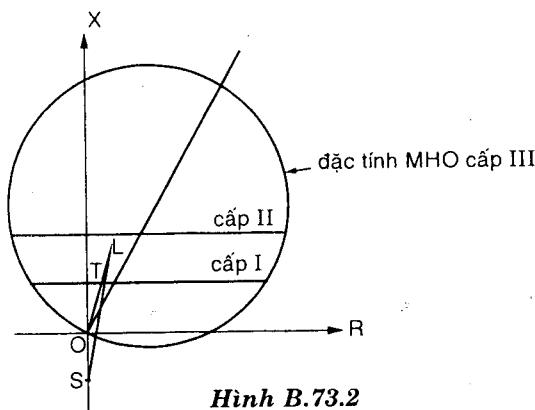
$$T_1 = \frac{X_{\min} \cdot 100\%}{X_{1(\text{thứ cấp})}} = \frac{(0,2)(100)}{0,235} = 85,1\%$$

Rơle chế tạo có các mức chỉnh định theo hệ 10 và đơn vị. Trong quá trình tính toán mức chỉnh định cho rơle có thể là một số không nguyên, khi đó nó phải được làm tròn tương ứng với số nguyên gần nhất, chẳng hạn đối với kết quả trên được làm tròn trên là 86%.

Khi đó trị khởi động đến thật của rơle sẽ là  $0,2/0,86 = 0,2326 \Omega$

Trong trường hợp khác khi làm tròn xuống 85%, ta có:  $0,2/0,85 = 0,2353 \Omega$ .

Giá trị làm tròn xuống không vượt quá mức sai số, vì vậy ta có thể chấp nhận



Hình B.73.2

giá trị này để chỉnh định cho vùng I.

*Chỉnh định cho vùng bảo vệ II của role:* Vùng II được chỉnh định đến cuối đường dây và một phần của đoạn ngắn được nối vào điểm cuối của đường dây được bảo vệ. (H.B.73.1) có bốn đường dây khác nhau nối với thanh cái C và đoạn CL là đoạn ngắn nhất. Vùng II là vùng được chỉnh định khoảng 20% của đoạn dây ngắn nhất, đoạn từ C đến L là đoạn có trở kháng 0,02303. Và trở kháng của vùng II được xác định như sau:

$$X_{II} = X_L + (0,2)X_{CL} = 0,02905 + (0,20)(0,02303) = 0,03366 \text{ dvtd}$$

trong đơn vị có tên giá trị này là:

$$X_{II(\text{sơ cấp})} = 0,03366(95,22) = 3,205 \Omega (\text{sơ cấp})$$

Phía thứ cấp:

$$X_{II(\text{thứ cấp})} = 3,205 n_Z = 3,205(0,1) = 0,3205 \Omega (\text{sơ cấp})$$

Khi đó, mức chỉnh định T sẽ được xác định như sau:

$$T_{II} = (0,2)(100\%) / 0,3205 = 62,402\%$$

Giá trị này nằm ở giữa các mức chỉnh định nguyên, và giá nó sẽ được làm tròn, sau đó được thử lại thông qua việc kiểm tra độ nhạy của chỉnh định:  $X_{\Omega(\text{thứ cấp})} = \frac{0,2}{62\%} 100 = 0,322 \Omega (\text{thứ cấp})$

$$\text{Nếu } T_{II} = 63\%: X_{\Omega(\text{thứ cấp})} = \frac{0,2}{63\%} 100 = 0,317 \Omega (\text{thứ cấp})$$

Giá trị 62% là giá trị tương đối chính xác tương ứng với giá trị 0,32; và chúng ta sẽ chỉnh định theo mức này. Chú ý tăng mức quá tầm trong việc chọn lựa mức trị chỉnh định không nên quá lớn.

*Vùng thứ III với đặc tính tổng dẫn đơn vị:* Tổng trở hệ thống tại thanh cái B được cho là:

$$Z_{\text{hệ thống}} = 0,036 + j0,158 \text{ dvtd} = 0,162 \angle 77,164^\circ (\text{dvtd})$$

$$X_{\text{hệ thống}(\text{sơ cấp})} = 0,158(95,22) = 15,045 \Omega (\text{sơ cấp})$$

$$X_{\text{hệ thống}(\text{thứ cấp})} = 15,045 n_Z = 1,5045 \Omega (\text{thứ cấp})$$

Mức chỉnh định cho đặc tính tổng dẫn Mho (theo công thức nhà sản xuất) là:  $T_{III} = (Z_{\min} \cdot 100\% / Z_{kd}^3) \cos(60^\circ - \phi)$

với:  $Z_{\min} = \text{tổng trở của role Mho nhỏ nhất trong đơn vị có tên } \Omega (\text{thứ cấp})$

$$Z_{kd}^3 = \text{tổng trở khởi động cấp 3 (thứ cấp)}$$

$\phi$  - góc của tổng trở đường dây;  $60^\circ$  = góc độ nhạy cực đại.

Giả sử rằng tổng trở role nhỏ nhất trong đơn vị có tên là  $1 \Omega$ , khi đó độ lớn của tổng trở khởi động cấp 3 yêu cầu là  $0,162 \text{ dvtd}$  hoặc  $1,542 \Omega$  (thứ cấp) và góc của đường dây được xác định là  $65,5^\circ$ . Thay thế vào công thức

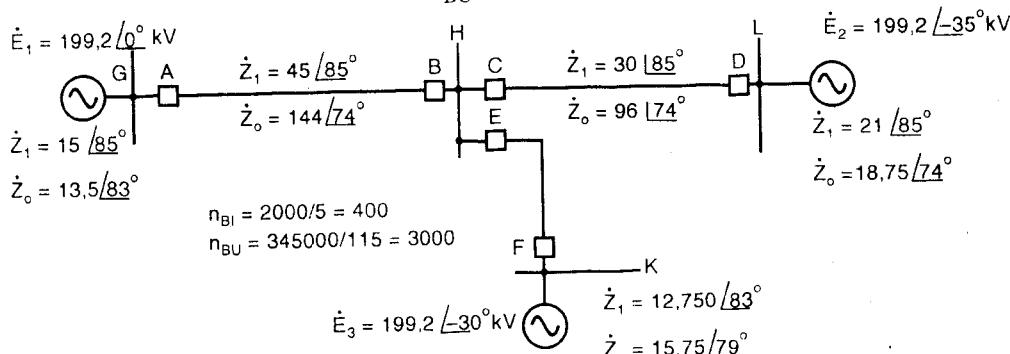
trên, ta có:  $T_{III} = (1,0 \cdot 100\% / 1,542) \cos(60^\circ - 69,5^\circ) = 63,96\%$ . Hay vùng chinh định thứ III là 64%.

Các cách chinh định trên theo nhà sản xuất GCX. Trong trường hợp tổng quát có thể tính các giá trị khởi động thứ cấp trong đơn vị có tên.

74. Cho sơ đồ đơn tuyến của hệ thống truyền tải 345kV và thông số như H.B.74. Tính toán bảo vệ khoảng cách 3 cấp đặt tại vị trí A.

**Giải.** Hệ số qui đổi tổng trở về phía thứ cấp là:

$$k_{qd} = \frac{n_{BI}}{n_{BU}} = \frac{400}{3000} = 0,1333$$



**Hình B.74**

Tổng trở đường dây AB qui về phía thứ cấp là:

$$Z_{AB} = k_{qd} Z_{1AB} = 0,1333 \cdot 45 \angle 85^\circ = 6 \angle 85^\circ \Omega$$

$$Z_{oAB} = k_{qd} Z_{oAB} = 0,1333 \cdot 144 \angle 74^\circ = 19,2 \angle 74^\circ \Omega$$

Tổng trở đường dây CD qui về phía thứ cấp là:

$$Z_{CD} = k_{qd} Z_{1CD} = 0,1333 \cdot 30 \angle 85^\circ = 4 \angle 85^\circ \Omega$$

$$Z_{oCD} = k_{qd} Z_{oCD} = 0,1333 \cdot 96 \angle 74^\circ = 12,8 \angle 74^\circ \Omega$$

Tổng trở đường dây EF qui về phía thứ cấp là:

$$Z_{EF} = k_{qd} Z_{1EF} = 0,1333 \cdot 33,75 \angle 85^\circ = 4,5 \angle 85^\circ \Omega$$

$$Z_{oEF} = k_{qd} Z_{oEF} = 0,1333 \cdot 15,75 \angle 79^\circ = 2,1 \angle 79^\circ \Omega$$

### Bảo vệ khoảng cách 3 cấp

#### 1- Bảo vệ vùng I

*Chống ngắn mạch nhiều pha:*

Vùng I bảo vệ một phần đường dây AB, giá trị khởi động là:

$$Z_{AB}^I = k_{at} Z_{AB} = 0,9 \cdot 6 \angle 85^\circ = 5,4 \angle 85^\circ \Omega \text{ (thứ cấp)}$$

*Chống chạm đất:*

Giá trị khởi động là:

$$Z_{ABG}^I = Z_{AB}^I = 5,4 \angle 85^\circ \Omega$$

Hệ số bù thứ tự không:

$$k_{\text{bù}} = \frac{Z_o - Z_1}{3Z_1} = \frac{19,2 \angle 74^\circ - 6 \angle 85^\circ}{3.6 \angle 85^\circ} = 0,742 \angle -16^\circ$$

## 2- Bảo vệ vùng II

*Chống ngắn mạch nhiều pha*

Vùng II phải bảo vệ chắc chắn đường dây AB. Khi có ngắn mạch trên đường dây EF thì vùng II sẽ bị dưới tầm do có thêm dòng từ nguồn E2 đổ vào. Do đó ta sẽ xét đến hệ số phân dòng trong trường hợp này. Theo tính toán ngắn mạch, dòng ngắn mạch trên đường dây AB khi có ngắn mạch 3 pha tại điểm giữa đường dây EF là:  $I_{NAB} = 6,55 \text{ A}$  (thứ cấp)

• Dòng ngắn mạch trên đường dây EF đổ từ thanh cái H đến điểm ngắn mạch là:  $I_{NEF} = 13,65 \text{ A}$  (thứ cấp)

• Hệ số phân dòng là:  $k_p = \frac{I_{NAB}}{I_{NEF}} = \frac{6,55}{13,65} = 0,45$

• Giá trị khởi động là:

$$Z_{AB}^{II} = Z_{AB} + 0,5 \cdot \frac{1}{k_p} \cdot Z_{CD} = 6 \angle 85^\circ + 0,5 \cdot \frac{1}{0,45} \cdot 4 \angle 85^\circ = 10,16 \angle 85^\circ \Omega$$

• Kiểm tra điều kiện độ nhạy:  $k_{nh} = \frac{Z_{AB}^{II}}{Z_{AB}} = \frac{10,16}{6} = 1,69 > 1,2$  (thỏa)

*Chống chạm đất:*

Giá trị khởi động là:  $Z_{ABG}^{II} = Z_{AB}^{II} = 10,16 \angle 85^\circ \Omega$

Hệ số bù thứ tự không giống như của vùng I chống chạm đất.

## 3- Bảo vệ vùng III

*Chống ngắn mạch nhiều pha:*

Khi ngắn mạch tại K, bảo vệ tại A sẽ bị dưới tầm do có dòng từ E2 đổ vào đường dây EF. Giá trị tổng trở đo được lúc đó là:

$$Z_R \geq Z_{AB} + Z_{EF} + (I_{CD} / I_{AB}) Z_{EF}$$

Xét ngắn mạch 3 pha tại K. Tính toán ngắn mạch, ta có:

$$I_{CD} = 4,41 \text{ A} \text{ (thứ cấp)}; \quad I_{AB} = 5,04 \text{ A} \text{ (thứ cấp)}$$

suy ra:  $Z_R = 6 \angle 85^\circ + 4,5 \angle 85^\circ + (4,41 / 5,04) 4,5 \angle 85^\circ = 14,44 \angle 85^\circ$  (thứ cấp)

Giá trị khởi động là:  $Z_{AB}^{III} \geq 15 \angle 85^\circ$  (thứ cấp)

*Chống chạm đất:*

Giống như bảo vệ chống ngắn mạch nhiều pha, bảo vệ chống chạm đất sẽ bị dưới tầm khi xảy ra ngắn mạch 1 pha chạm đất ở K. Tổng trở đo được là:

$$Z_{RG} = Z_{AB} + Z_{AB} + Z_{AB} \frac{I_\Phi + k_o I_o}{I_\Phi + k_o I_o} \frac{(\text{CD})}{(\text{AB})}$$

với:  $I_\Phi$  - dòng toàn phần trên pha bị sự cố;  $I_o$  - dòng thứ tự không

$$k_o = \frac{Z_{oAB} - Z_{AB}}{Z_{AB}} = \frac{19,2\angle 74^\circ - 6\angle 85^\circ}{6\angle 85^\circ} = 2,2\angle -16^\circ$$

Theo tính toán ngắn mạch một pha tại K, ta có:

*Đường dây AB:*

Dòng pha A:  $I_{\Phi AB} = 2,71 \text{ A}$  (thứ cấp)

Dòng thứ tự không:  $I_{oAB} = 0,5 \text{ A}$  (thứ cấp)

*Đường dây CD:*

Dòng pha A:  $I_{\Phi CD} = 3,29 \text{ A}$  (thứ cấp)

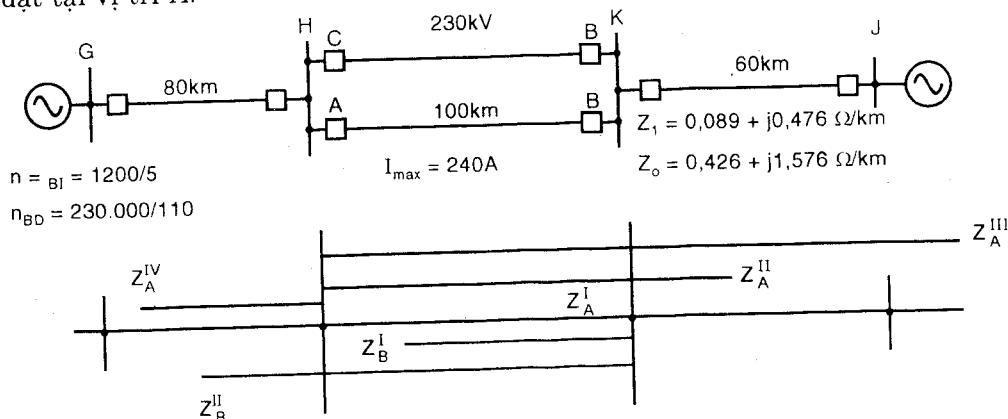
Dòng thứ tự không:  $I_{oAB} = 0,68 \text{ A}$  (thứ cấp)

*Tổng trở đo được là:*

$$Z_{RG} = 6\angle 85^\circ + 4,5\angle 85^\circ + 4,5\angle 85^\circ \frac{3,29 + 2,2 \cdot 0,68}{2,71 + 2,2 \cdot 0,5} = 16,15\angle 85^\circ$$

Chọn giá trị khởi động là:  $Z_{ABG}^{III} = 1,2 \cdot 16,15\angle 85^\circ = 19,38\angle 85^\circ \Omega$

75. Cho sơ đồ đơn tuyến của đường dây 230 kV như H.B.75. Tính toán bảo vệ cho đường dây AB dùng sơ đồ bảo vệ khoảng cách truyền khóa định hướng đặt tại vị trí A.



Hình B.75

**Giải.** Hệ số qui đổi tổng trở về thứ cấp:

$$k_{qd} = \frac{n_{BI}}{n_{BU}} = \frac{1200/5}{230000/110} = 0,12$$

Tổng trở đường dây AB qui về thứ cấp:

$$Z_{AB} = 100(0,089 + j0,476)0,12 = 5,81\angle 79,4^\circ \Omega$$

Tổng trở đường dây KJ qui về thứ cấp:

$$Z_{KJ} = 60(0,089 + j0,476)0,12 = 3,486\angle 79,4^\circ \Omega$$

### 1- Bảo vệ chống ngắn mạch nhiều pha

**Vùng I:** sẽ bảo vệ một phần đường dây AB. Giá trị khởi động là:

$$Z_{kd}^I = 0,8.Z_{AB} = 0,8.5,81\angle 79,4^\circ = 4,64\angle 79,4^\circ \Omega$$

**Vùng II:** cần phải bảo vệ chắc chắn đường dây AB, ngoài ra khi vùng II tác động bảo vệ sẽ gởi tín hiệu cho phép cắt tối rơ le đối diện điện. Giá trị khởi động là:  $Z_{kd}^{II} = Z_{AB} + 0,5.Z_{KJ} = 5,81\angle 79,4^\circ + 0,5.3,486\angle 79,4^\circ = 7,56\angle 79,4^\circ \Omega$

Kiểm tra độ nhạy:  $k_{nh} = \frac{Z_{kd}^{II}}{Z_{AB}} = \frac{7,56}{5,81} = 1,3 > 1,2$  (thỏa)

**Vùng III:** giống như trong sơ đồ bảo vệ khoảng cách 3 cấp, vùng III chỉ mang tính dự trữ cho các bảo vệ của đường dây AB và dự trữ cho đường dây KJ. Giá trị khởi động được tính theo công thức:

$$Z_{kd}^{III} = 1,2(Z_{AB} + Z_{KJ}) = 1,2(5,81\angle 79,4^\circ + 3,486\angle 79,4^\circ) = 11,15\angle 79,4^\circ \Omega$$

**Vùng IV:** tổng trở khởi động thứ cấp cấp IV bảo vệ vùng ngược:

$$Z^{IV} = 0,1Z^I = 0,1.4,64\angle 79,4^\circ = 0,464\angle 79,4^\circ \Omega \text{ (thứ cấp)}$$

Trong trường hợp vùng IV hướng ngược được dùng để khởi động truyền khóa hay cho phép các sơ đồ quá tầm thì vùng IV phải rộng hơn vùng II của bảo vệ đầu kia đường dây.

$$Z_1^{IV} \geq 120\% Z_2^{II} - Z_{AB}$$

$$Z_2^{II} = (100 + 50\% \cdot 80) \cdot 0,484\angle 79,4^\circ \times 0,12 = 8,13\angle 79,4^\circ \Omega$$

Do đó:  $Z^{IV} \geq (120\% \cdot 8,13\angle 79,4^\circ - 5,81\angle 79,4^\circ) = 3,95\angle 79,4^\circ$

### 2- Bảo vệ chống chạm đất

Chọn đặc tuyến khởi động cho bảo vệ chống chạm đất là đặc tuyến tứ giác. Giá trị khởi động của cảm kháng của vùng I, vùng II và vùng III chọn tương ứng với bảo vệ chống ngắn mạch nhiều pha. Hệ số bù thứ tự không là:

$$k_{bu} = \frac{Z_{OAB} - Z_{AB}}{3Z_{AB}}$$

trong đó:  $Z_{OAB} - Z_{AB} = (0,426 + j1,576) - (0,089 + j0,476) = 1,15\angle 72,9^\circ \Omega$

Suy ra:  $k_{bu} = \frac{1,15\angle 72,9^\circ}{3 \cdot 0,484\angle 79,4^\circ} = 0,79\angle -6,5^\circ$

Tổng trở tải nhỏ nhất của đường dây là:  $Z_{min} = \frac{U}{I_{max}} = \frac{115/\sqrt{3}}{5} = 13,3 \Omega \text{ (thứ cấp)}$

Giá trị điện trở lớn nhất cho phép của đặc tuyến bảo vệ chống chạm đất là:  $R_{max} = 0,8Z_{min} = 0,8 \cdot 13,3 = 10,6 \Omega \text{ (thứ cấp)}$

Chọn giá trị điện trở của vùng III là:  $R^{III} = 8 \Omega$

Thông thường người ta thường lấy giá trị điện trở trung gian tiêu biểu khi ngắn mạch chạm đất một pha là  $40 \Omega$  (sơ cấp). Do đó điện trở đặc tuyến

của vùng I chống chạm đất được chọn là:  $R^I = 0,12.40 = 4.8 \Omega$  (thứ cấp)

Điện trở của vùng II được chọn nằm giữa vùng I và vùng II, chọn:

$$R^{II} = 6 \Omega \text{ (thứ cấp)}$$

Tổng trở đo được là:

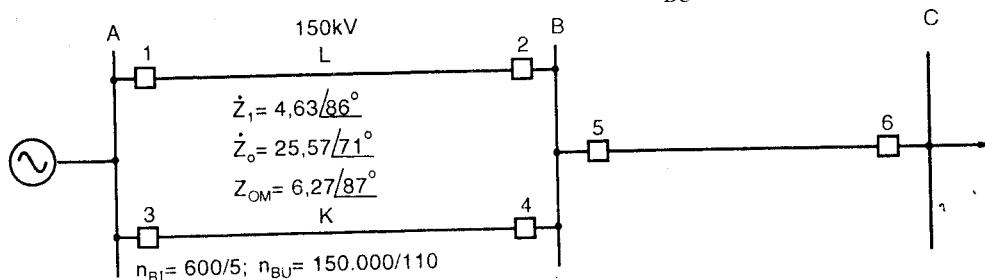
$$Z_{RG} = 6 \angle 85^\circ + 4,5 \angle 85^\circ + 4,5 \angle 85^\circ \frac{3,29 + 2,20,68}{2,71 + 2,2,0,5} = 16,15 \angle 85^\circ$$

Chọn giá trị khởi động là:  $Z_{ABG}^{III} = 1.2 \cdot 16,15 \angle 85^\circ = 19,38 \angle 85^\circ \Omega$

Trí số này phải nhỏ hơn tổng trở tải nhìn từ A lúc trước sự cố thì phù hợp.

76. Cho sơ đồ đường dây như hình B.76. Tính toán bảo vệ khoáng cách 3 cấp đặt tại máy cắt 1. (Lưu ý tình trạng dưới tầm của đường dây sự cố và quá tầm đường dây không sự cố)

**Giải.** Hệ số qui đổi tổng trở về phía thứ cấp:  $k_{qd} = \frac{n_{BI}}{n_{BU}} = \frac{120}{1363,64} = 0,088$



Hình B.76

Tổng trở đường dây L qui về thứ cấp:

$$Z_L = k_{qd} Z_{1L} = 0,088 \cdot 4,63 \angle 86^\circ = 0,41 \angle 86^\circ \Omega$$

$$Z_{oL} = k_{qd} Z_{oL} = 0,088 \cdot 25,57 \angle 71^\circ = 2,25 \angle 71^\circ \Omega$$

Tổng trở đường dây BC qui về thứ cấp

$$Z_{BC} = k_{qd} Z_{1BC} = 0,088 \cdot 11,36 \angle 86^\circ = 1 \angle 86^\circ \Omega$$

$$Z_{oBC} = k_{qd} Z_{oBC} = 0,088 \cdot 40 \angle 65^\circ = 3,52 \angle 65^\circ \Omega$$

- Bảo vệ chống ngắn mạch nhiều pha:

**Vùng I:** bao phủ một phần đường dây được bảo vệ. Giá trị khởi động là:

$$Z_L^I = k_{at} Z_L = 0,8 \cdot 0,41 \angle 86^\circ = 0,33 \angle 86^\circ \Omega$$

**Vùng II:** yêu cầu đối với vùng II là phải bao phủ chắc chắn đường dây được bảo vệ. Giá trị khởi động được chọn theo đường dây ngắn hơn là BA và dưới tầm khi ngắn mạch trước đường dây BC khi làm việc song song.

$$Z_L^{II} = k_{at} Z_L = 1,3 \cdot 0,41 \angle 86^\circ = 0,53 \angle 86^\circ \Omega$$

và xét điều kiện bảo vệ bị quá tầm khi đường dây K ngắt ra. Lúc đó phần đường dây lấn sang đường dây BC là:

$$\frac{Z_L^H - Z_L}{Z_{BC}} = \frac{0,53 - 0,41}{1} \cdot 100\% = 12\% < 50\% \text{ (thỏa)}$$

### Vùng III

- Vùng III sẽ bảo vệ dự trữ cho đường dây và cả đường dây kế tiếp. Giá trị khởi động có thể chọn là:

$$Z_L^{III} = 1,2 \left( Z_L + Z_{BC} \cdot \frac{I_{LN} + I_{KN}}{I_{LN}} \right) = 1,2(0,41 + 2,1) = 2,89 \angle 86^\circ \Omega$$

với:  $I_{LN}$  - dòng trên đường dây L khi có ngắn mạch trên đường dây BC

$I_{KN}$  - dòng trên đường dây K khi có ngắn mạch trên đường dây BC

- Khi đường dây cắt ra, bảo vệ sẽ bị quá tầm. Nếu vùng bảo vệ vượt qua khỏi vùng III của bảo vệ tại B thì ta phải phối hợp thời gian với bảo vệ này.

**Bảo vệ chống chạm đất:** khảo sát chế độ vận hành:

- Chế độ 1: 2 đường dây làm việc song song.
- Chế độ 2: 1 đường dây cắt ra và nối đất ở 2 đầu.

$$\text{Ta có: } K_{SA} = \frac{Z_{oL} - Z_{1L}}{3Z_{1L}} = \frac{25,57 \angle 71^\circ - 4,63 \angle 86^\circ}{3 \cdot 4,63 \angle 86^\circ} = 1,52 \angle -18,25^\circ$$

$$K_{SC} = \frac{Z_{oBC} - Z_{1BC}}{3Z_{1BC}} = \frac{40 \angle 71^\circ - 11,36 \angle 86^\circ}{3 \cdot 11,36 \angle 86^\circ} = 0,86 \angle -20,78^\circ$$

$$K_M = \frac{Z_{oM}}{3Z_{1L}} = \frac{6,27 \angle 87^\circ}{3 \cdot 4,63 \angle 86^\circ} = 0,45$$

$$K_{XA} = \frac{Z_{1BC}}{Z_{1L}} = \frac{11,36}{4,63} = 2,45$$

### Vùng I

- Chọn hệ số bù  $k_{bu}$  của vùng I theo chế độ một đường dây cắt ra và nối đất ở hai đầu. Khi đó ta có:

$$k_{bu} = K_{SA} - \frac{0,8K_M Z_{oM}}{Z_{oL}} = 1,52 \angle -18,25^\circ - \frac{0,8 \cdot 0,45 \cdot 6,27 \angle 86^\circ}{25,57 \angle 71^\circ} = 1,45 \angle -20,19^\circ$$

- Giá trị khởi động của vùng I là:  $Z_{kdA}^I = k_{at} \cdot Z_{1L}$

với:  $k_{at} = 0,8$

Suy ra:  $Z_{kdA}^I = 0,8 \cdot 0,41 \angle 86^\circ = 0,33 \angle 86^\circ \Omega$  (thứ cấp)

Do hệ số  $k_{bu}$  chọn theo chế độ 2 nên khi đường dây hoạt động ở chế độ 1 bảo vệ sẽ bị dưới tầm. Vùng bao phủ h của vùng I trong trường hợp này là nghiệm của phương trình:

$$(1 + k_{SA} - k_M)h^2 - [2(1 + k_{SA}) + k_{at}(1 + k_{bu})]h + 2 \cdot k_{at}(1 + k_{bu}) = 0$$

$$\text{Hay: } (1 + 1,52 - 0,45)h^2 - [2(1 + 1,52) + 0,8(1 + 1,45)]h + 2 \cdot 0,8(1 + 1,45) = 0$$

$$\Leftrightarrow 2,07h^2 - 7h + 3,29 = 0$$

Giải ra ta được:  $h = 0,71 = 71\% > 50\%$  (thỏa)

Trong trường hợp này mức độ dưới tầm nhỏ nên có thể chấp nhận được.

### Vùng II

- Chọn hệ số bù của vùng II theo chế độ cả hai đường dây làm việc song song (vì làm việc thường xuyên hơn):

$$k_{bu} = \frac{k_{SA} + k_M}{k_{AB}} = \frac{1.52\angle -18,25^\circ + 0,45\angle 0^\circ}{1} = 1,95\angle -14,25^\circ$$

với:  $k_{AB} = \frac{Z_{B0} - Z_{M0}}{Z_{A0} - Z_{M0}} = 1$

- Chọn giá trị khởi động của vùng II là:  $Z_{kdA}^{II} = h_s \cdot Z_{1L}$

với  $h_s = 1,4$

Suy ra:  $Z_{kdA}^{II} = 1,4 \cdot 0,41\angle 86^\circ = 0,574\angle 86^\circ$  (thứ cấp)

Kiểm tra vùng lấn sang đường dây BC của vùng II ứng với 2 chế độ vận hành của đường dây:

- Chế độ 1: Ta có:  $K_{LT} = 2$ ;  $K_{MT} = 1$

Vùng lấn sang đường dây BC là:

$$h_1 = \frac{1 + k_{bu}}{k_{XA} k_{LT} (1 + k_{SC})} \left( h_s - \frac{1 + k_{SA} + k_M k_{MT}}{1 + k_{bu}} \right)$$

$$h_1 = \frac{1 + 1,95}{2,45 \cdot 2(1 + 0,86)} \left( 1,4 - \frac{1 + 1,52 + 0,45 \cdot 1}{1 + 1,95} \right) = 0,127 = 12,7\% < 50\% \text{ (thỏa)}$$

- Chế độ 2: Ta có:  $k_{LT} = 1$ ;  $k_M = -\frac{Z_{oM}}{Z_{oL}} = -\frac{6,27}{25,57} = -0,25$

Vùng lấn sang đường dây BC là:

$$h_1 = \frac{1 + k_{bu}}{k_{XA} k_{LT} (1 + k_{SC})} \left( h_s - \frac{1 + k_{SA} + k_M k_{MT}}{1 + k_{bu}} \right)$$

$$h_1 = \frac{1 + 1,95}{2,45 \cdot 1(1 + 0,86)} \left( 1,4 - \frac{1 + 1,52 - 0,45 \cdot 0,25}{1 + 1,95} \right) = 0,378 = 37,8\% < 50\% \text{ (thỏa)}$$

Trong cả 2 chế độ vận hành của đường dây vùng II đều không vượt quá 50% của đường dây BC.

### Vùng III

- Chọn hệ số bù  $k_{bu}$  theo chế độ 2 đường dây làm việc song song. Khi đó:  $k_{bu} = 1,95\angle -14,25^\circ$

- Giá trị khởi động của vùng III là:  $Z_{kdA}^{III} = Z_{1L} + k_p(1,2 \cdot Z_{1BC})$

với:  $k_p = \frac{2(1 + k_{sc})}{1 + k_{bu}} = \frac{2(1 + 0,86)}{1 + 1,95} = 1,26$

Vậy:  $Z_{kdA}^{III} = 0,41\angle 86^\circ + 1,26(1,2 \cdot 1\angle 86^\circ) = 1,92\angle 86^\circ \Omega$

77. Khảo sát ảnh hưởng của chiều dài đường dây lên tổng trở do được của role tổng trở hệ thống ở H.B.77.1 với các thông số như sau:

$$U_{cb} = 500 \text{ kV}; S_{cb} = 1000 \text{ MVA}; z = 0,0007456 + j0,001492 \text{ dvtd/km}$$

$$y = 0,00 + j0,0011184 \text{ dvtd/km}; E_s = E_u = 1,0 + j0 \text{ dvtd}$$

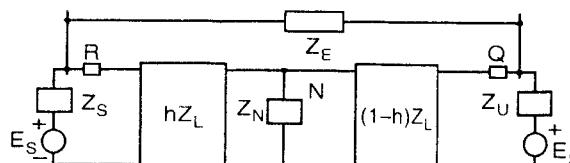
$$Z_s = Z_u = 0,0 + j0,1 \text{ dvtd}; Z_E = 0,002 + j0,04 \text{ dvtd} - \text{tổng trở tương mạch ngoài}$$

$$Z_N = 0,01 + j0,00 \text{ dvtd} - \text{tổng trở chạm}$$

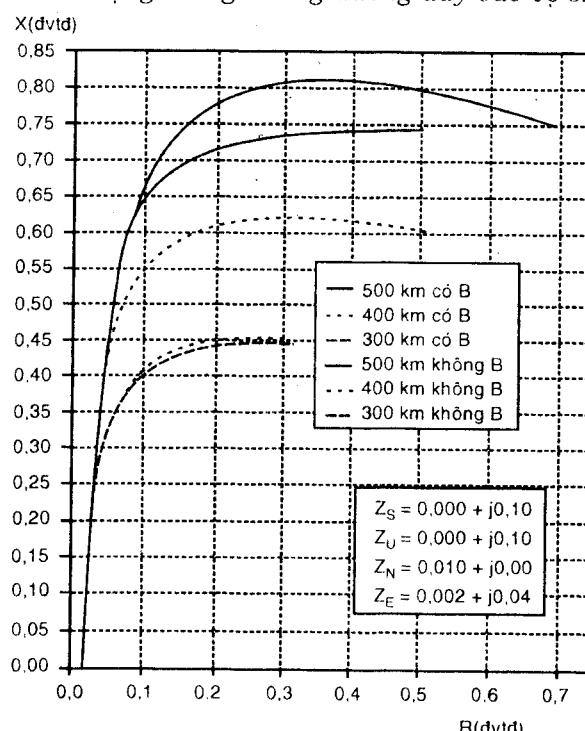
**Giải.** Dựa vào các công thức ở chương bảo vệ khoảng cách, ta tính tổng trở biểu kiến đo được của rôle theo chiều dài đường dây khi tính đến ảnh hưởng của các thông số thống và vẽ trên H.B.77.2. Bất kỳ sự thay đổi nào của thông số hệ thống cũng làm thay đổi dạng đường cong tổng trở. Từ H.B.77.2 nhận thấy chiều dài đường dây càng dài thì đường tổng trở đo được có khuynh hướng tiến về phía trục R dương.

Đối với đường dây siêu cao thế cần lưu ý và quan tâm tính toán ảnh hưởng tổng dẫn đường dây, nếu bỏ qua yếu tố này sẽ đưa đến sai số đáng kể.

Chúng ta có thể kết luận rằng tổng trở đo được của đường dây dài siêu cao áp có khuynh hướng tiến về phía phải khi sự cố gần đầu kia của đường dây và sai số đáng kể nếu bỏ qua tính toán tổng dẫn đường dây (không tính đến B).



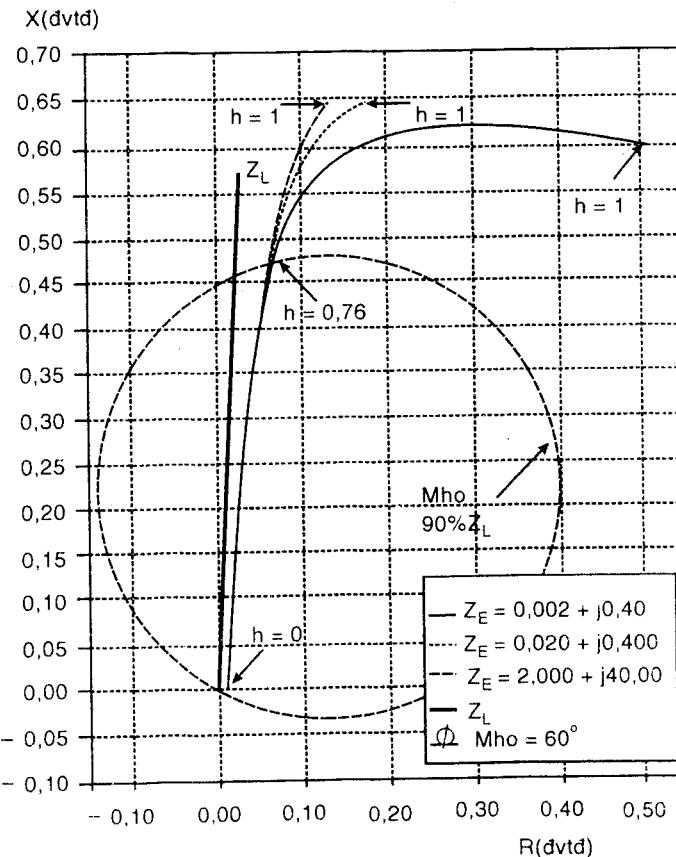
**Hình B.77.1.** Mạng tương đương đường dây bảo vệ siêu cao thế.



**Hình B.72.2.** Tổng trở biểu kiến đo được rôle của đường dây dài điện thế 500 kV

78. Khảo sát ảnh hưởng của thông số đường dây hay hệ thống liên kết. Sơ đồ như hình bài 77 đường dây 500kV dài 400km có các thông số cơ bản:  $U_{cb} = 500\text{kV}$ ;  $S_{cb} = 1000 \text{ MVA}$ ;  $z = 0,0007456 + j0,001492 \text{ dvtd/km}$   
 $y = 0,00 + j0,0011184 \text{ dvtd/km}$ ;  $E_s = E_u = 1,0 + j0 \text{ dvtd}$ ;  $Z_s = Z_u = 0,0 + j0,1 \text{ dvtd}$

$$Z_N = 0,001 + j0,00 \text{ dvtd}; Z_E - \text{thay đổi}$$



**Hình B.78. Tổng trở rội đo được khi  $Z_E$  thay đổi**

**Giải.** Nhận thấy rằng  $Z_N$  rất nhỏ. Chúng ta bắt đầu tính với:  $Z_E = 0,002 + j0,04 \text{ dvtd}$  có tỉ số  $X/R = 20$  bằng với tỉ số  $X/R$  của đường dây bảo vệ. Trị số  $Z_E$  nhỏ nói lên liên kết mạch song song với đường dây bảo vệ.

Sau đó thay mỗi bước tính với trị số  $Z_E$  10 lần lớn hơn. Tổng trở biểu kiến đo được rội  $R$  được tính với 3 trị số  $Z_E$  và vẽ trong trường hợp này cho ở hình. Cùng vẽ trên đường tổng trở đường dây  $Z_L$  đường đặc tính khởi động rội  $Mho$  với trị đặt là 90%  $Z_L$  và có góc đường kính vòng tròn là  $60^\circ$ . Nhận thấy đường tổng trở đo được không thay đổi nhiều bên trong đường đặc tính khởi động mặc dù thay đổi  $Z_E$  1000 lần, khi ngắn mạch gần đầu kia đường dây ( $h \rightarrow 1$ ) thì tổng trở đo được không còn tuyến tính vì lúc đó một phần dòng

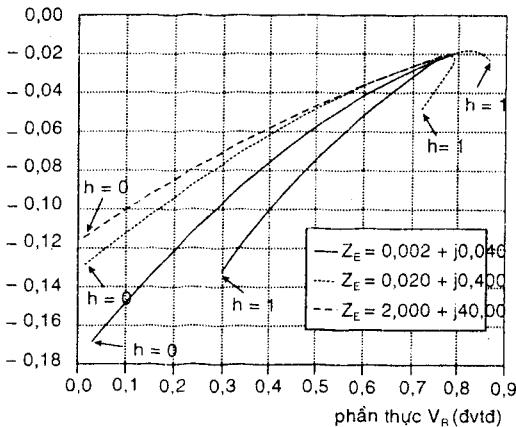
diện ngắn mạch được cung cấp bởi đầu kia đường dây lớn hơn khi tiến đến 1.

Chúng ta có thể kết luận rằng trị số tổng trở liên kết mạch ngoài đường dây bảo vệ thì rất quan trọng để xác định vị trí và dạng của tổng trở đo được.

79. Với sơ đồ và số liệu như bài 77, tính toán và vẽ dòng, áp của rôle R khi ngắn mạch 3 pha dọc đường dây bảo vệ trên mặt phẳng tổng trở.

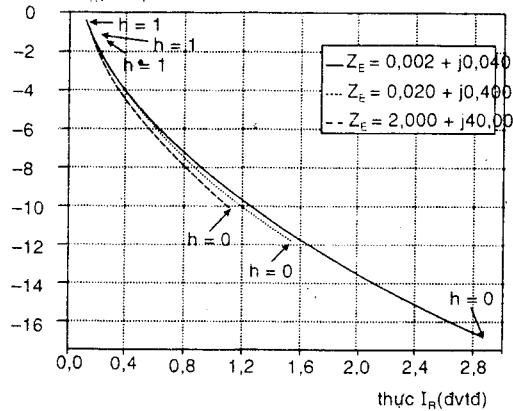
**Giải.** Kết quả tính và vẽ cho ở H.B.79.1 và H.B.79.2

P. ảo  $V_R$ (đvtđ)



**Hình B.79.1. Điện thế tại R**

P. ảo  $I_R$ (đvtđ)



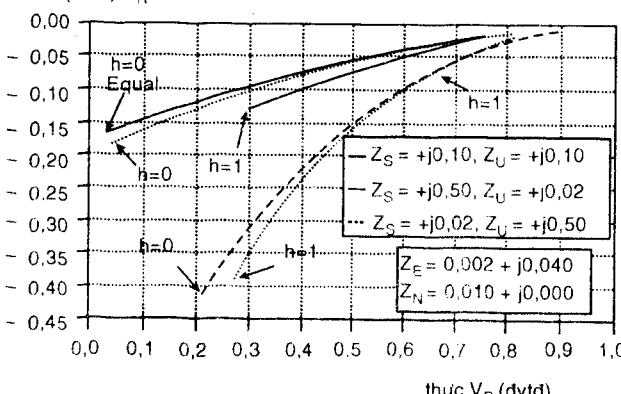
**Hình B.79.2. Điện thế tại R**

Lưu ý hình được vẽ trực tung và hoành không cùng tỉ lệ. Nhận xét khi sự cố gần vị trí rôle điện thế gần bằng không, ngược lại sẽ tăng khi sự cố dời ra xa. Đối với các trị số  $Z_E$  nhỏ và lớn đáng kể phần thực thì điện thế đạt đến cực đại và sau đó giảm.

Từ H.B.79.1 nhận thấy, biên độ dòng điện lớn nhất khi tổng trở mạch ngoài nhỏ, bởi vì một phần dòng điện qua rôle bị chia ra mạch ngoài. Đối với các giá trị tổng trở ngoài cao thì dòng điện gần trùng nhau khi sự cố chạm gần đầu kia đường dây ( $h \rightarrow 1$ ).

80. Tính đến ảnh hưởng của tổng trở nguồn lên tổng trở biểu kiến đo được của rôle của sơ đồ bài 77.

ảo (đvtđ)  $V_R$

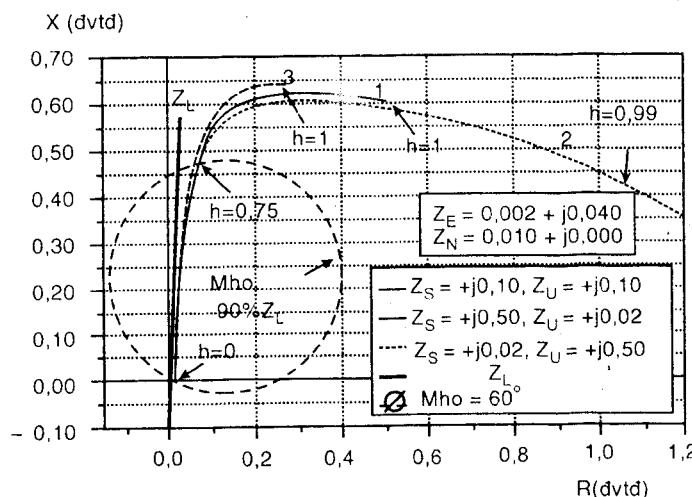


**Hình B.80.1. Tổng trở rôle đo được khi tổng nguồn thay đổi**

**Giải.** Tổng trở đo được của rôle trong trường hợp này được vẽ với 3 trị số của tổng trở nguồn như H.B.80.1.

Trị số thứ nhất được vẽ là đường 1, giống như đã vẽ ở bài  $Z_S = j0,1$  và  $Z_U = j0,1$ ; đường 2 với  $Z_S = j0,5$  và  $Z_U = 0,02$ ; đường 3 với  $Z_S = j0,02$  và  $Z_U$ .

**Nhận xét:** đối với tổng trở nguồn gần rôle nhỏ thì tổng trở đo được có thành phần điện trở nhỏ đối với các sự cố ở đầu kia của đường dây (đường số 3) nhưng tất cả các đường gần trùng nhau ở góc tổng trở. Đối với tổng trở nguồn gần rôle lớn tổng trở đo được có thành phần R lớn khi ngắn mạch gần cuối đường dây bảo vệ (đường 2). Tuy nhiên tất cả các thành phần tổng trở đo được này nằm ngoài đường đặc tính khởi động rôle Mho. Thực tế cả 3 đường đều cắt vòng tròn khởi động ở trị số là  $h = 0,75$ .



**Hình B.80.2. Điện thế rôle thay đổi theo tổng trở nguồn**

H.B.80.2 và 3 vẽ giản đồ điện thế và dòng điện khi tổng trở nguồn thay đổi. Nhận thấy rằng, tổng trở nguồn là thông số rất quan trọng trong việc xác định tình trạng hệ thống ảnh hưởng lên vị trí đặt của rôle.

**81.** Khi ngắn mạch xảy ra gần vị trí đặt rôle khoảng cách, điện áp vào rôle có thể rất nhó không đủ độ nhạy cho rôle tác động. Trình bày cách khắc phục.

**Giải.** Với các rôle kỹ thuật số ngày nay để khắc phục tình trạng trên người ta có thể dùng các phương cách sau:

a) Dùng điện áp bù phân cực là điện áp pha không bị chạm:

$$\dot{Z}_1 = \frac{\dot{V}_L + K_P \dot{V}_P}{\dot{I}_L} \quad (1)$$

với:  $K_P$ : - hệ số bù ;  $V_P$ : - điện thế phân cực.

Bộ phận đo lường của Relay khoảng cách có các tín hiệu được xử lý như sau:

Bảng 1

Phần tử đo lường		$\dot{V}_L$	$\dot{I}_L$	$\dot{V}_P$
Chống chạm đất	a - E	$\dot{V}_a$	$\dot{I}_a + K_c \dot{I}_r$	$\dot{V}_b - \dot{V}_c$
	b - E	$\dot{V}_b$	$\dot{I}_b + K_c \dot{I}_r$	$\dot{V}_c - \dot{V}_a$
	c - E	$\dot{V}_c$	$\dot{I}_c + K_c \dot{I}_r$	$\dot{V}_a - \dot{V}_b$
Chống chạm pha	a - b	$\dot{V}_a - \dot{V}_b$	$\dot{I}_a - \dot{I}_b$	$\dot{V}_c$
	b - c	$\dot{V}_b - \dot{V}_c$	$\dot{I}_b - \dot{I}_c$	$\dot{V}_a$
	c - a	$\dot{V}_c - \dot{V}_a$	$\dot{I}_c - \dot{I}_a$	$\dot{V}_b$

trong đó:  $\dot{I}_r = \dot{I}_a + \dot{I}_b + \dot{I}_c$  (2)

và:  $\dot{K}_c = \frac{\dot{Z}_0 - \dot{Z}_1}{3 \dot{Z}_1}$  (3)

b) Bảo vệ khoảng cách số thường sử dụng bộ nhớ lưu trữ điện áp (điện áp trong điều kiện trước sự cố) được lưu trữ trong bộ nhớ của hệ thống xử lý số) để thực hiện phân biệt trong trường hợp sự cố gần chõ đặt bảo vệ. Tổng trở được đo lường như sau:

$$\dot{Z}_{rp} = \frac{\dot{Z}_L + k_m \dot{V}_m}{\dot{I}_L} \quad (4)$$

Tín hiệu  $\dot{V}_L$ ,  $\dot{V}_m$  và  $\dot{I}_L$  được cho trong bảng cho sự cố chạm đất riêng và ngắn mạch pha.

Bảng 2

Phần tử đo lường		$\dot{V}_L$	$\dot{V}_m$	$\dot{I}_L$
Chống chạm đất	a - E	$\dot{V}_a$	$\dot{V}_{am}$	$\dot{I}_a + k \dot{I}_o$
	b - E	$\dot{V}_b$	$\dot{V}_{bm}$	$\dot{I}_b + k \dot{I}_o$
	c - E	$\dot{V}_c$	$\dot{V}_{cm}$	$\dot{I}_c + k \dot{I}_o$
Chống chạm pha	a - b	$\dot{V}_a - \dot{V}_b$	$\dot{V}_{am} - \dot{V}_{bm}$	$\dot{I}_a - \dot{I}_b$
	b - c	$\dot{V}_b - \dot{V}_c$	$\dot{V}_{bm} - \dot{V}_{cm}$	$\dot{I}_b - \dot{I}_c$
	c - a	$\dot{V}_c - \dot{V}_a$	$\dot{V}_{cm} - \dot{V}_{am}$	$\dot{I}_c - \dot{I}_a$

Trong bảng 2:  $\dot{V}_a$ ,  $\dot{V}_b$  và  $\dot{V}_c$  - tiêu biểu cho điện áp chạm đất của đường dây truyền tải vị trí bảo vệ trong pha "a", "b" và "c" tương ứng.  $\dot{I}_a$ ,  $\dot{I}_b$ ,  $\dot{I}_c$  - tiêu biểu cho dòng pha trên các pha "a", "b" và "c" tương ứng.

$\dot{V}_{am}$ ,  $\dot{V}_{bm}$  và  $\dot{V}_{cm}$  - là các điện áp trước sự cố trên các pha "a", "b" và "c" của đường dây truyền tải tại vị trí bảo vệ.  $\dot{I}_o$  là dòng thứ tự không được cho:

$$\dot{I}_o = \dot{I}_a + \dot{I}_b + \dot{I}_c \quad (5)$$

hệ số  $k_r$  dòng bù thứ tự không do lường sự cố chạm đất được cho bởi:

$$k = Z_{1m} / Z_1 \quad (6)$$

trong đó:  $Z_{1m}$  - là tổng trở hổ tương giữa dây dẫn trên đơn vị chiều dài của đường dây;  $Z_1$  - là tổng trở thứ tự thuận trên đơn vị chiều dài đường dây.

Hệ số  $k_m$  trong biểu thức (4) được chọn là 0,1:

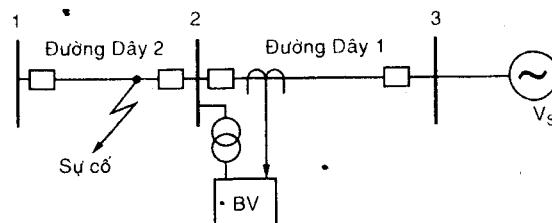
$k_m \dot{V}_m$  trong biểu thức (4) bao gồm  $Z_{rp}$  khi biên độ của  $\dot{V}_L$  trong biểu thức (4) thấy rõ ngưỡng khi có ngắn mạch chấn đắt bảo vệ.

c) Dùng phương án tổng hợp:

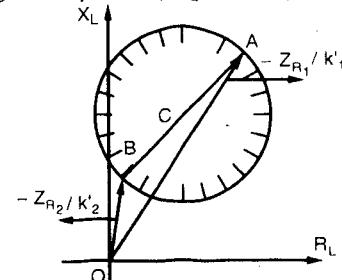
$$\dot{Z}_L = (\dot{V}_L + \dot{K}_p \dot{V}_p + \dot{K}_m \dot{V}_m) / \dot{I}_L$$

82. Đường dây giữa thanh gốp 2 và 3 trên H.B.82.1 được bảo vệ bởi bảo vệ khoảng cách. Bài tập này liên quan đến tính phân biệt của bảo vệ khoảng cách khi sự cố bên ngoài rất gần chấn đắt bảo vệ, bảo vệ có thể làm việc được khi ngắn mạch gần chấn đắt bảo vệ bằng cách dùng điện áp phân cực là điện áp các pha không bị chạm. Sự cố tại vị trí được cho trên (H.B.82.1) là một sự cố bên ngoài đối với bảo vệ đặt tại thanh gốp 2 của đường dây.

Yêu cầu của bài tập này sẽ xuất phát từ ảnh hưởng đặc điểm phân cực của bảo vệ tại vị trí được minh họa với sự cố ngắn mạch một pha chạm đất



Hình B.82.1



Hình B.82.2. Đặc tính trong điều kiện sự cố gần chấn đắt bảo vệ

trên pha "a". Cùng với việc kết hợp vấn đề phân cực vào tính toán, cho phép phân biệt vùng sự cố để xác định sai số.

Tín hiệu đầu vào bộ so sánh pha có bù phân cực cho đặc tính Mho có dạng:  $\dot{S}_1 = k_1 \dot{Z}_L + Z_{R1} \dot{I}_L$  (a)

$$\dot{S}_2 = k_2 \dot{V}_L + k_p \angle 90^\circ \dot{V}_p \quad (b)$$

Nếu  $\alpha$  là góc lệnh pha giữa tín hiệu  $\dot{S}_1$  và  $\dot{S}_2$ , vùng tác động của các phân tử so sánh pha là:  $-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$

$\dot{V}_L, \dot{I}_L$  - là điện áp và dòng điện dây dẫn tương ứng. Tín hiệu dòng  $\dot{I}_L$  bao gồm dòng bù thứ tự không.  $V_p$  là tín hiệu điện áp phân cực dựa trên điện áp pha không sự cố trên pha "b" và "c":  $\dot{V}_p = \dot{V}_b - \dot{V}_c$ .

Mạch bảo vệ (đường dây truyền tải 1 giữa thanh gốp 2 và 3 trên (H.B.82.1) có chiều dài 100 km. Điện áp làm việc là 220 kV. Tổng trở nối

tiếp trên mỗi đơn vị chiều dài là:

$$\text{Tổng trở thứ tự thuận: } 0,082 + j0,315 \Omega/\text{km}$$

$$\text{Tổng trở thứ tự nghịch: } 0,082 + j0,315 \Omega/\text{km}$$

$$\text{Tổng trở thứ tự không: } 0,282 + j1,345 \Omega/\text{km}.$$

Phạm vi vùng I được chọn khoảng 80% trên tổng chiều dài đường dây. Góc đặc tính được chọn giống như góc tổng trở đường dây thứ tự thuận. Công suất ngắn mạch ba pha chạm đất tại thanh góp 3 là 2000MVA. Công suất một pha chạm đất là 2500MVA. Điện trở nguồn có thể được bỏ qua khi sự cố tại thanh góp 3. Điện áp nguồn tương đương trên từng pha được lấy để tính toán mạng thứ tự thuận. Công suất truyền trước sự cố trên sơ đồ H.B.82.1 là không. Với mục đích vẽ đặc tính phân cực, từ biểu thức (a) và (b) cho:

$$k_1 = -1; \quad k_2 = 1; \quad \sqrt{3}k_p/k_2 = 5\%$$

Hãy cho một định nghĩa về ảnh hưởng của mức độ gia tăng bù phân cực đến đặc tính bảo vệ khoảng cách khi có ngắn mạch gần chỗ đặt bảo vệ.

**Giải.** Nếu  $V_a$  là điện áp pha "a" tại thanh góp 2 trên (H.B.82.1) và  $I_a$  là dòng ngắn mạch trên pha "a", tín hiệu  $S_1$ :

$$\dot{S}_1 = k_1 \dot{V}_a + \dot{Z}_{R1} \dot{I}_{La} \quad (1)$$

$$\text{mà:} \quad \dot{I}_{La} = \dot{I}_a + k_c \dot{I}_r \quad (2)$$

$$\text{Trong biểu thức (2): } k_c = (\dot{Z}_o - \dot{Z}_1) / 3\dot{Z}_1 \quad (3)$$

$$\text{và:} \quad \dot{I}_r = \dot{I}_a + \dot{I}_b + \dot{I}_c \quad (4)$$

Nếu mạch không tái trước khi sự cố xảy ra:

$$\dot{I}_b = \dot{I}_c = 0 \quad (5)$$

$$\text{vì thế:} \quad \dot{I}_{La} = (1 + k_c) \dot{I}_a \quad (6)$$

Theo quy ước hướng dòng điện đi từ thanh cái 2 đến 3.

Bây giờ ta xét tín hiệu  $S_2$ :

$$\dot{S}_2 = k_2 \dot{V}_a + k_p \angle 90^\circ (\dot{V}_b - \dot{V}_c) \quad (7)$$

Biểu diễn  $(\dot{V}_b - \dot{V}_c)$  trong biểu thức (7) theo  $\dot{V}_a$  và  $\dot{I}_{La}$  để biểu thức tín hiệu  $\dot{S}_2$  tương tự với tín hiệu  $\dot{S}_1$  trong biểu thức (1).

Điện áp nguồn tương đương trên pha "a",  $\dot{V}_{sa}$  được cho bởi:

$$\dot{V}_{sa} = -\dot{Z}_{se} \dot{I}_a - \dot{Z}_{le} \dot{I}_a - \dot{Z}_{lex} \dot{I}_a \quad (8)$$

$$\text{hoặc:} \quad \dot{V}_{sa} = -(\dot{Z}_{se} + \dot{Z}_{le}) \dot{I}_a - \dot{Z}_{lex} \dot{I}_a \quad (9)$$

trong đó:  $\dot{Z}_{se}$  là tổng trở nguồn;  $\dot{Z}_{le}$  - là tổng trở của đường dây truyền tải 1 và  $\dot{Z}_{lex}$  - là tổng trở của vùng đường dây từ thanh góp 2 đến vị trí sự cố. Với sự cố cận:  $\dot{Z}_{lex} = 0$ . Với pha "b", "c":

$$\dot{V}_{sb} = \dot{V}_b - (\dot{Z}_{sm} + \dot{Z}_{lm}) \dot{I}_a \quad (10)$$

$$\dot{V}_{se} = \dot{V}_c - (\dot{Z}_{sm} + \dot{Z}_{lm}) \dot{I}_a \quad (11)$$

trong đó:  $\dot{V}_{sb}$ ,  $\dot{V}_{se}$  - là điện áp nguồn tương đương trên pha "b" và "c" tương ứng.  $\dot{Z}_{sm}$  là tổng trở nguồn hõi tương giữa các pha;  $\dot{Z}_{lm}$  - là tổng trở hõi tương giữa các pha trên đường dây truyền tải 1;  $\dot{V}_b$ ,  $\dot{V}_c$  - là điện áp tại thanh góp 2 cùng với các pha "b" và "c" tương ứng.

$$\text{Từ các biểu thức (10) và (11): } \dot{V}_b - \dot{V}_c = \dot{V}_{sb} - \dot{V}_{se} \quad (12)$$

$$\text{với điện áp nguồn cân bằng: } \dot{V}_{sb} = \dot{V}_s \angle -120^\circ \quad (13)$$

$$\dot{V}_{se} = \dot{V}_s \angle 120^\circ \quad (14)$$

Đặt:  $\dot{V}_{sa} = \dot{V}_s$  như một điện áp chuẩn. Sử dụng biểu thức (13) và (14) thế vào biểu thức (12):  $\dot{V}_b - \dot{V}_c = \dot{V}_s (1 \angle -120^\circ - 1 \angle 120^\circ)$  (15)

$$\text{hoặc: } \dot{V}_b - \dot{V}_c = -j\sqrt{3} \dot{V}_s = -j\sqrt{3} \dot{V}_{sa} \quad (16)$$

$$\text{Từ biểu thức (9) và (16): } \dot{V}_b - \dot{V}_c = j\sqrt{3}(\dot{Z}_{se} + \dot{Z}_{le}) \dot{I}_a + j\sqrt{3} \dot{Z}_{lex} \dot{I}_a \quad (17)$$

$$\text{Điện áp trên pha "a" tại thanh góp 2 được cho bởi: } \dot{V}_a = -\dot{Z}_{lex} \dot{I}_a \quad (18)$$

$$\text{Từ biểu thức (17) và (18): } \dot{V}_b - \dot{V}_c = -j\sqrt{3}(\dot{Z}_{se} + \dot{Z}_{le}) \dot{I}_a - j\sqrt{3} \dot{V}_a \quad (19)$$

Bây giờ chúng ta thay thế  $(\dot{V}_b - \dot{V}_c)$  trong biểu thức (19) đến biểu thức (70) vào tín hiệu  $\dot{S}_2$ :  $\dot{S}_2 = (k_2 + \sqrt{3}k_p) \dot{V}_a - \sqrt{3}k_p(\dot{Z}_{se} + \dot{Z}_{le}) \dot{I}_a$  (20)

$$\text{từ biểu thức (6), chúng ta có: } \dot{I}_a = \dot{I}_{La} / 1 + k_c \quad (21)$$

$$\text{vì thế: } \dot{S}_2 = k_2 \dot{V}_a + \dot{Z}_{R2} \dot{I}_{La}, \quad (22)$$

$$\text{với: } k_2 = k_2 + \sqrt{3}k_p \quad (23)$$

$$\text{và: } \dot{Z}_{R2} = [-\sqrt{3}k_p(\dot{Z}_{se} + \dot{Z}_{le})] / (1 + k_c) \quad (24)$$

thay các giá trị:  $k_1 = -1$ ;  $k_2 = 1$ ;  $k_p = 0,05 / \sqrt{3} = 0,029$

$$\dot{Z}_{le} = [2(0,028 + j0,315) + 0,287 + j1,345] / 3 \cdot 100 \Omega$$

$$\dot{Z}_{le} = 15,03 + j65,83 \Omega$$

$$k_c = \frac{(0,287 + j1,345) - (0,082 + j0,315)}{3(0,082 + j0,315)}$$

$$k_c = 1,7306 + j0,06256 = 1,08 \angle 3,33^\circ$$

$$\dot{Z}_{R1} = (0,082 + j0,315) \times 80 = 6,56 + j25,2 \Omega = 26,04 \angle 75,04^\circ \Omega$$

$$\dot{Z}_{s1} = j0,05 \text{ đvtđ trên } 100 \text{ MVA hoặc } j24,2 \Omega; 3/(2\dot{Z}_{s1} + \dot{Z}_{so}) = 25 \text{ đvtđ}$$

$$\text{vì thế: } \dot{Z}_{so} = j0,02 \text{ đvtđ } (S_{cb} = 100 \text{ MVA}) \text{ hoặc } \dot{Z}_{so} = j9,68 \Omega$$

$$\dot{Z}_{SE} = j[2(0,05) + 0,02] / 3 = j0,04 \text{ đvtđ } (S_{cb} = 100 \text{ MVA})$$

hoặc:  $\dot{Z}_{SE} = j19,36 \Omega$ . Chúng ta không tính toán điện trở nguồn.

$$\dot{Z}_{R2} = -0,42602 - j2,05067 = 2,09 \angle -101,74^\circ \Omega$$

$$k_2 = 1,0 + \sqrt{3} (0,029) = 1,05; \quad k_1 = -1,0$$

$$-\frac{\dot{Z}_{R1}}{k_1} = \frac{-26,04 \angle 74,04^\circ}{-1,0} = 26,04 \angle 74,04^\circ; \quad -\frac{\dot{Z}_{R2}}{k_2} = \frac{-2,09 \angle -101,74^\circ}{1,05} = 1,99 \angle 78,26^\circ$$

*Kết luận:* Tăng  $K_p$  làm di chuyển vùng bảo vệ ra xa gốc O của mặt phẳng tổng trở. Điều này làm tăng tính phân biệt khi có ngắn mạch ngoài gần chỗ đặt ròle. (H.B.82.2)

**83.** Một mạch của hai đường dây truyền tải song song được cách ly (không làm việc) và các dây pha của mạch này được nối đất tại hai đầu của đường dây được biểu diễn trên (H.B.83). Có sự cố tại một đầu của đường dây đang làm việc xảy ra. Với mỗi mạch tổng trở và hố cảm của nó cân bằng giữa các pha. Tổng trở tự thân trong mỗi pha của mỗi mạch là  $(0,047+j0,449) \Omega/km$ . Tổng trở hố cảm giữa các pha cho mỗi cặp pha của mỗi mạch là  $(0,028+j0,171) \Omega/km$ . Tất cả tổng trở hố cảm giữa mạch có giá trị là  $(0,028+j0,142) \Omega/km$ . Tổng chiều dài đường dây là 100km. Tổng trở biểu kiến được đo lường bởi phần tử bảo vệ pha "a" đến đất cho sự cố pha "a" với đất tại vị trí N trên (H.B.83) được cho bởi:

$$\dot{Z}_{La} = x \dot{Z}_1 - \frac{\dot{Z}_1 (x \dot{Z}_{Mo})^2}{l \dot{Z}_o (2 \dot{Z}_1 + \dot{Z}_o)}$$

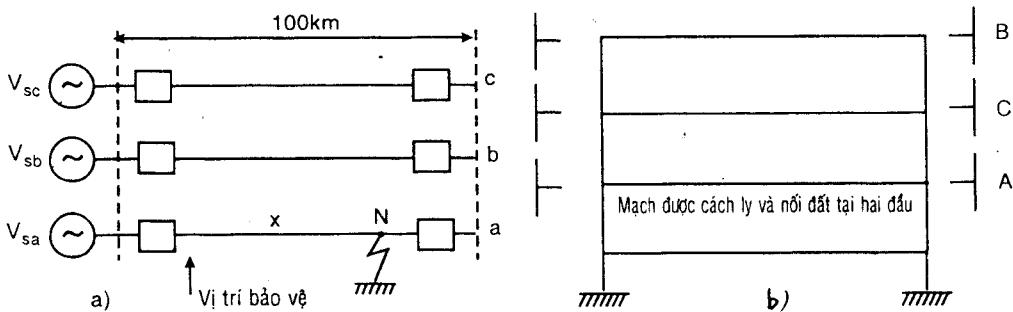
với:  $x$  - khoảng cách từ vị trí bảo vệ đến điểm sự cố N;  $l$  - tổng chiều dài đường dây.

$Z_1$  - tổng trở nối tiếp trên đơn vị chiều dài thứ tự thuận

$Z_o$  - tổng trở nối tiếp trên đơn vị chiều dài thứ tự không

$Z_{Mo}$  - tổng trở hố tương trên mạch trên đơn vị chiều dài thứ tự không.

Công suất truyền trước sự cố là không. Tính toán giá trị tổng trở đo lường biểu kiến  $Z_{La}$ , cho khoảng cách  $x = 50,80$  là 100 km. Lưu ý đến ảnh hưởng hố cảm giữa hai mạch. Ảnh hưởng này sẽ đưa đến quá tầm hay dưới tầm.



**Hình B.83**

**Giải.** Với mạch bị cách ly và hai đầu nối đất:

$$\dot{I}_A = \dot{I}_B = \dot{I}_C = \dot{I}_o \quad (1)$$

đặt:  $\dot{Z}_{le}$  - tổng trở tự thân trong mỗi mạch trên km

$\dot{Z}_{ml2}$  - tổng trở hổ cảm trong mạch trên km.

Điện áp  $\dot{V}_a$  trên pha "a" tại vị trí bảo vệ được cho bởi:

$$\dot{V}_a = x \dot{Z}_{le} \dot{I}_a + 3x \dot{Z}_{ml2} \dot{I}_o \quad (2)$$

với:  $\dot{I}_a$  - là dòng ngắn mạch trên pha "a" và  $x$  biểu thị khoảng cách (km) từ vị trí bảo vệ đến điểm sự cố. Với tải trước sự cố là không, dòng trên pha "a" và "c" vẫn còn bằng không trong lúc sự cố.

Với mạch được cách ly và nối đất tại hai đầu:

$$1 \dot{Z}_{le} \dot{I}_A + 1 \dot{Z}_{lm} (\dot{I}_B + \dot{I}_C) + x \dot{Z}_{ml2} \dot{I}_A = 0 \quad (3)$$

trong đó:  $l$  - là tổng chiều dài đường dây;  $\dot{Z}_{lm}$  - là tổng trở hổ tương trên km giữa các pha trên mỗi mạch.

$$\text{Sử dụng biểu thức (1) vào biểu thức (3): } 1 \dot{Z}_o \dot{I}_o + x \dot{Z}_{ml2} \dot{I}_a = 0 \quad (4)$$

$\dot{Z}_o$  - là tổng trở pha thứ tự không trên km trong mỗi mạch.  $\dot{Z}_o$  được cho bởi:  $\dot{Z}_o = \dot{Z}_{le} + 2 \dot{Z}_{lm}$  (5)

từ biểu thức (4):  $\dot{I}_o = \frac{-x \dot{Z}_{ml2}}{l \dot{Z}_o} \dot{I}_a$  (6)

thay thế biểu thức (6) vào (2):  $\dot{V}_a = x \dot{Z}_{le} \dot{I}_a + 3x \dot{Z}_{ml2} \left( \frac{-x \dot{Z}_{ml2}}{l \dot{Z}_o} \right) \dot{I}_a$  (7)

hoặc:  $\dot{V}_a = x \dot{Z}_{le} \dot{I}_a - \frac{3x^2 \dot{Z}_{ml2}^2}{l \dot{Z}_o} \dot{I}_a$  (8)

Dòng  $\dot{I}_{La}$  trong pha "a" với dòng bù thứ tự không đi đến mỗi mạch là:

$$\dot{I}_{La} = \dot{I}_a + k_c \dot{I}_r \quad (9)$$

với:  $\dot{I}_r = \dot{I}_a + \dot{I}_b + \dot{I}_c$  (10)

$$k_c = (\dot{Z}_o - \dot{Z}_1) / 3 \dot{Z}_1 \quad (11)$$

trong đó:  $\dot{Z}_1$  - là tổng trở thứ tự thuận trên mỗi km trong mỗi mạch:

vì:  $\dot{I}_b = \dot{I}_c \approx 0$ ; do đó:  $\dot{I}_{La} = (1 + k_c) \dot{I}_a$  (12)

Tổng trở do lường biều kiến pha "a" được cho bởi:

$$\dot{Z}_{La} = \frac{\dot{V}_a}{\dot{I}_{La}} = \frac{1}{1 + k_r} \left( x \dot{Z}_{le} - \frac{3(x \dot{Z}_{ml2})^2}{l \dot{Z}_o} \right) \quad (13)$$

Chúng ta có:  $\dot{Z}_{le} = 2 \dot{Z}_1 + \dot{Z}_o / 3$  (14)

$$\text{và: } 1 + k_r = 1 + (\dot{Z}_o - \dot{Z}_1) 3 \dot{Z}_1 \quad (15)$$

$$\text{hoặc: } 1 + k_r = (2 \dot{Z}_1 + \dot{Z}_o) / 3 \dot{Z}_1 \quad (16)$$

Chúng ta có:  $\dot{Z}_{Mo} = 3 \dot{Z}_{ml2}$  (17)

với:  $\dot{Z}_{Mo}$  - là tổng trở hổ tương thứ tự không trên km.

Sử dụng các biều thức (14), (16) và (17) thay vào biều thức (13):

$$\dot{Z}_{La} = x \dot{Z}_1 - \frac{\dot{Z}_1 (x \dot{Z}_{Mo})^2}{1 \dot{Z}_0 (2 \dot{Z}_1 + \dot{Z}_0)} \quad (18)$$

thay các giá trị vào:  $L = 100\text{km}$ ;  $\dot{Z}_1 = 0,019 + j0,278 \Omega/\text{km}$

$$\dot{Z}_{Mo} = 0,084 + j0,426 \Omega/\text{km}; \quad \dot{Z}_0 = 0,103 + j0,791 \Omega/\text{km}$$

Chúng ta có:

- $x = 50 \text{ km}$

$$\dot{Z}_{La} = 0,67 + j12,70 = 12,72 \angle 86,96^\circ \Omega$$

$$x \dot{Z}_1 = 0,95 + j13,89 = 13,92 \angle 86,08^\circ \Omega$$

- $x = 80 \text{ km}$

$$\dot{Z}_{La} = 0,82 + j19,18 = 19,20 \angle 87,56^\circ \Omega$$

$$x \dot{Z}_1 = 1,52 + j22,22 = 22,27 \angle 86,08^\circ \Omega$$

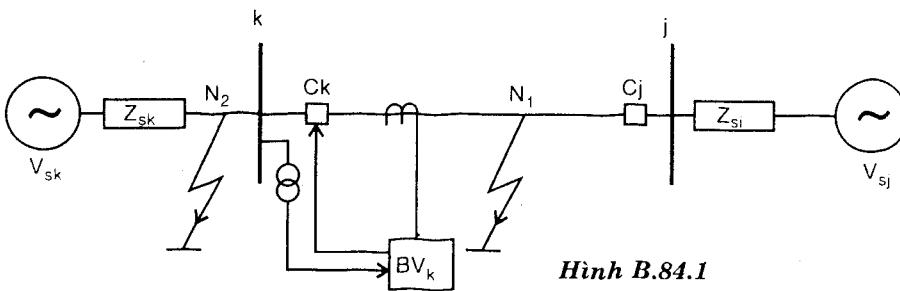
- $x = 100 \text{ km}$

$$\dot{Z}_{La} = 0,82 + j23,06 = 23,07 \angle 87,96^\circ \Omega$$

$$x \dot{Z}_1 = 1,90 + j27,77 = 27,84 \angle 86,08^\circ \Omega$$

*Kết luận:* Vì 1 mạch bị cách ly và tiếp đất tổng trở do lường thì nhỏ hơn tổng trở thứ tự thuận. Nếu khoảng cách sự cố khoảng 100km từ vị trí bảo vệ, sai số đo lường tổng trở là khoảng 17% (quá tầm).

84. H.B.84.1 minh họa đường dây truyền tải 220 kV liên kết nút k và nút j của hệ thống điện. Đường dây truyền tải được vào vệ bởi bảo vệ khoảng cách. Vùng I bảo vệ tại k bảo vệ khoảng 80% tổng chiều dài của đường dây truyền tải. Bảo vệ khoảng cách tại j giống như tại k. Đặc tính Mho được sử dụng.



a) *Tính:*

- Tổng trở đo lường cho khi pha chạm đất tại N1. Vị trí sự cố N1 là gần vị trí bảo vệ và trong vùng bảo vệ của  $BV_k$ .

- Tổng trở đo lường khi sự cố ba pha tại N2. Vị trí sự cố N2 là gần vị trí bảo vệ ngoài vùng bảo vệ của  $BV_k$ .

b) Dùng điện áp bù lưu trữ như bài 81, bảo vệ khoảng cách cấp 1 tại k có thể phân biệt giữa hai vị trí sự cố bên trong và ngoài vùng bảo vệ gần chỗ đặt bảo vệ?

Đường dây truyền tải có chiều dài 200km, và có tổng trở trên đơn vị chiều dài của đường dây:

Thứ tự thuận  $0,082 + j0,315 \Omega/km$ ; Thứ tự không  $0,287 + j1,345 \Omega/km$

Nguồn sự cố tương đương tại nút k được biểu diễn:

$$\dot{V}_{sk} = 1,0 \angle 15^\circ \text{ dvtd} \text{ trên điện áp cơ bản } 220 \text{ kV}$$

và:  $\dot{Z}_{sk} = j0,02 \text{ dvtd} \text{ trên } 100 \text{ MVA} \text{ và điện áp cơ bản } 220 \text{ kV}$ .

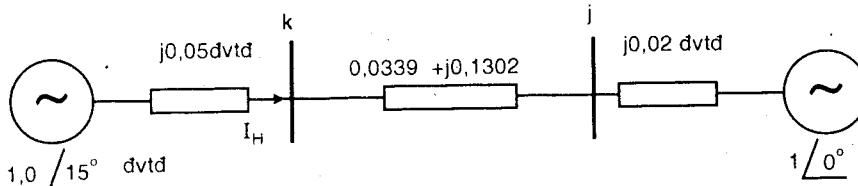
Nguồn sự cố tương đương tại nút j được biểu diễn:

$$\dot{V}_{sj} = 1,0 \angle 0^\circ \text{ dvtd} \text{ trên điện áp cơ bản } 220 \text{ kV}$$

và:  $\dot{Z}_{sj} = j0,02 \text{ dvtd} \text{ trên } 110 \text{ MVA} \text{ và } 220 \text{ kV}$ .

Tổng trở hõi tương giữa các pha của mạng sự cố tương đương tại k và j có thể bỏ qua. Tình trạng hoạt động trước sự cố trong hệ thống thì cân bằng.

**Giải. a) Điện áp trước sự cố tại nút k**



**Hình B.84.2. Mạch tương đương thứ tự thuận trong tình trạng trước sự cố**

Tổng tổng trở của đường dây truyền tải theo thứ tự thuận là:

$200(0,082 + j0,315) \Omega$ ; hoặc:  $0,0339 + j0,1302 \text{ dvtd} \text{ trên cơ bản } 100 \text{ MVA, } 220 \text{ kV}$ . Vì điều kiện hoạt động là cân bằng. Mạch tương đương thứ tự thuận được biểu diễn trên H.B.84.2 dòng điện trên mạch là:

$$\dot{I}_H = \frac{1 \angle 15^\circ - 1 \angle 0^\circ}{j0,05 + j0,02 + 0,0339 + j0,1302}$$

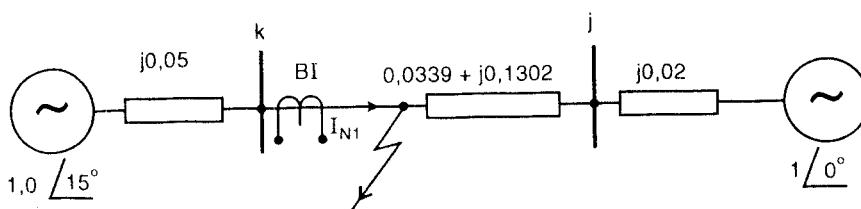
hoặc:  $\dot{I}_H = 1,2866 \angle 17,12^\circ \text{ dvtd} \text{ (100 MVA cơ bản)}$

Điện áp tại nút k là:  $\dot{V}_k = 1 \angle 15^\circ - (1,2866 \angle 17,12^\circ)(0,05 \angle 90^\circ)$

hoặc:  $\dot{V}_k = 1,004 \angle 11,34^\circ \text{ dvtd}$ . Vì thế, điện áp tại nút k trên pha "a", "b" và "c" là:

$$\dot{V}_{ka} = 1,004 \angle 11,34^\circ \text{ dvtd}; \dot{V}_{kb} = 1,004 \angle 108,7^\circ \text{ dvtd}; \dot{V}_{kc} = 1,004 \angle 131,34^\circ \text{ dvtd}$$

b) • Dòng ngắn mạch, điện áp và tổng trở được đo lường khi sự cố tại  $N_1$



**Hình B.84.3. Mạch tương đương thứ tự thuận khi sự cố tại  $N_1$**

Hệ thống cân bằng (ngắn mạch ba pha). Chúng ta sử dụng mạng thứ tự thuận của H.B.84.3 để phân tích. Với sự cố gần chỗ đặt bảo vệ, điện áp được đo lường bởi máy biến điện áp là không:  $\dot{V}_{N1a} = \dot{V}_{N1b} = \dot{V}_{N1c} = 0$

Từ H.B.84.3:  $\dot{I}_{N1} = \frac{1 \angle 15^\circ}{j0,05} = 20 \angle -75^\circ \text{ dvtd}$

Vì thế, dòng pha được đo lường bởi BI tại k là:

$$\dot{I}_{N1a} = 20 \angle -75^\circ \text{ dvtd}; \dot{I}_{N1b} = 20 \angle -195^\circ \text{ dvtd}; \dot{I}_{N1c} = 20 \angle -45^\circ \text{ dvtd}$$

Trong tình trạng cân bằng, dòng thứ tự không  $I_{r1}$  là bằng không:

$$\dot{I}_{r1} = \dot{I}_{N1a} + \dot{I}_{N1b} + \dot{I}_{N1c} = 0$$

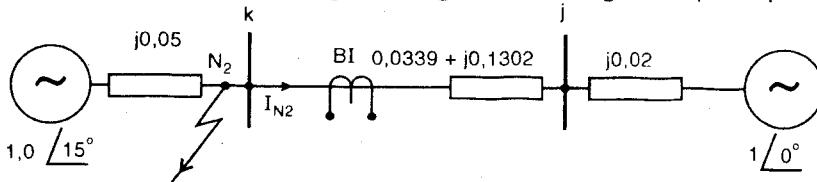
Dùng điện áp lưu trữ:  $\dot{Z}_{ra1} = \frac{\dot{V}_{N1a} + k_m \dot{V}_{ka}}{\dot{I}_{N1a} + k_r \dot{I}_{r1}}$

Thay thế các giá trị:  $Z_{ra1} = \frac{0 + 0,1 \times 1,004 \angle 11,34^\circ}{20 \angle -75^\circ + 0} = 0,005 \angle 86,34^\circ \text{ dvtd}$

hoặc:  $\dot{Z}_{ra1} = 2,42 \angle 86,34^\circ \Omega$

Vì đối xứng (sự cố ba pha hoạt động trong điều kiện cân bằng), tổng trở được đo lường trong các pha khác (b-E, c-E, a-b, và c-a) là tương đương và bằng  $\dot{Z}_{ra1}$ .

- Dòng ngắn mạch, điện áp và tổng trở đo lường cho sự cố tại N2



**Hình B.84.4. Mạch tương đương thứ tự thuận cho sự cố tại N2**

Hệ thống cân bằng (sự cố ba pha chạm đất). Chúng ta sử dụng mạng thứ tự thuận của H.B.84.4 cho việc phân tích. Với sự cố gần chỗ đặt BV, điện áp được đo lường bởi điện áp chuyển đổi là không:

$$\dot{V}_{N2a} = \dot{V}_{N2b} = \dot{V}_{N2c} = 0$$

từ H.B.84.4:  $\dot{I}_{N2} = \frac{-1 \angle 15^\circ}{j0,02 + 0,0339 + j0,1302} = 6,49 \angle 72^\circ$

Do đó, dòng điện pha đo được từ máy biến dòng BI tại k là:

$$I_{N2a} = 6,49 \angle 102,72^\circ \text{ dvtd}; I_{N2b} = 6,49 \angle -17,28^\circ \text{ dvtd}; I_{N2c} = 6,49 \angle 222,72^\circ \text{ dvtd}$$

Trong tình trạng cân bằng, dòng thứ tự không  $I_{r2}$  là bằng không:

$$\dot{I}_{r2} = \dot{I}_{N2a} + \dot{I}_{N2b} + \dot{I}_{N2c} = 0$$

Vì điện áp được đo lường bởi máy biến điện áp là không, tất cả tổng trở đo lường là không mà tương tự như cho sự cố N1.

Sử dụng bảng điện áp lưu trữ:  $\dot{Z}_{ra2} = \frac{\dot{V}_{N2a} + k_m \dot{V}_{ka}}{\dot{I}_{N2a} + k_r \dot{I}_{r2}}$

thay thế các giá trị:  $Z_{ra2} = \frac{0 + 0,1 \cdot 1,004 \angle 11,34^\circ}{6,49 \angle 102,72^\circ + 0}$ ;  $\dot{Z}_{ra2} = 0,0155 \angle -91,38^\circ$  dvtd

hoặc:  $\dot{Z}_{ra2} = 7,5 \angle -91,38^\circ \Omega$

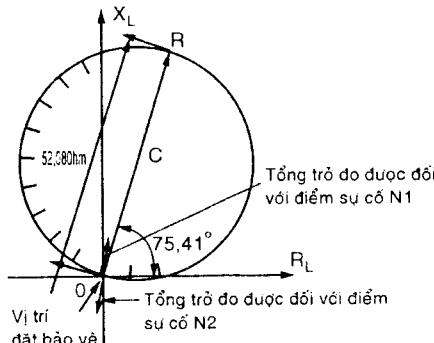
Vì đối xứng (sự cố ba pha hoạt động trong điều kiện cân bằng), tổng trở được đo lường trong các pha khác (b-E, c-E, a-b, và c-a) là tương đương và bằng  $\dot{Z}_{ra2}$ .

• Sự phân biệt sự cố tại N2 và N1: Tổng tổng trở trong thứ tự thuận của đường dây truyền tải là  $16,4 + j63 \Omega$  hoặc  $65,1 \angle 75,41^\circ \Omega$ . Vì thế, vùng I được chọn là  $52,08 \angle 75,41^\circ \Omega$  (tức là 80% của tổng trở).

Đặc tính Mho vùng I được biểu diễn trên H.B.84.5. Với điện áp lưu trữ, tổng trở được đo lường cho sự cố tại N<sub>1</sub> là rất khác cho sự cố tại N<sub>2</sub>. Tổng trở đo lường cho sự cố tại N<sub>1</sub> nằm bên trong đặc tính Mho làm bảo vệ tác động và ngắt máy cắt. Tổng trở đo lường cho sự cố tại N<sub>2</sub> nằm ngoài đặc tính Mho. Bảo vệ sẽ không đáp ứng cho sự cố tại N<sub>2</sub>.

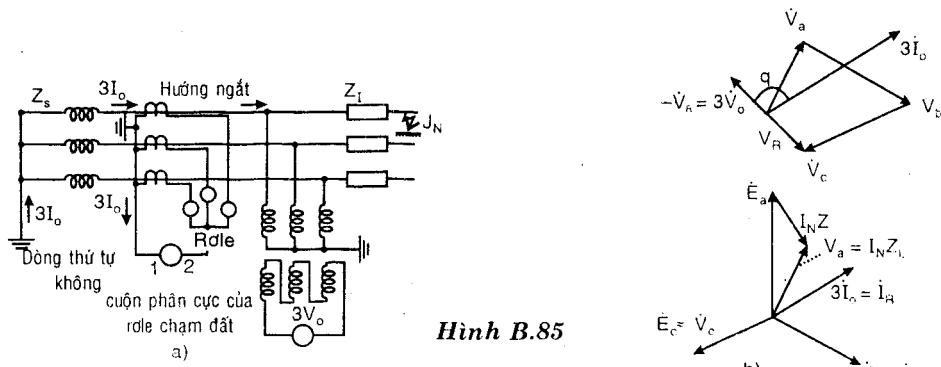
85. Vẽ sơ đồ nối rôle và giản đồ vectơ của rôle định hướng công suất thứ tự không khi có chạm đất 1 pha (đại lượng phân cực là áp thứ tự không).

**Giải.** H.B.85a minh họa sự nối kết dùng cho việc định hướng rôle chạm đất khi thành phần phân cực được lấy từ điện áp thứ tự không thông qua máy biến điện Y/Δ hở. Giản đồ vectơ được biểu diễn trên H.B.85b minh họa ảnh hưởng khi sự cố trên pha "a". Điện áp pha "a" tại điểm rôle giảm đến giá trị được xác định bởi tỉ số ( $Z_s/Z_L$ ) trong khi điện áp thứ tự không phụ thuộc vào tổng số điện áp ba pha tại điểm rôle. Điện áp phan cực được áp vào rôle là  $-V_R$  và sớm pha so với dòng thứ tự không  $3I_o$  được ứng dụng cho dòng điện qua cuộn dây của rôle bởi một góc  $\theta$ . Góc thực mà  $3I_o$  trễ so với  $E_a$  phụ thuộc vào trở kháng của hệ thống và điện trở chạm đất.



**Hình B.84.5.** Tổng trở đo được khi sự cố gần chỗ đặt bảo vệ bên trong và ngoài đặc tính Mho

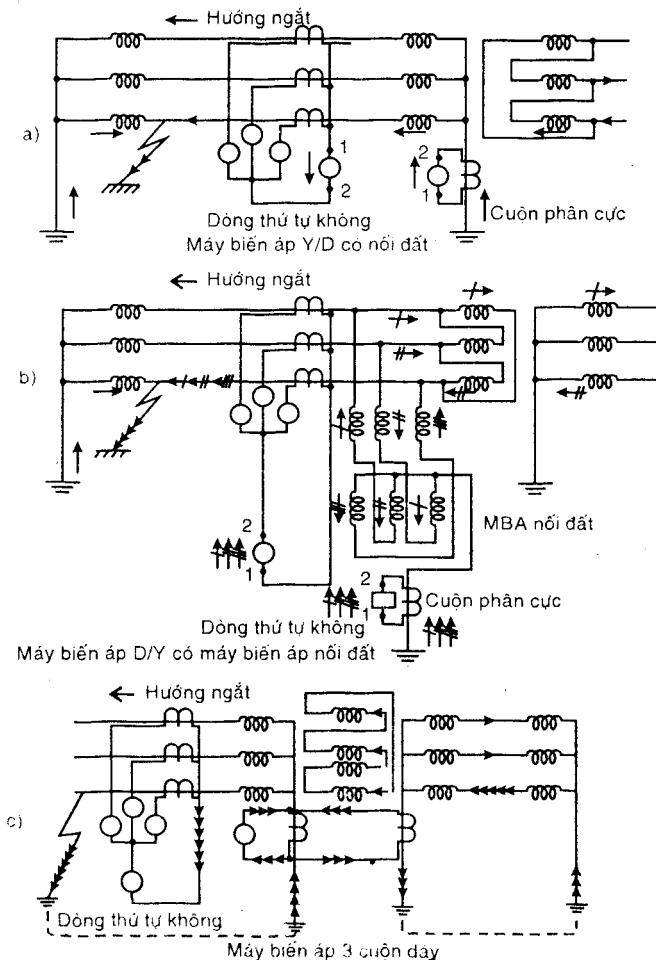
bảo vệ



*Hình B.85*

86. Về phân bố dòng trong role định hướng công suất thứ tự không dùng đại lượng dòng  $I_o$  phân cực (Role so lèch thứ tự không).

**Giải.** Role định hướng công suất thứ tự không có thể phân cực bằng đại lượng dòng điện thứ tự không. Hình B.86 minh họa role được nối kết của các loại máy biến áp có cách nối đất trung tính khác nhau.

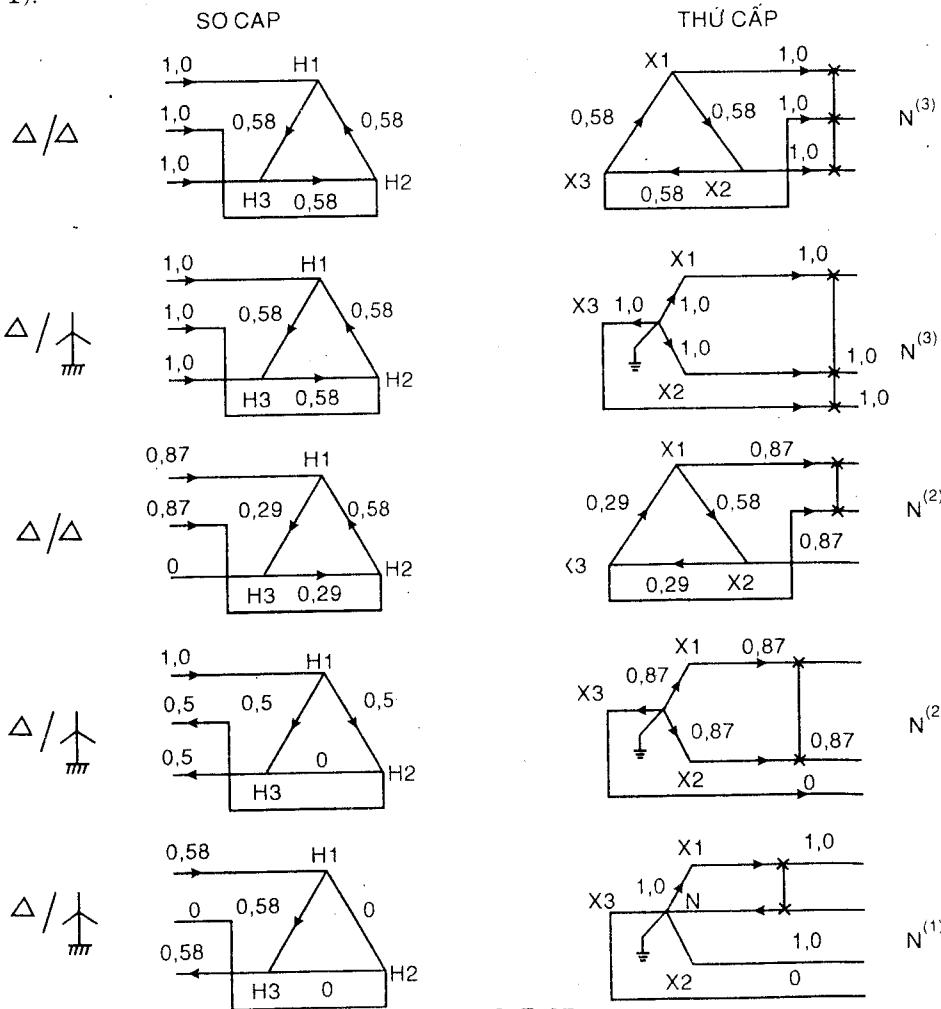


Hình B.86

Sự quy ước theo trên hình là dòng chảy cùng hướng cho cả cuộn phân cực và thứ tự không thì momen quay sinh ra làm đóng tiếp diem røle và ngược lại. Các hình biểu diễn sự cố xảy ra trước røle (hướng ngắn) dòng điện chảy trong cuộn phân cực sẽ cùng hướng từ 1 đến 2, dòng chảy trong mạch thứ tự không sẽ chảy từ 1 đến 2. Vì thế røle sẽ phát sinh một momen làm đóng tiếp diem røle và khi sự cố xảy ra sau røle thì dòng điện trong cuộn thứ tự không ngược lại. Nguyên tắc này được áp dụng cho bảo vệ so lèch thứ tự không.

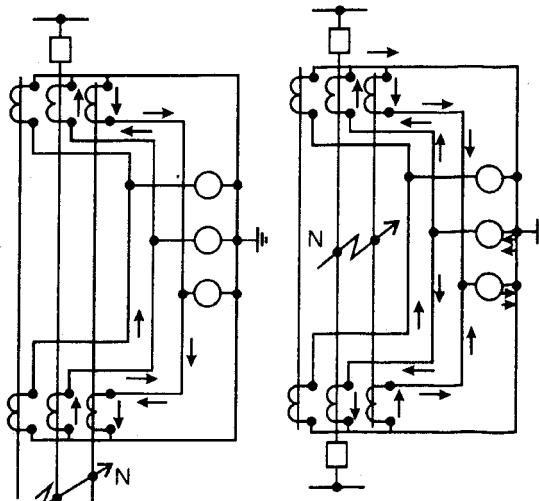
87. Vẽ phân bố dòng trong MBA 2 cuộn dây có tổ đấu các cuộn dây khác nhau khi có ngắn mạch các dạng khác nhau phía thứ cấp MBA (tỉ số MBA bằng 1).

**Giải.**



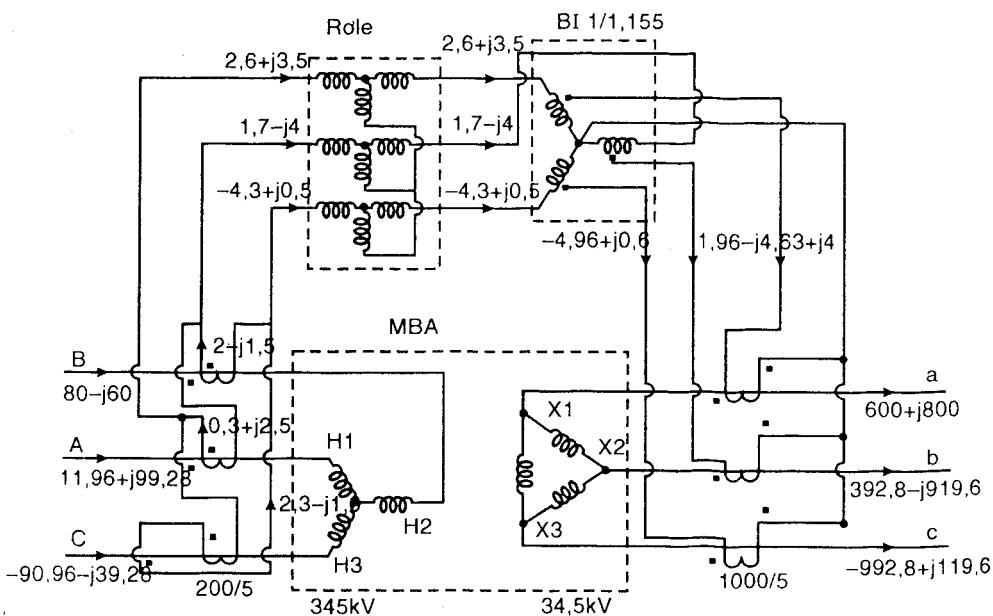
**Hình B.87**

88. Vẽ dòng vào røle khi có ngắn mạch N2 bên ngoài và bên trong vùng bảo vệ của bảo vệ so lèch dọc.



Hình B.88

89. Cho một máy biến áp 3 pha 50 MBA; 345/34,5 kV có khả năng quá tải 60 MVA. Phía 345 kV nối  $\Delta$  và 34,5 kV nối  $\Delta$  (H.B.89).



Hình B.89

**Yêu cầu tính toán:** Sử dụng tỉ số BI chuẩn có sẵn, xác định các tỉ số BI, sơ đồ nối BI, chọn BI phụ để cân bằng dòng vào rôle. Cho thí dụ minh họa phân bố dòng không đối xứng trong máy biến áp và trong rôle so lèch.

**Giải.** Để góc pha dòng vào rôle trùng nhau sơ đồ nối máy biến dòng bên phía Y của máy biến áp công suất nối  $\Delta$  và bên phía  $\Delta$  nối Y. Sơ đồ bảo vệ không ngắt máy biến áp khi nó quá tải. Dòng điện đầy tải ở mỗi phía của

máy biến áp là:

$$60 \cdot 10^6 / (\sqrt{3} \cdot 345 \cdot 10^3) = 100,4 \text{ A (sơ cấp)}$$

$$60 \cdot 10^6 / (\sqrt{3} \cdot 34,5 \cdot 10^3) = 1004,1 \text{ A (sơ cấp)}$$

Ta thử chọn tỉ số BI 1000/5 bên phía 34,5 kV. Vì BI phía này được nối sao, dòng điện chạy đến role từ phía này sẽ là:  $1000 \cdot 5 / 1000 \approx 5 \text{ A}$

Để cân bằng dòng điện này, dòng điện dây chạy từ mạch  $\Delta$  của phía 345 kV phải là 5A. Điều này đòi hỏi dòng thứ cấp BI của mạch  $\Delta$  phải có một dòng điện:  $5/\sqrt{3} = 2,9$  A

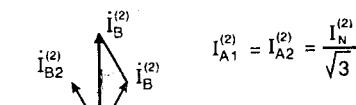
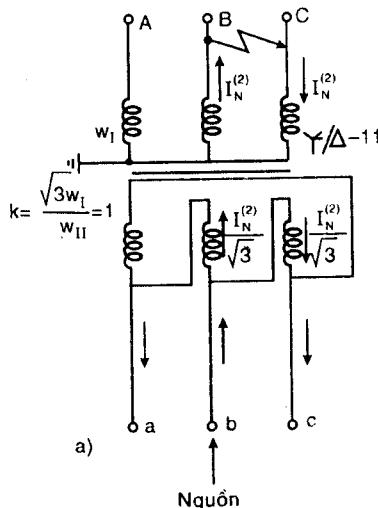
Dòng điện này trong cuộn thứ cấp BI đòi hỏi tỉ số:  $100,4/2,9 = 34,64$  A cho bên phía 345 kV. Tỉ số BI chuẩn có sẵn gần nhất tại mức điện áp này là 200/5. Nếu chúng ta sử dụng tỉ số này:  $100,4 \cdot 5/200 = 2,51$  A và dòng điện dây từ mạch của BI đến rơle sẽ là:  $2,51 \cdot \sqrt{2} = 4,35$  A

Dòng điện thứ cấp này không thể cân bằng dòng 5A của phía 345kV. Để khắc phục tình trạng này là dùng máy biến dòng phụ để điều chỉnh tỉ số. Ứng dụng BI phụ, được nối kết như trên hình, với một tỉ số vòng là:  $5/4,35 = 1,155$ , sẽ cân bằng dòng trong role thậm chí khi máy biến áp hoạt động tại dung lượng quá tải trong thời gian ngắn của nó. Theo cách vừa rồi chúng ta có thể được lắp lại sử dụng theo dung lượng 50MVA để xác định tỉ số máy biến áp phụ khác. Role so lệch có thể được lập trình để ngắt dòng không đối xứng quá mức tải thông thường thay đổi.

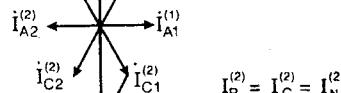
Giả sử hệ số công suất là 0,8 (trễ), dòng điện phân bố trong máy biến áp công suất và BI được biểu diễn trên hình.

90. Vẽ phân bố dòng trong máy biến áp 2 cuộn dây  $\Delta$  /  $\Delta$  - 11 khi có ngắn mạch 1 pha chạm đất và 2 pha phía cuộn  $\lambda$ , cho biết nguồn phía cuộn  $\Delta$ . Vẽ giản đồ vectơ.

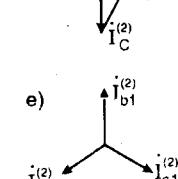
## Giải.



$$I_{A1}^{(2)} = I_{A2}^{(2)} = \frac{I_N^{(2)}}{\sqrt{3}}$$

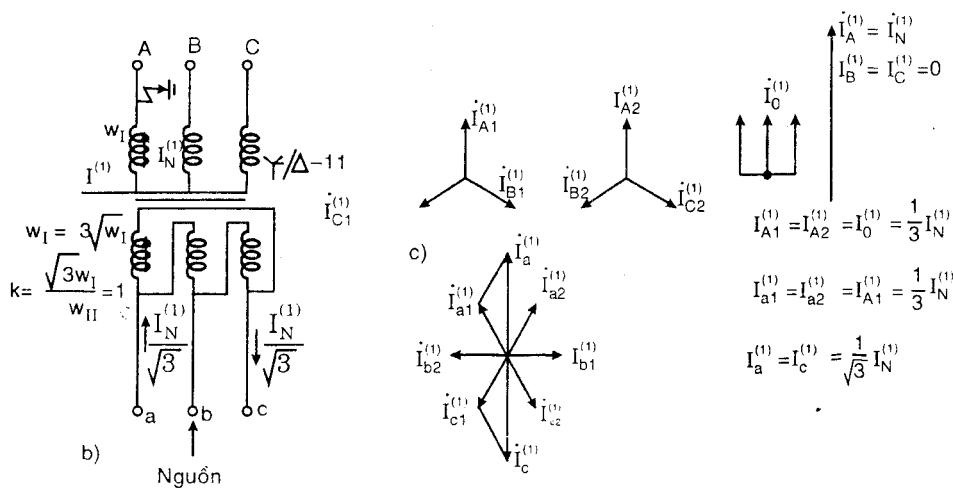


$$I_B^{(2)} = I_C^{(2)} = I_N^{(2)}$$



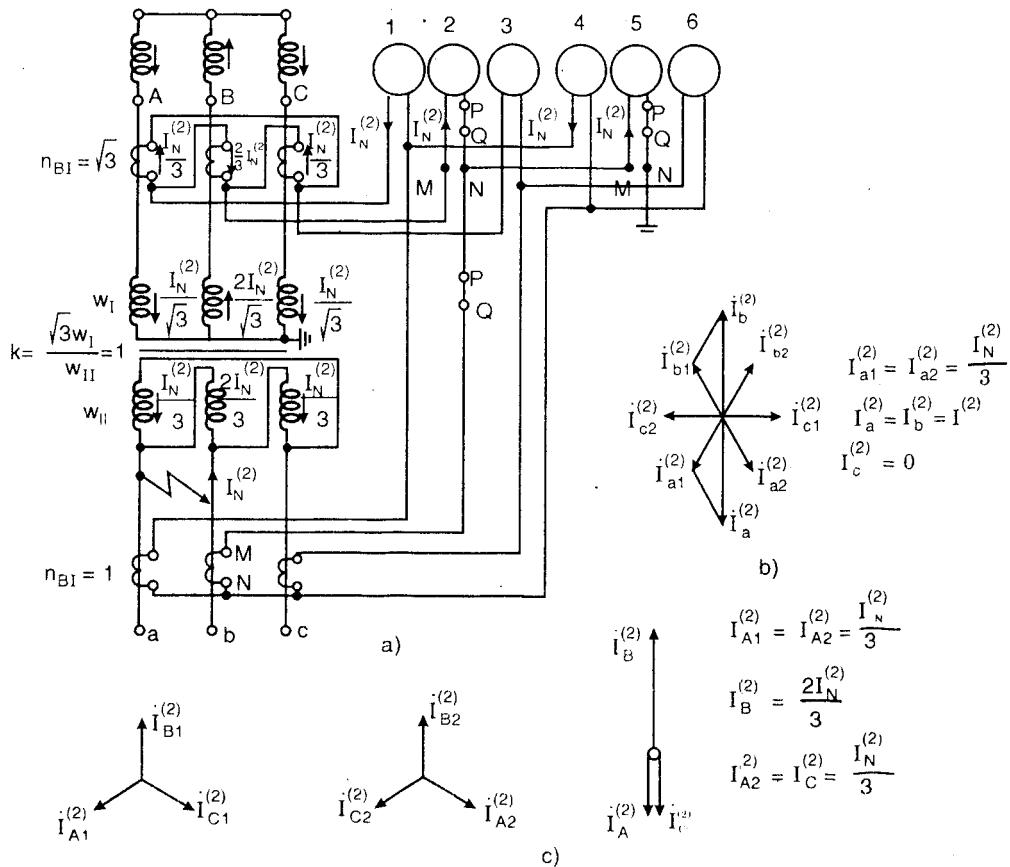
e)

$$I_{a1}^{(2)} = I_{a2}^{(2)} = I_{A1}^{(2)} = \frac{I_N^{(2)}}{\sqrt{3}}$$



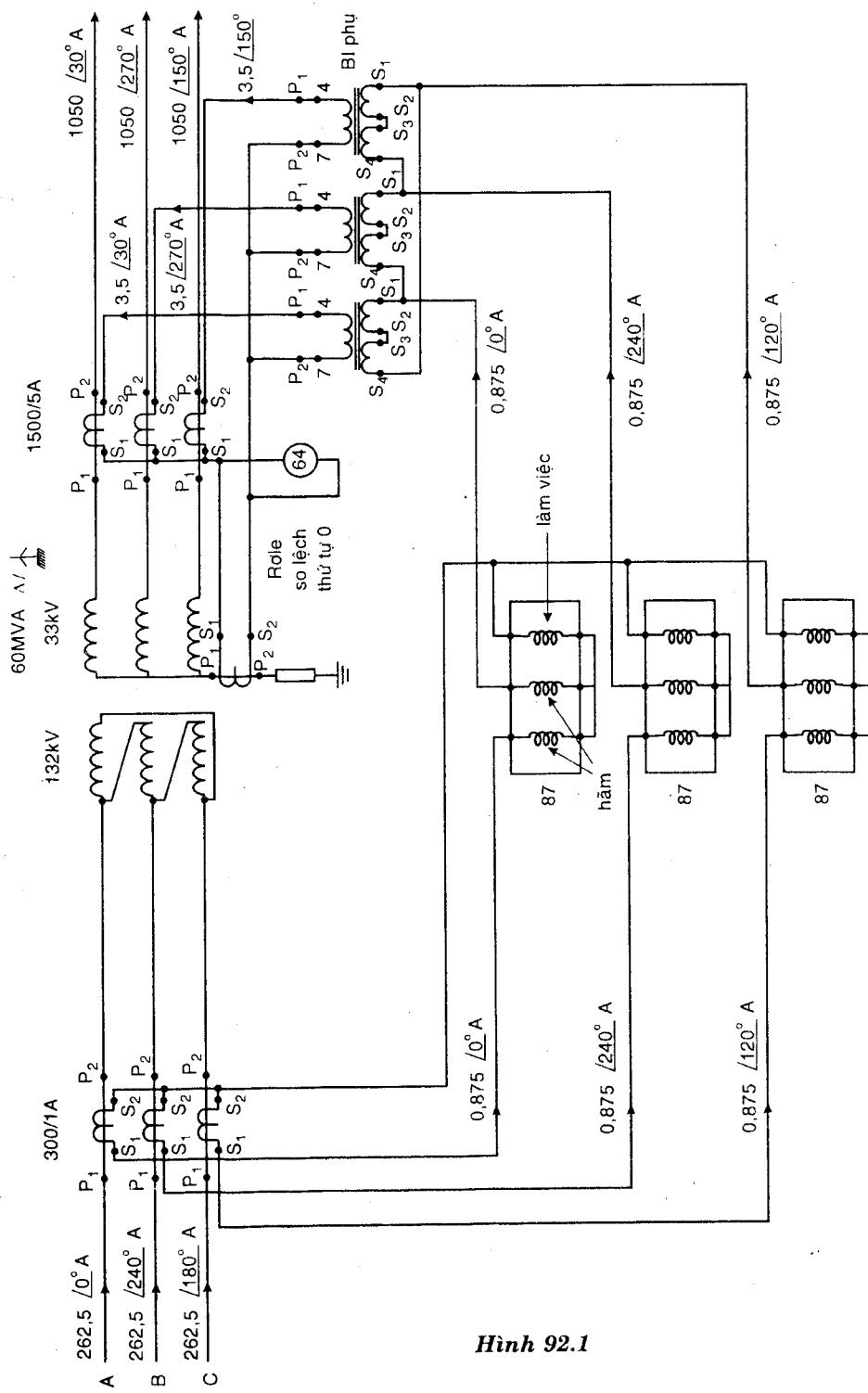
Hình B.90

91. Vẽ phân bố dòng trong MBA 2 cuộn dây  $\Delta$  /  $\Delta$ -11 và trong role dòng, so lèch khi có ngắn mạch 2 pha phia cuộn  $\Delta$ .

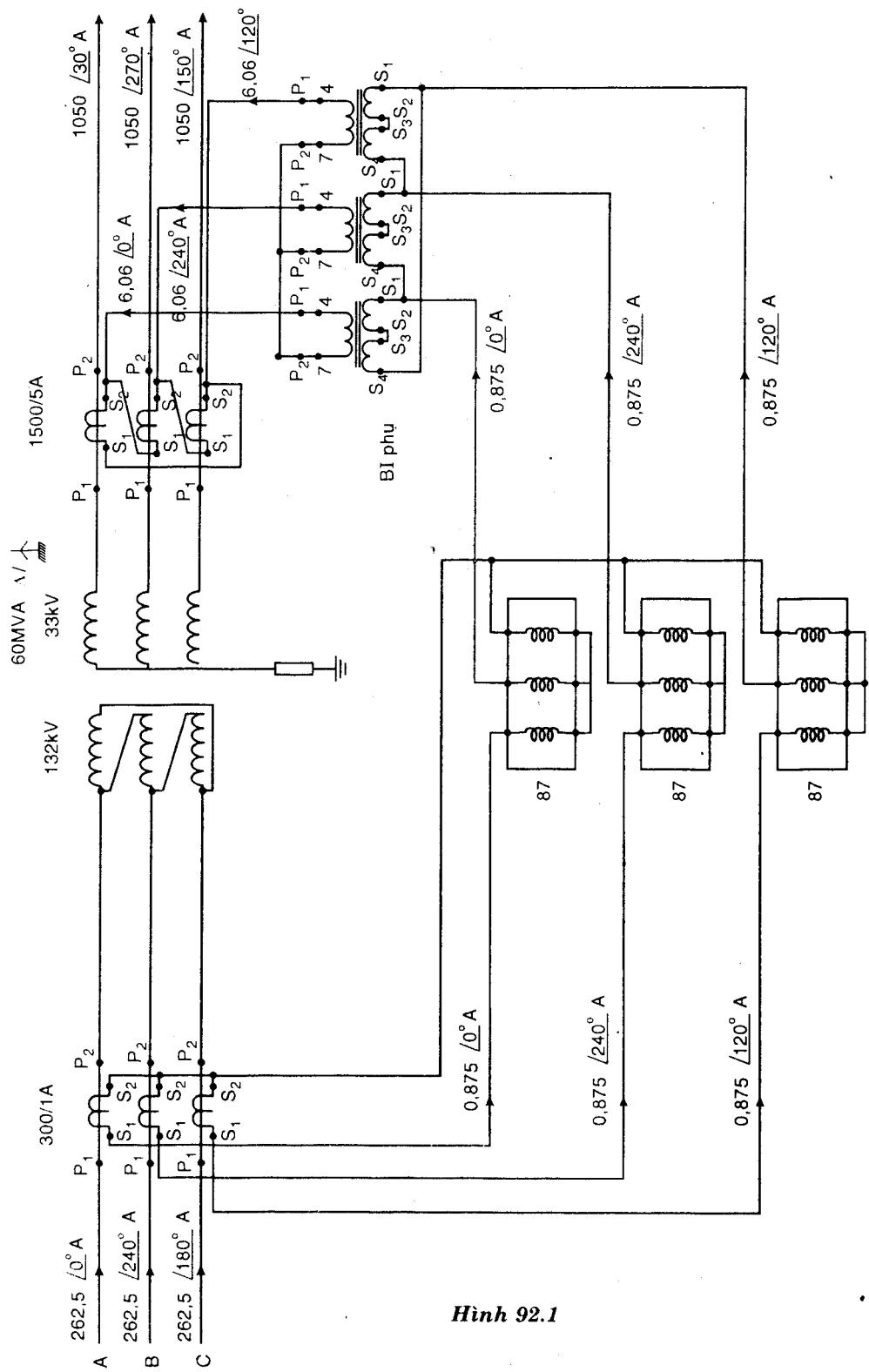


Hình B.91

92. Chọn BI phụ dùng MBA 60MVA 132/33kV;  $\frac{1}{\sqrt{3}}$  /  $\Delta$  (H.B.92.1)



*Hình 92.1*



*Hình 92.1*

Giải: a) BI chính của MBA nối hình sao - dòng dây tải phía 132 kV:

$$60 \cdot 10^6 / \sqrt{3} \cdot 132 \cdot 10^3 = 262,5 \text{ A}$$

Chọn BI 300/1, dòng đầy tải thứ cấp BI phía 132 kV:  $262.5/300 = 0.875$  A

Dòng dây tải phía 33 V:  $60 \cdot 10^6 / \sqrt{3} \cdot 33 \cdot 10^3 = 1050 \text{ A}$

Chọn BI 1500/5, dòng dây tải thứ cấp BI phía 33kV:  $1050/(1500/5) = 3.5 \text{ A}$

Để bù lệch pha  $30^\circ$  dòng pha cao và thấp MBA dùng máy biến dòng phu nối  $\Delta/\lambda$ .

Tỉ số máy biến dòng phụ được chọn để cân bằng dòng thứ cấp 3,5 A phía 33 kV với dòng thứ cấp 0,875 A phía 132 kV, như thế tỉ số 3,5/0,875 được chọn là 4/1 A: Sơ đồ đấu dây cho ở (H.B.92.1).

b. BI chính phía 132kV máy biến áp nối sao; BI chính phía 33 kV nối  $\Delta$  (đã bù lệch dòng dây). (H.B.92.2).

Dòng điện phía thứ cấp đầy tải của BI phía 132 kV vẫn là 0,875 A.

Dòng điện thứ cấp đầy tải của BI dựa vào rôle 33 kV là:

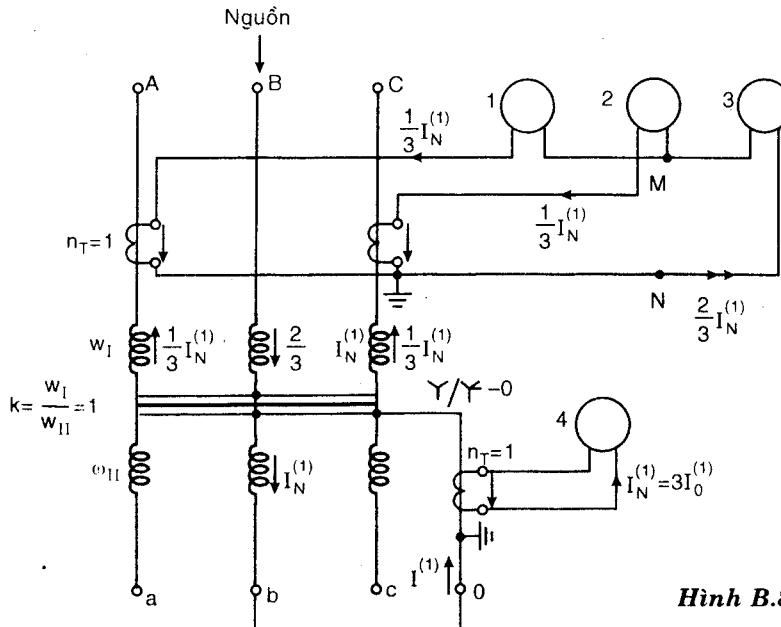
$$(1050\sqrt{3})/1500/5 = 6,06A$$

Tổ đấu dây của BI phu được nối 人/人

Tỉ số BI phụ được chọn để cân bằng dòng đầy tải 6,06A phía 33kV và 0,875 A 132 kV. Như thế tỉ số 6,06/0,875 được chọn là 6,93/1A. Sơ đồ đấu dây cho ở (H.B.92.2).

93. Vẽ phân bố dòng trong máy biến áp 2 cuộn dây  $\lambda/\lambda'$  và trong role dòng điện khi có chạm đất 1 pha phía cuộn  $\lambda'$ .

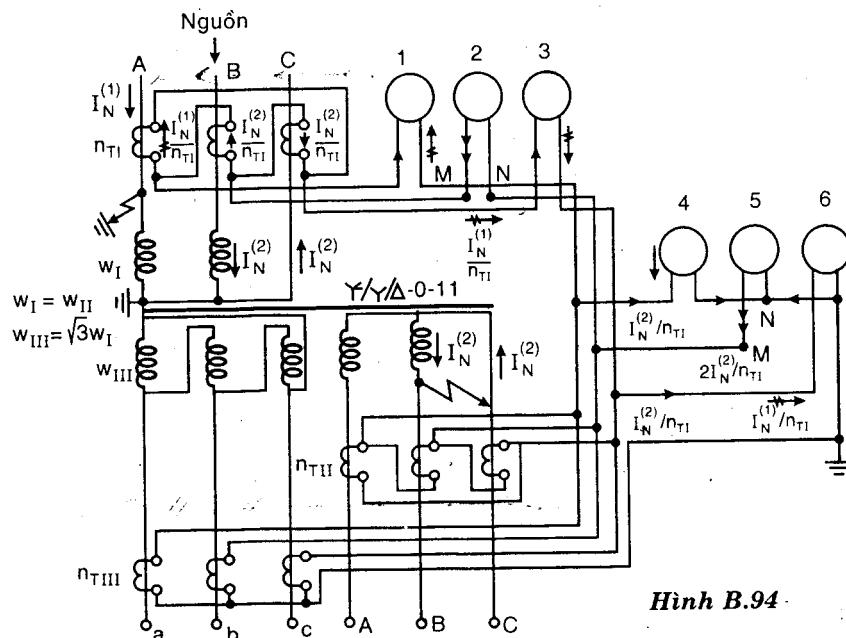
## Giải.



Hình B.85

94. Vẽ phân bố dòng trong MBA 3 cuộn dây và role dòng, so lèch khi chạm đất 1 pha phía nguồn và ngắn mạch 2 pha phía cuộn  $\lambda$ .

Giải.

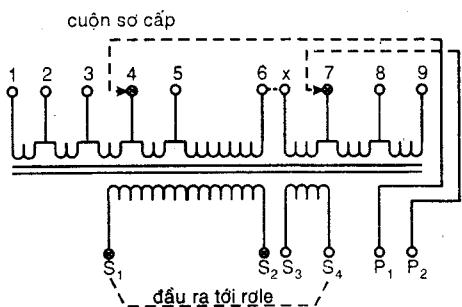


Hình B.94

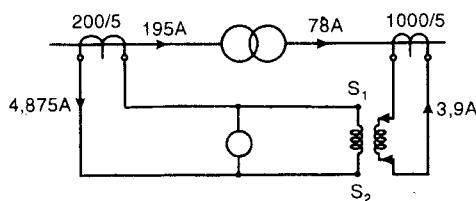
95. Cho bảng vòng dây (bảng 1) theo đầu nối và sơ đồ đấu dây máy biến dòng phụ của role so lèch máy biến áp (H.95.1) của bảng GEC. Hãy cho thí dụ minh họa chọn tỉ số BI phụ, số vòng dây các cuộn BI phụ trong bảo vệ so lèch MBA.

Bảng 1

Đầu nối	Số vòng	Tỉ số biến đổi		
		1/1A	5/1A	5/5A
1 - 2	5	1	1	1
2 - 3	5	1	1	1
3 - 4	5	↑		1
4 - 5	5	1		1
5 - 6	125	25		25
X - 7	25	5		5
7 - 8	25	5		5
8 - 9	25	5		5
S1 - S2	125	125		25
S3 - S4	90	90		18



Hình B.95.1

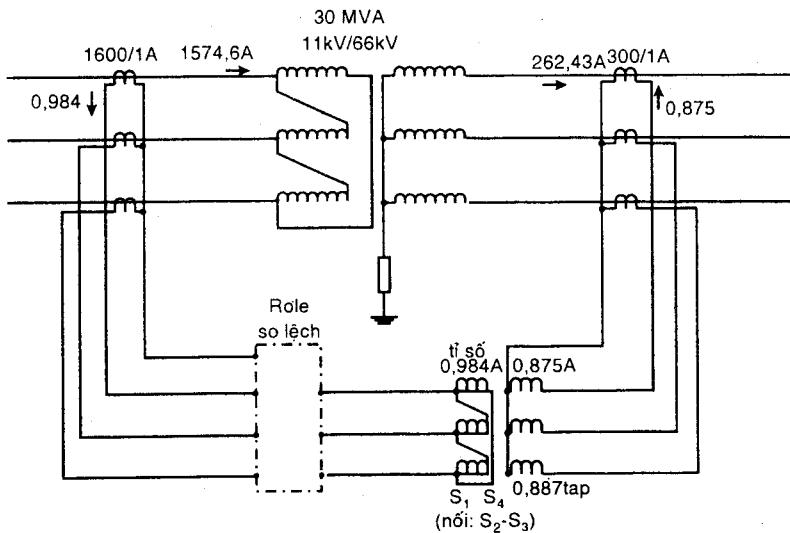


Hình B.95.2

**Giải.** Sử dụng số liệu bảng 1 và sơ đồ BI phụ (H.B.95.1).

a. *Máy biến áp 1 pha*: máy biến áp và thông số (H.B.95.2)

Tỉ số BI phụ: 3,9/4,875



Hình B.95.3

Từ bảng 1 chọn tỉ số biến đổi 5/5A; 2 đầu thứ cấp S1-S2 có 25 vòng, như thế số vòng cuộn sơ cấp (đầu vào) được tính:  $\frac{25 \cdot 4,875}{3,9} = 31,25 \approx 31$  vòng.

Chọn 31 vòng thứ cấp giữa 2 điểm 4 – 7 (H.B.95.1).

b. *Máy biến áp 3 pha*: Sơ đồ (H.B.95.3).

Máy biến áp có công suất 30 MVA, 11/66 kV,  $\Delta/\text{Y}$

Dòng định mức phía 11 kV:  $30 \cdot 10^6 / \sqrt{3} \cdot 11 \cdot 10^3 = 1574,6 \text{ A}$

Cuộn MBA phía 11 kV nối  $\Delta$ , BI nối  $\text{Y}$ , dòng phía thứ cấp đưa vào role (BI = 1600/1):  $I = (1574,6 / 1600) \cdot 1 \text{ A} = 0,984 \text{ A}$

Dòng định mức phía 66 kV:  $30 \cdot 10^6 / \sqrt{3} \cdot 66 \cdot 10^3 = 262,43 \text{ A}$

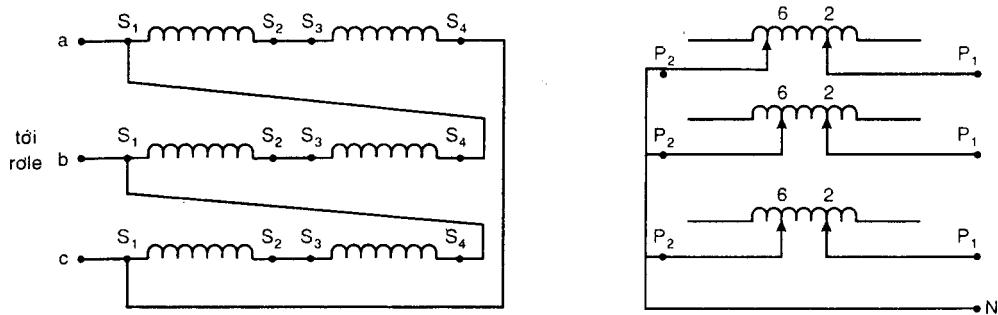
BI nối chính  $\text{Y}$

Dòng thứ cấp đưa vào role: (BI: 300/1A):  $I = 262,43 / 300 \cdot 1 = 0,875 \text{ A}$

Để bù lệch pha, BI phụ đấu  $\Delta/\text{Y}$

Tỉ số BI phụ: tỉ số  $(66 \text{ kV} - 11 \text{ kV}) = 0,875 / 0,98 = 0,889$

Cuộn dây S1 – S2 và S3 – S4 được nối tiếp làm cuộn thứ cấp BI phụ có  $(125 + 90) = 215$  vòng (H.B.95.4)



Hình B.95.4

Số vòng cuộn sơ cấp n của BI phụ được tính:

$$0,875 \cdot n = 0,984 / \sqrt{3} \cdot 215 ; \rightarrow n = \frac{0,984 \cdot 215}{\sqrt{3} \cdot 0,875} = 139,6 \approx 140 \text{ vòng}$$

Hai đầu nối cuộn sơ cấp BI phụ là: 2 và 6 ( $5 + 5 + 5 + 125 = 140$  vòng)

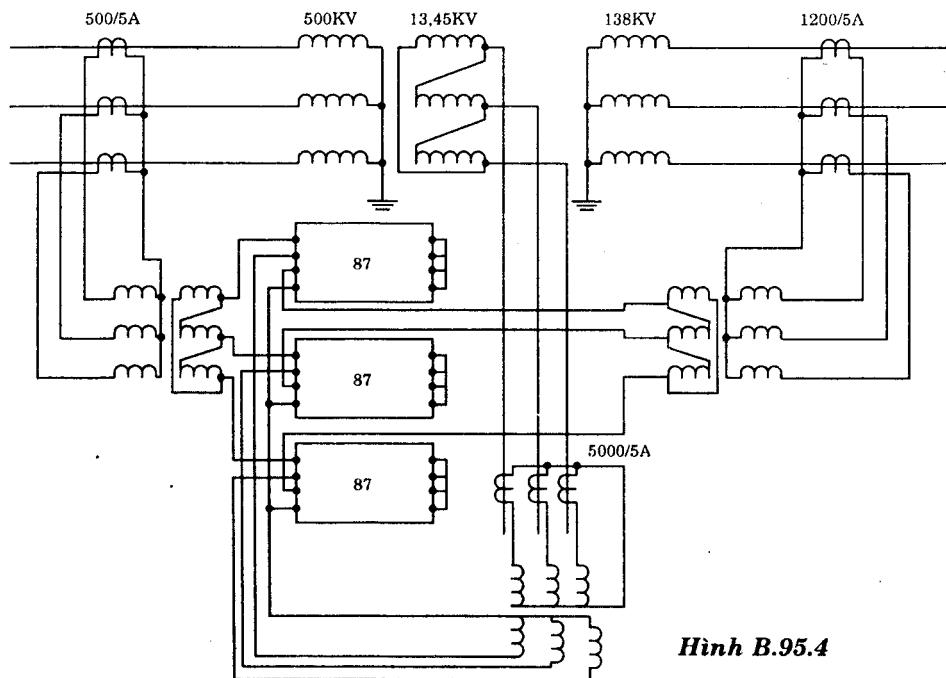
c. *MBA 3 cuộn dây*: Sơ đồ MBA cho ở (H.B.95.5)

• Cuộn dây 500 kV.

Dòng định mức sơ cấp:  $I_s = 400 \cdot 10^6 / \sqrt{3} \cdot 500 \cdot 10^3 = 462 \text{ A}$

Dòng thứ cấp BI 500/5:  $I_T = 462 / 500 \cdot 5 = 4,62 \text{ A}$

400 MVA/ 100 MVA/ 300 MVA



Hình B.95.4

Cuộn 500 kV MBA đấu  $\lambda$ , BI chính đấu  $\lambda$  nên BI phụ (tỉ số 5/5 A) phía thứ cấp phải đấu  $\Delta$ . Các cuộn đấu ra S1-S2 và S3-S4 nối tiếp làm cuộn thứ cấp  $(25 + 18) = 43$  vòng:  $5/\sqrt{3} \cdot 43$  vòng =  $4,62 \cdot n$

Số vòng cuộn sơ cấp:  $n = 5 \cdot 215/\sqrt{3} \cdot 4,62 = 26,86 \approx 27$  vòng

Theo bảng 1 chọn 2 đầu 3 và 6

- Cuộn 138 kV:

Dòng định mức sơ cấp:  $I_s = 400 \cdot 10^6 / \sqrt{3} \cdot 138 \cdot 10^3 = 1674$  A

Dòng thứ cấp BI phía 138 kV:  $I_T = (1674/1200) \cdot 5 = 6,975$  A  $\approx 7$  A

Cuộn 138 kV MBA nối  $\lambda$ , BI chính 1200/5 nối  $\lambda$  nên BI phụ phải đấu  $\Delta$ .

Cuộn đấu ra thứ cấp BI phụ S1 - S2 và S3 - S4 đấu nối tiếp có 43 vòng. Để nhận đấu ra phía thứ cấp  $\Delta$  từ 7A vào, ra 5A số vòng sơ cấp n là:  $5/\sqrt{3} \cdot 43 = 7 \cdot n$

Số vòng sơ cấp:  $5 \cdot 43 / \sqrt{3} \cdot 7 = 17,78 \approx 18$  vòng

Bảng 1 cho thấy 2 đầu 2-9 được chọn (2-3; 3-4; 4-5; 5+x; x-7; 7-8; 8-9)

- Cuộn 13,45 kV:

Dòng định mức sơ cấp:  $I_s = 400 \cdot 10^6 / \sqrt{3} \cdot 13,45 \cdot 10^3 = 17,170$  A

Dòng thứ cấp BI:  $I_T = (17170/5000) \cdot 5 = 17,17$  A

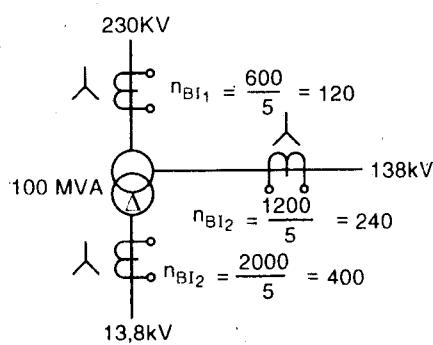
Cuộn MBA 13,45kV đấu  $\Delta$ , BI chính đấu nên BI phụ đấu  $\lambda$  nên BI phụ đấu  $\lambda/\lambda$  để chuyển 17,17A còn 5A.

Cuộn đấu ra thứ cấp BI phụ S1 - S2 và S3 - S4 nối tiếp 43 vòng, nên số vòng phía sơ cấp là:  $n \cdot 17,17 = 43 \cdot 5 = 43 \cdot 5$ ;  $n = 5 \cdot 43 / 17,17 = 12,52 \approx 13$  vòng

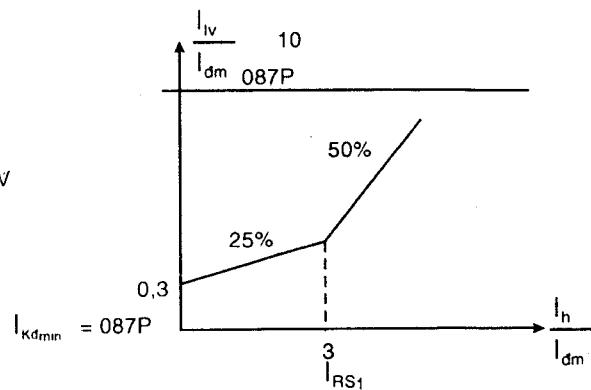
Từ bảng 1 chọn 2 đầu 2-8 (2-3; 3-4; 4-5; 5+x; x-7; 7-8).

**96.** Giới thiệu rơle so lệch kỹ thuật số, cho thí dụ tính toán chọn các giá trị đặt.

**Giải.** Rơle so lệch có hầm SEL-387 có thể dùng để bảo vệ so lệch cho MBA 2 ÷ 4 cuộn dây, máy phát, thanh cái, động cơ... Rơle có sử dụng để bảo vệ máy biến áp có các tổ đấu các cuộn dây khác nhau, các tổ dây máy biến dòng các phía khác nhau (BI đấu  $\Delta$  hay  $\lambda$  cho cuộn dây  $\lambda$  của máy biến áp, BI đấu cho cuộn  $\Delta$  của MBA).



Hình B.96.1



Hình B.96.2

Rôle tự động có thể tính toán bù góc pha dòng các phia máy biến áp, dòng thứ cấp khác nhau các phia. Không cần đặt BI phụ nếu tỉ số  $I_{thứ max} / I_{thứ min} \leq 7,5$ . Rôle tác động không giảm khi dòng NM bên trong quá lớn. *Ví dụ:* Chọn trị đặt rôle SEL - 387 bảo vệ MBA tự ngẫu 100 MVA; 230/138/13,8 kV cuộn 13,8 kV đầu  $\Delta$  có công suất 30 MVA. Các tổ đầu BI các phia nối như (H.96.1). Dòng thứ cấp các phia:

$$230 \text{ kV: } TAP 1 = \frac{100.1000}{\sqrt{3}.230.120} = 2,09 \text{ A}$$

$$138 \text{ kV: } TAP 2 = \frac{100.1000}{\sqrt{3}.138.240} = 1,74 \text{ A}$$

$$13,8 \text{ kV: } TAP3 = \frac{100.1000}{\sqrt{3}.13,8.400} = 10,46 \text{ A}$$

$$\text{Nhận thấy: } \frac{I_{thứ max}}{I_{thứ min}} = \frac{TAP3}{TAP2} = \frac{10,46}{1,74} = 6,01 \prec 7,5$$

Trong trường hợp này không cần dùng BI phụ.

1- *Chọn dòng khởi động nhỏ nhất của đặc tính hamp:*  $I_{kd min} = (0,1 \div 1)I_{dm rôle}$

Chọn  $I_{kd min}$  nhỏ để tăng độ nhạy nhưng phải đủ lớn để tránh sai số BI lúc bình thường. Trong trường hợp này:

$$I_{kd min} = 0,87P \geq \frac{0,1I_{dm BI}}{TAP_{min}} = \frac{0,1 \cdot 5A}{1,74A} = \frac{0,1 \cdot 5}{1,74} = 0,287$$

Chọn:  $087P = 1,3$ .

2- *Chọn độ dốc hamp:* Chọn độ dốc để phân biệt chọn lọc giữa ngắn mạch trong và ngoài vùng bảo vệ. Đặc tính hamp có thể có 1 độ dốc hay 2 độ dốc khác nhau.

- Độ dốc 1 để đảm bảo sai số do đầu phân áp MBA, dòng từ hóa BI, sai số rôle: • Sai số BI  $\pm 10\%$ :  $e = 0,1$  đvtđ

• Sai số đầu phân áp MBA:  $(90 \div 110\% U_{dm})$ :  $a = 0,1$  đvtđ

Sai số lớn nhất được tính khi tất cả dòng vào có sai số phia dương và tất cả dòng ra có sai số âm lúc đầu phân áp chỉnh cực đại:

$$1+e - \frac{1-e}{1+a} = \frac{2e+a+ea}{1+a} \cdot 100\% = 28,18\%$$

• Sai số dòng từ hóa: 3%; sai số rôle:  $\leq 5\%$ ; tổng sai số:  $\approx 36\%$

Nếu chọn đặc tính 1 độ dốc thì trị đặt độ dốc chọn khoảng 40%.

Nếu chọn đặc tính có 2 độ dốc hay độ dốc có thể điều chỉnh được để cải thiện độ nhạy khi trong miền cho sai số BI nhỏ nhất và tăng độ tin cậy tác động trong miền có dòng điện lớn làm BI sai số nhiều hơn. Xác định 2 độ dốc:

- Độ dốc 1 với giả thiết sai số BI 10% chọn độ dốc khoảng 25%. Chọn SLP1 = 25 (25%).

- Độ dốc 2 khoảng 50 ÷ 60%; chọn SLP2 = 50 (50%)

3- Chọn dòng giới hạn của độ dốc 1:

Dòng lớn nhất của độ dốc 1:  $I_{gh\ max} = I_{RS1} = 3$

4- Chọn tác động không hâm: Phần tử tác động này đáp ứng theo thành phần tần số cơ bản của dòng so lệch, nó không bị ảnh hưởng bởi độ dốc 1, 2, dòng khởi động min, khóa họa tần và phải có giá trị lớn để không tác động khi có dòng từ hóa nhảy vọt. Chọn dòng khởi động này được chọn khoảng 10 lần TAP:  $U87 P = 10$

5- Chọn khóa họa tần bậc 2 để chống dòng điện từ hóa nhảy vọt khi đóng MBA không tải.

Dòng từ hóa nhảy vọt chứa lượng dòng họa tần bậc 2 lớn hơn dòng NM nhiều. Rơle sẽ bị khía khi  $\frac{\text{thành phần họa tần bậc 2}}{\text{thành phần họa tần cơ bản}} > \text{trị đặt họa tần \%}$ .

Chọn: PCT2 = 15%

6- Chọn khóa họa tần bậc 5 để chống dòng quá kích MBA.

Hiện tượng quá kích xảy ra trong bộ MF và máy biến áp tăng của trạm nhà máy điện khi điện thế và tần số thay đổi lúc khởi động máy, hoặc MBA bị mất tải đột ngột. Quá kích khi:

$V/Hz > 1,05$  dvtd lúc đầy tải;  $V/Hz > 1,11$  dvtd lúc không tải

Khi MBA bị quá kích sẽ sinh ra họa tần bậc lẻ và làm dòng không cân bằng xuất hiện trong rơle có thể làm tác động nhầm.

Để chống hiện tượng này dòng khóa họa tần bậc 5 chọn PCT = 35%.

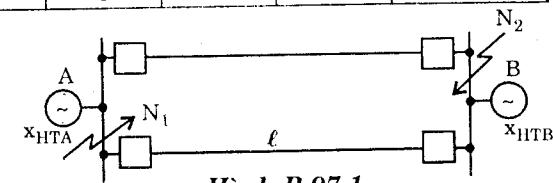
Đặc tuyến rơle chọn cho trên (H.B.96.2).

Ghi chú: Các ký hiệu TAP, OS7P, SLP,  $I_{RS}$ , US7P, PCT là của nhà chế tạo.

97. Cho sơ đồ (H.B.97.1) và số liệu như ở bảng:

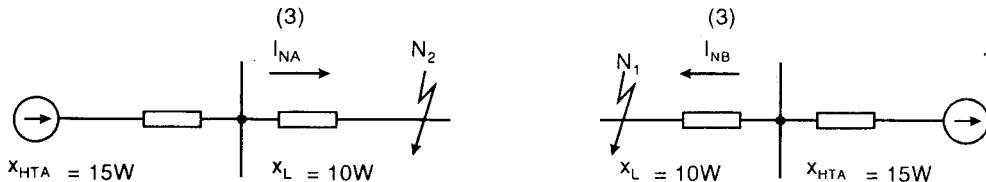
P.án	Tổng trở hệ thống				Chiều dài đường dây (km)	Điện áp hệ thống kv	Dòng điện làm việc cực đại đường dây (A)			
	A $x_{HTA}$ ( $\Omega$ )		B $x_{HTB}$ ( $\Omega$ )							
	chế độ									
	cực đại	cực tiểu	độ cực đại	cực tiểu						
1	15	20	10	15	50	115	180			
2	5	10	7	15	100	115	220			
3	12	15	8	12	150	230	280			
4	6	10	5	8	200	230	150			

Giả thiết trên đường dây đặt bảo vệ so lệch ngang ở cả 2 đầu đường dây. Chọn dòng khởi động bảo vệ, xác định vùng tác động



không đồng thời, độ nhạy. Cho sai số lớn nhất BI là 10%, hệ số không đồng nhất BI là  $K_{dn} = 0,5$ ; hệ số kể đến ảnh hưởng thành phần không chu kỳ:  $K_{kck} = 2$ ;  $K_{at} = 1,2$ ;  $K_{tv} = 0,85$ . Tổng trở thứ tự thuận và nghịch các phanza giống nhau,  $x_{1L} = x_{2L} = 0,4\Omega/km$ . Bảo vệ không làm việc khi chạm đất 1 pha.

**Giải.** Giải cho phanza án 1, các phanza án khác tương tự. Để chọn dòng khởi động cần phải biết dòng trên đường dây khi ngắn mạch 3 pha tại N1 và N2 ở chế độ cực đại.



Hình B.97.2

Chọn:  $n_{BI} = 40$  (200/5 A). Ta tính:  $x_L = 0,5x_{1L}$ ;  $1 = 0,50,4.50 = 10\Omega$

$$I_{N_2^{(3)}} = U_{pha} / x_{\Sigma} = 66500/25 = 1660 \text{ A}; \quad I_{N_1^{(3)}} = 66500/20 = 3325 \text{ A}$$

Dòng khởi động bảo vệ được chọn giá trị lớn nhất theo các điều kiện sau:

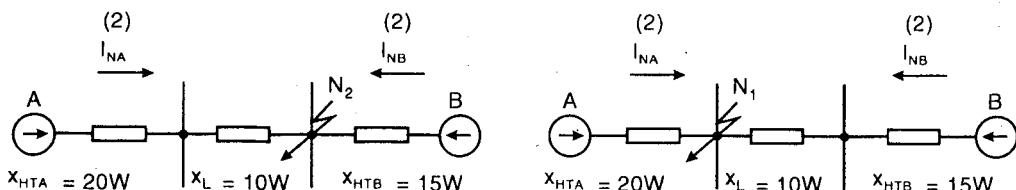
- $I_{kd} \geq K_{at} I_{kcbtt max}$ ;  $I_{kd} = f_i \% / 100 \cdot K_{kck} K_{dn} I_{N_{\text{ngoài max}}} / 2n_{BI}$
- $I_{kd} \geq (K_{BU} / K_{tv}) \cdot (I_{lv max} / n_{BI})$

Thay số vào:

- $I_{kd} \geq 1,2 \cdot 0,5 \cdot 0,1 \cdot 2 \cdot 3325 / (2 \cdot 40) = 5 \text{ A}$
- $I_{kd} \geq 1,2 / 0,85 \cdot 180 / 40 = 6,35 \text{ A}$

Chọn:  $I_{kd} = 6,35 \text{ A}$

Để xác định vùng tác động không đồng thời cần thiết tính dòng ngắn mạch 2 pha tại điểm N1, N2 trong chế độ cực tiểu. Dòng ngắn mạch 2 pha xác định từ dòng ngắn mạch 3 pha là (H.B.97.3):  $I_N^{(2)} = 0,865 I_N^{(3)}$



Hình B.97.3

Dòng ngắn mạch 2 pha tại N2 và N1:

$$I_{N_2^{(2)}} = I_{NA}^{(2)} + I_{NB}^{(2)} = 0,865 \cdot (66500/30 + 66500/15) = 5740 \text{ A}$$

$$I_{N_1^{(2)}} = I_{NA}^{(2)} + I_{NB}^{(2)} = 0,865 \cdot (66500/20 + 66500/15) = 5150 \text{ A}$$

Vùng tác động không đồng thời:

từ phía A:  $I_{KA} = I_{kd} / I_{N2}^{(2)} \quad I = 6,35/5740/40 \cdot 50 = 2,22 \text{ km}$

từ phía B:  $I_{KB} = 6,35/(5150/40) \cdot 50 = 2,47 \text{ km}$

Độ nhạy được xác định theo 2 chế độ:

- Khi tác động các máy cắt ở 2 đầu đường dây và ngắn mạch ở chính giữa đường dây (độ nhạy của 2 bộ bằng nhau). Yêu cầu  $K_{nh} = 2$
- Trong chế độ tác động không đồng thời, khi máy cắt phía đối diện cắt. Yêu cầu  $K_{nh} \geq 1,5$

Khi ngắn mạch ở điểm N giữa đường dây L2 (H.B.97.4) tổng trở dây không sự cố và sự cố tạo thành tam giác cân có các cạnh  $x_I = 0,4 \cdot 50 = 20 \Omega$  và  $x_{II} = x_{III} = 0,4 \cdot 50 / 2 = 10 \Omega$

Biến đổi tam giác thành sao:

$$x_1 = (x_I \cdot x_{II}) / (x_I + x_{II} + x_{III}) = 5 \Omega$$

$$x_2 = (x_I \cdot x_{II}) / (x_I + x_{II} + x_{III}) = 5 \Omega$$

$$x_3 = (x_{II} \cdot x_{III}) / (x_I + x_{II} + x_{III}) = 2,5 \Omega$$

Biến đổi tiếp tục:  $x_{\Sigma A} = 2,5 + 25 + 25 \cdot 2,5 / 20 = 30,6 \Omega$

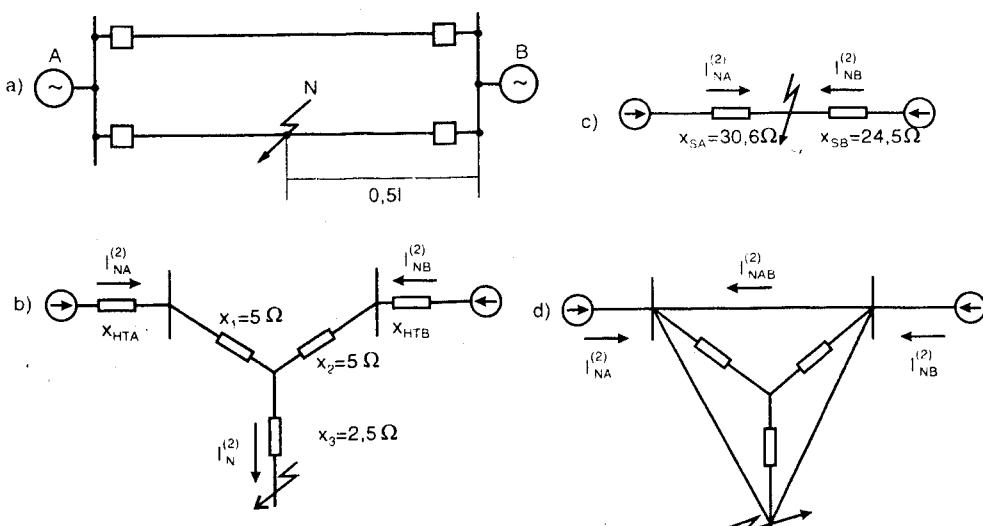
$$x_{\Sigma B} = 20 + 2,5 + 20 \cdot 2,5 / 25 = 24,5 \Omega$$

Dòng ngắn mạch 2 pha tại điểm N đổ từ hệ thống A:

$$I_{NA}^{(2)} = 0,865 \cdot 66500 / 30,6 = 1880 \text{ A}$$

từ hệ thống B:  $I_{NB}^{(2)} = 0,865 \cdot 66500 / 24,5 = 2350 \text{ A}$

Dòng tại điểm ngắn mạch:  $I_N^{(2)} = I_{NA}^{(2)} + I_{NB}^{(2)} = 1880 + 2350 = 4230 \text{ A}$



Hình B.97.4

Dòng trên đường dây không sự cố:

$$I_{NAB}^{(2)} = (I_{NB}^{(2)} \cdot x_2 - I_{NA}^{(2)} \cdot x_1) / x_1 = (2350.5 - 1880.5) / 20 = 117.5 \text{ A}$$

dòng này có hướng từ B sang A. Dòng trên đường dây sự cố:

từ phía A:  $I_{NA}^{(2),1} = I_{NA}^{(2)} + I_{NAB}^{(2)} = 1880 + 117.5 = 1997.5 \text{ A}$

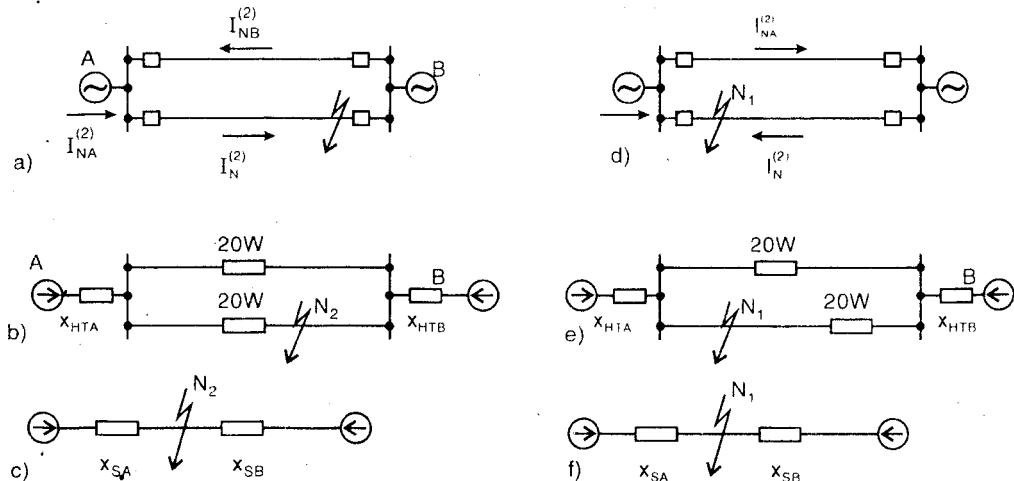
từ phía B:  $I_{NB}^{(2),1} = I_{NB}^{(2)} - I_{NAB}^{(2)} = 2350 - 117.5 = 2232.5 \text{ A}$

Dòng vào role. Trạm A:  $I_A^{(2)} = I_{NA}^{(2),1} - (-I_{NAB}^{(2)}) = 1997.5 + 117.5 = 2115 \text{ A}$

$$\text{Trạm B: } I_B^{(2)} = I_{NB}^{(2),1} - I_{NAB}^{(2)} = 2232.5 - 117.5 = 2115 \text{ A}$$

Bảo vệ có độ nhạy giống nhau khi đó:  $K_{nh} = I^{(2)} / I_N = 2115 / 6.35.40 = 8.4$

Sơ đồ tính toán và biến đổi để xác định độ nhạy trong chế độ tác động không đồng thời cho ở (H.B.97.5a,b,c) cho bảo vệ trạm A và d, e, f cho bảo vệ trạm B.



Hình B.97.5

Từ sơ đồ (H.B.97.5a,b):

$$x_{\Sigma A} = x_{HTA} + x_L + (x_{HTA} \cdot x_L) / (x_L + x_{HTB})$$

$$= 20 + 20 + (20.20) / 20 + 15 = 51.4 \Omega$$

$$x_{\Sigma B} = x_{HTB} + x_L + x_L + (x_{HTB} + x_L) \cdot x_L / x_{HTA} = 90 \Omega$$

Dòng ngắn mạch 2 pha tại N2 chế độ cực tiểu từ hệ thống A:

$$I_{NA}^{(2)} = 0.865 \cdot U_{ph} / x_{\Sigma A} = 0.865 \cdot 66500 / 51.4 = 1120 \text{ A}$$

từ hệ thống B:  $I_{NB}^{(2)} = 0.865 \cdot 66500 / 90 = 640 \text{ A}$

tới đường dây sự cố:  $I_N^{(2)} = I_{NA}^{(2)} + I_{NB}^{(2)} = 1120 + 640 = 1760 \text{ A}$

Dòng vào role tại trạm A:  $I_{NA}^{(2)} = I_N^{(2)} - (-I_{NB}^{(2)}) = 1760 + 640 = 2400 \text{ A}$

Độ nhạy:  $K_{nhA} = I_{NA}^{(2)} / I_{kd} = 2400 / 254 = 9.45$

Theo sơ đồ (H.B.97.5d, e):  $x_{\Sigma A} = 113.5 \Omega; x_{\Sigma B} = 42.5 \Omega$

Dòng ngắn mạch 2 pha tại N1 ở chế độ cực tiểu từ A:

$$I_{NA}^{(2)} = 0,865.66500/113,5 = 505 \Omega$$

từ B:  $I_{NB}^{(2)} = 0,865.66500/42,5 = 1350 \text{ A}$

Dòng tại đường dây sự cố:  $I_N^{(2)} = I_{NA}^{(2)} + I_{NB}^{(2)} = 505 + 1350 = 1855 \text{ A}$

Dòng và bảo vệ đặt tại trạm B:  $I_{BVB}^{(2)} = I_N^{(2)} + I_{NA}^{(2)} = 1855 + 505 = 2360 \text{ A}$

Độ nhạy:  $K_{nhB} = I_{BVB}^{(2)} / I_{kd} = 2360/6,35.40 = 9,25$

98. Hãy giới thiệu một rơle bảo vệ máy phát điện dùng kỹ thuật số thế hệ mới.

**Giải.** Giới thiệu rơle REG – 316

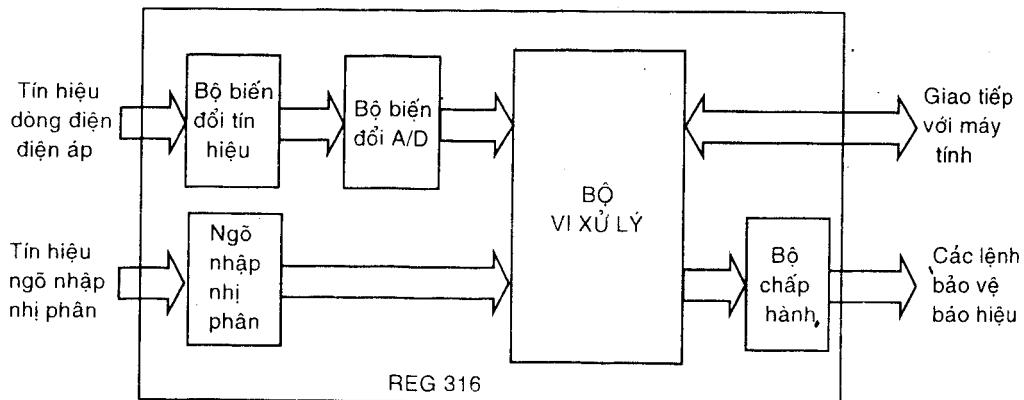
1- *Nguyên lý – Tính năng của relay.* Rơle REG 316 là loại rơle số có đầy đủ tất cả các chức năng bảo vệ cho máy phát điện. Rơle có thể dùng để thay thế cho nhiều rơle kết hợp bảo vệ máy phát điện. Các chức năng bảo vệ của rơle REG 316 gồm có:

- Bảo vệ so lềch
- Bảo vệ quá dòng đặc tính thời gian độc lập
- Bảo vệ quá dòng cắt nhanh
- Bảo vệ quá dòng có kiểm tra điện áp
- Bảo vệ quá dòng đặc tính thời gian phụ thuộc
- Bảo vệ dòng thứ tự nghịch.
- Bảo vệ quá điện áp thời gian độc lập
- Bảo vệ chạm đất startor (95%)
- Bảo vệ chạm đất rotor.
- Bảo vệ quá điện áp cắt nhanh.
- Cân bằng điện áp.
- Bảo vệ chạm đất startor (100%)
- Bảo vệ tổng trở thấp
- Bảo vệ điện kháng thấp (mất kích từ).
- Bảo vệ công suất
- Bảo vệ quá tải
- Bảo vệ dòng thứ tự nghịch đặc tính thời gian phụ thuộc
- Bảo vệ quá nhiệt
- Bảo vệ tần số
- Bảo vệ quá kích từ.
- Chức năng logic.

Cấu trúc phần cứng của rơle REG 316 như (H.B.98.1).

Các tín hiệu dòng điện và điện áp được đưa vào bộ biến đổi tín hiệu. Bộ biến đổi tín hiệu sẽ biến đổi các tín hiệu này thành các giá trị điện áp phù

hợp để role có thể xử lý được. Tín hiệu dòng áp đã được biến đổi này được đưa vào bộ biến đổi tương tự/số A/D để biến đổi các tín hiệu tương tự thành tín hiệu số và đưa vào bộ vi xử lý.



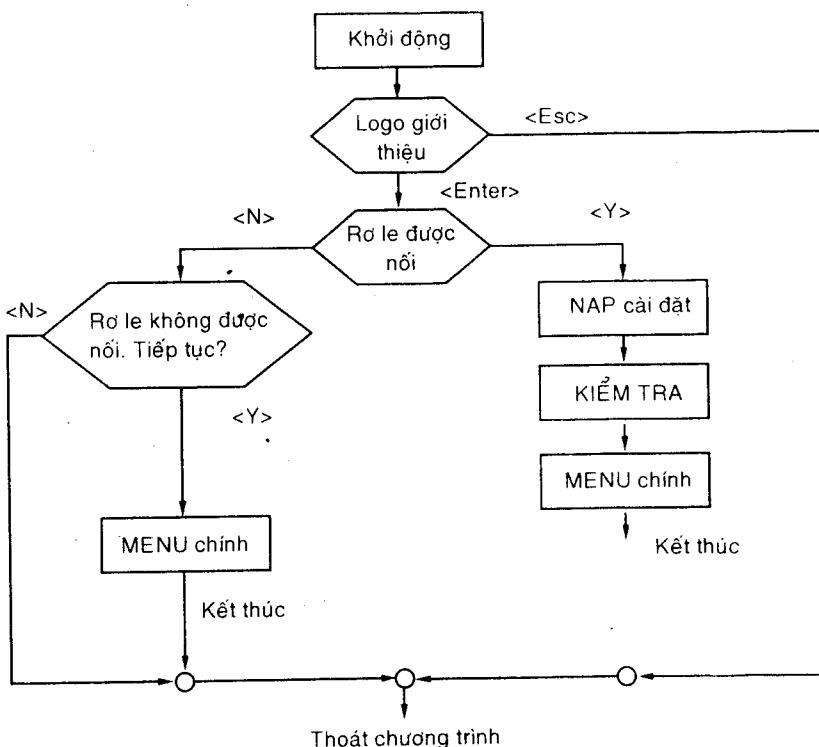
**Hình B.98.1.** Sơ đồ khối role bảo vệ máy phát REG 316

Tín hiệu nhị phân được đưa vào ngõ nhập nhị phân rồi đưa vào bộ vi xử lý. Bộ vi xử lý có nhiệm vụ xử lý các tín hiệu số dòng và áp, tín hiệu từ ngõ nhập nhị phân để đưa ra lệnh bảo vệ và báo hiệu phù hợp với tình trạng sự cố của máy phát. Bộ vi xử lý có cổng giao tiếp với máy tính để cài đặt thông số, hiển thị tình trạng của role.

Role REG 316 có 9 đầu vào đo lường dòng điện, điện áp 3 pha hay 1 pha tùy ứng dụng cụ thể, 4 đầu vào nhị phân, 7 tiếp điểm báo hiệu thường hở đơn, 1 tiếp điểm báo hiệu thường hở kép, 1 tiếp điểm báo hiệu chuyển. 2 tiếp điểm tác động cắt thường hở kép. Xem (H.B.98.3).

**2- Cách thao tác - các thông số:** Các thông số của role được cài đặt thông qua phần mềm chuyên dùng đi kèm với role. Role được kết nối với máy tính thông qua cổng nối tiếp. Phần mềm được sử dụng để kiểm tra, giám sát, điều khiển và thay đổi thông số của role. Chương trình sẽ khởi động theo lưu đồ (H.B.98.2). Nếu role được kết nối vào máy tính, chương trình sẽ hoạt động ở chế độ ON-LINE, nếu role không được kết nối, chương trình hoạt động ở chế độ OFF-LINE. Menu chính gồm các thành phần:

1. *Editor:* thay đổi, lưu giữ các thông số bảo vệ và thông số hệ thống.
2. *Event handing:* liệt kê tất cả các sự kiện xảy ra trong bộ nhớ, xóa các sự kiện.
3. *Measurement values:* hiển thị các giá trị đo lường.
4. *Test function:* kiểm tra các chức năng bảo vệ của các bộ thông số khác nhau, hoạt động của đèn LED hiển thị, tiếp điểm cắt và báo hiệu của role.
5. *Diagnostics:* cung cấp thông tin sự cố của hệ thống.
6. *Documentation:*
7. *Return:* đóng chương trình.



Hình B.98.2

Tất cả các chức năng trên đều thâm nhập được khi chương trình ở trạng thái ON-LINE. Khi chương trình ở trạng thái OFF-LINE chỉ có chức năng 1,7 là thâm nhập được.

Các phím cơ bản sử dụng trong chương trình.

- |         |   |
|---------|---|
| <↑>     | Dòng trước                              |
| <↓>     | Dòng sau                                |
| <PgUp>  | Cuộn lên                                |
| <PgDn>  | Cuộn xuống                              |
| <Home>  | Trở về đầu menu                         |
| <End>   | Đến cuối menu                           |
| <Enter> | Thực hiện hoạt động mô tả bởi dòng lệnh |
| <Esc>   | Trở về cửa sổ trước đó                  |

Các menu con gồm các thành phần và ý nghĩa như sau:

**Editor:**

- |                                    |  |
|------------------------------------|--|
| 1. <i>Present prot.funs:</i>       | soạn thảo, copy, xóa các chức năng của rôle. |
| 2. <i>Edit hardware functions:</i> | soạn thảo các thông số phần cứng của rôle.   |
| 3. <i>Edit system parameter:</i>   | soạn thảo thông số hệ thống.                 |

4. List edit parameter: hiển thị, lưu trữ, in các thông số.  
 5. Save parameter to file: lưu trữ toàn bộ thông số vào file.  
 6. Load parameter from file: nạp thông số từ file.  
 7. Return: thoát khỏi **editor** menu về menu chính.

#### Event Handling

1. Display current Events: hiển thị trạng thái hiện thời.  
 2. List Event list: hiển thị bảng sự kiện.  
 3. Clear Event List: xóa sự kiện.  
 4. Disturbance Recorder: ghi nhận sự cố.  
 8. Return: thoát khỏi **event handling** menu về menu chính.

#### Measurement Values

1. Display AD channels: hiển thị giá trị của kênh tương tự số  
 2. Display Functions Measurement: hiển thị giá trị chức năng đo lường  
 3. Display Binary input: hiển thị giá trị của ngõ nhập nhị phân.  
 4. Display signal output: hiển thị giá trị của ngõ ra báo hiệu.  
 5. Display LED output: hiển thị giá trị của ngõ ra led báo hiệu.  
 6. Display trip output: hiển thị giá trị của ngõ ra tác động cắt.  
 7. Display FULA signals: hiển thị giá trị của ngõ ra fula.  
 8. Return: thoát khỏi **measurement values** menu về menu chính.

#### Test Functions

1. Set test data: cài đặt bộ thông số thử nghiệm, các chức năng cần thử nghiệm.  
 2. Perform selected test: thực hiện thử nghiệm.  
 3. Event handling: ghi nhận sự kiện  
 4. Measurement values: giá trị đo lường.  
 5. List diaginfo: liệt kê thông tin chẩn đoán sự cố.  
 6. Partset switching: thay đổi thông số.  
 7. Return: thoát khỏi **test functions** menu về menu chính.

Dưới đây sẽ mô tả chi tiết các chức năng của editor menu

*Present prot. Function:* tại menu con này sẽ hiển thị các chức năng bảo vệ hiện tại được cài đặt trong role. Đặt dòng sáng tại mỗi chức năng, nhấn <Enter> có thể xem thông số và điều chỉnh thông số. Menu con của mỗi chức năng gồm có:

- *Edit Run Function:* Soạn thảo chức năng bảo vệ
- *Edit Function name:* Soạn thảo tên chức năng bảo vệ
- *Copy Run Function:* Copy các thông số để sử dụng tạo các chức năng khác gần giống.
- *Delete Run Function:* Xóa chức năng bảo vệ

Khi đưa dòng sáng, nhấn <Enter> tại vị trí *Edit Run Function* bảng

thông số cài đặt của chức năng được hiển thị. Người sử dụng có thể xem và hiệu chỉnh thông số.

Dưới đây là một ví dụ và hướng dẫn cụ thể cách cài đặt thông số cho chức năng quá điện áp “Voltage – DT”:

Edit function Parameters

Dunction Nr2 2 – voltge – DT

Parse 4.11	P1	Select
Trip	B10300000	
Delay	02.00	s
V-seting	1.2	UN
MaxMin	Max(1ph)	Select
NrOfPhase	001	
VoltageInp	6	AnalogAddr
BlockInp	f 1 Trip	Binary Addr
Trip	S104L003 M1307 ER	SignalAddr
Star	S103 ER	SignalAddr

Return/Enter

Cột 1 là tên các thông số. Cột 2 là giá trị cài đặt các thông số. Cột 3 là ghi chú của các thông số.

*Parse 4.11: #* Sử dụng để cài đặt bộ thông số mà chức năng này kích hoạt. Cột 3 hiển thị ghi chú của thông số này. “Select” có nghĩa là thông số này được lựa chọn từ bảng cho sẵn. Cài đặt bằng cách đặt dòng sáng tại vị trí này nhấn <Enter>, màn hình sẽ hiện lên 4 lựa chọn từ 1..4 để lựa chọn bộ thông số nào mà chức năng này kích hoạt. Sử dụng phím <↔>, <→>, <Ins> để lựa chọn, nhấn <Enter> để xác nhận. Trong ví dụ, cột 2 có giá trị P1 nghĩa là chức năng Voltage – DT sẽ kích hoạt ở bộ thông số 4.

*Trip: #* Sử dụng để liên kết tác động cắt với tiếp điểm cắt của role. Cài đặt bằng cách đặt dòng sáng tại vị trí này nhấn <Enter>, màn hình sẽ hiện lên 8 kênh lựa chọn từ 1..8 để lựa chọn tiếp điểm cắt của role tương ứng với chức năng này. Sử dụng phím <↔>, <→>, <Ins> để lựa chọn, nhấn <Enter> để xác nhận. Trong ví dụ, cột 2 có giá trị B10300000 nghĩa là chức năng Voltage – DT sẽ kích hoạt các tiếp điểm cắt 1 và 3.

*Delay: #* Sử dụng để chọn thời gian trì hoãn chức năng này. Cột 3 hiển thị ghi chú của thông số này. “s” là đơn vị của thời gian trì hoãn (giây). Cài đặt bằng cách đặt dòng sáng tại vị trí này nhấn <Enter>, màn hình sẽ hiện lên cửa sổ để đánh giá trị mới vào, nhấn <Enter> để xác nhận. Trong ví dụ, cột 2 có giá trị 02.000 nghĩa là thời gian trì hoãn là 2 giây.

*V-seting: #* sử dụng để cài đặt giá trị đặt điện áp với điện áp định mức. Cách cài đặt như phần “Delay”. Trong ví dụ, cột 2 có giá trị 1.2 nghĩa là

giá trị đặt điện áp 1a 1.2  $U_N$

*MaxMin*: Sử dụng để cài đặt chức năng quá áp hay thấp áp. Cột 3 hiển thị ghi chú của thông số này. "Select" có nghĩa là thông số này được lựa chọn từ bảng cho sẵn. Cài đặt bằng cách đặt dòng sáng tại vị trí này nhấn "Enter", màn hình sẽ hiện lên 4 lựa chọn.

MIN (3ph) thấp áp 3 pha; MIN (1ph) thấp áp 1 pha

MAX(1ph) quá áp một pha; MAX(3ph) quá áp 3 pha

Sử dụng phím  $\langle\uparrow\rangle, \langle\downarrow\rangle, \langle\text{Ins}\rangle$  để lựa chọn, nhấn  $\langle\text{Enter}\rangle$  để xác nhận.

Trong ví dụ, cột 2 có giá trị MAX(1ph) nghĩa là chức năng quá áp một pha. MAX(1ph)

*NrOfPhase*: sử dụng để lựa chọn số pha đo lường. Cài đặt bằng cách đặt dòng sáng tại vị trí này nhấn  $\langle\text{Enter}\rangle$ , màn hình sẽ hiện lên cửa sổ để đánh giá trị mới vào, nhấn  $\langle\text{Enter}\rangle$  để xác nhận. Trong ví dụ, cột 2 có giá trị 001 nghĩa là cần 1 pha đo lường cho chức năng này.

*VoltageInp*: sử dụng lựa chọn đầu vào dòng áp analog (tương tự) cho chức năng này. Role REG 316 có tất cả 9 đầu vào analog đánh số từ 1-9. Loại đầu vào, giá trị định mức của mỗi đầu vào được quy định trong phần "Edid hardware functions". Cài đặt bằng cách đặt dòng sáng tại vị trí này nhấn  $\langle\text{Enter}\rangle$ , màn hình sẽ hiện lên 9 kênh lựa chọn từ 1..9 để lựa chọn đầu vào điều áp tương ứng với chức năng này. Sử dụng phím  $\langle\leftarrow\rangle, \langle\rightarrow\rangle, \langle\text{Ins}\rangle$  để lựa chọn, nhấn  $\langle\text{Enter}\rangle$  để xác nhận. Trong ví dụ, cột 2 có giá trị 6 nghĩa là đầu vào analog số 6 được sử dụng cho chức năng Voltage – DT.

*BlockInp*: sử dụng để khóa không cho chức năng Voltage-DT tác động. Cột 3 hiển thị ghi chú của thông số này. "BinaryAddr" có nghĩa là thông số này được lựa chọn từ các địa chỉ đầu vào nhị phân. Cài đặt bằng cách đặt dòng sáng tại vị trí này nhấn  $\langle\text{Enter}\rangle$ , màn hình sẽ hiện lên 5 tùy chọn như sau:

Always TRUE ("1") luôn luôn ở giá trị 1 (không khóa)

Always FALSE ("0") luôn luôn ở giá trị 0 (khóa)

*Binary Channel*: cho phép lựa chọn từ các binary input của role. Cài đặt bằng cách đặt dòng sáng tại vị trí này nhấn  $\langle\text{Enter}\rangle$ , màn hình hiện lên 8 kênh binary input của role từ 1..8 để lựa chọn binary input đưa vào chức năng này. Sử dụng phím:  $\langle\leftarrow\rangle, \langle\rightarrow\rangle, \langle\text{Ins}\rangle$  (chọn kênh)  $\langle\rightarrow\rangle$  (chọn kênh nhưng có giá trị nghịch đảo) để lựa chọn, nhấn  $\langle\text{Enter}\rangle$  để xác nhận.

*Out put from Function*: cho phép lựa chọn kích hoạt thông số BlockInp từ các chức năng bảo vệ khác. Cài đặt bằng cách đặt dòng sáng tại vị trí này nhấn  $\langle\text{Enter}\rangle$ , màn hình sẽ hiện lên các chức năng bảo vệ. Sử dụng phím  $\langle\leftarrow\rangle, \langle\rightarrow\rangle, \langle\text{Ins}\rangle$  (chọn kênh)  $\langle\rightarrow\rangle$  (chọn kênh nhưng có giá trị nghịch đảo) để lựa chọn, nhấn  $\langle\text{Enter}\rangle$  để xác nhận.

*Input from OBI:* cho phép lựa chọn kích hoạt thông số BlockInp từ OBI (giao tiếp với trạm). Cài đặt bằng cách đặt dòng sáng tại vị trí này nhấn <Enter>, màn hình sẽ hiện lên các kênh OBI từ 1..2. Sử dụng phím <-->, <-->, <Ins> (chọn kênh) <-> (chọn kênh nhưng có giá trị nghịch đảo) để lựa chọn, nhấn <Enter> để xác nhận.

Trong ví dụ, cột 2 có giá trị f 1 Trip nghĩa là chức năng BlockInp nhận tín hiệu từ chức năng bảo vệ 1 – lệnh Trip.

*Trip:* sử dụng cài đặt việc gởi tín hiệu trip đến các kênh báo hiệu. Cột 3 hiển thị ghi chú của thông số này. "SignalAddr" có nghĩa là thông số này liên hợp đến các địa chỉ tín hiệu. Cài đặt bằng cách đặt dòng sáng tại vị trí này nhấn <Enter>, màn hình sẽ hiện lên 5 tùy chọn như sau:

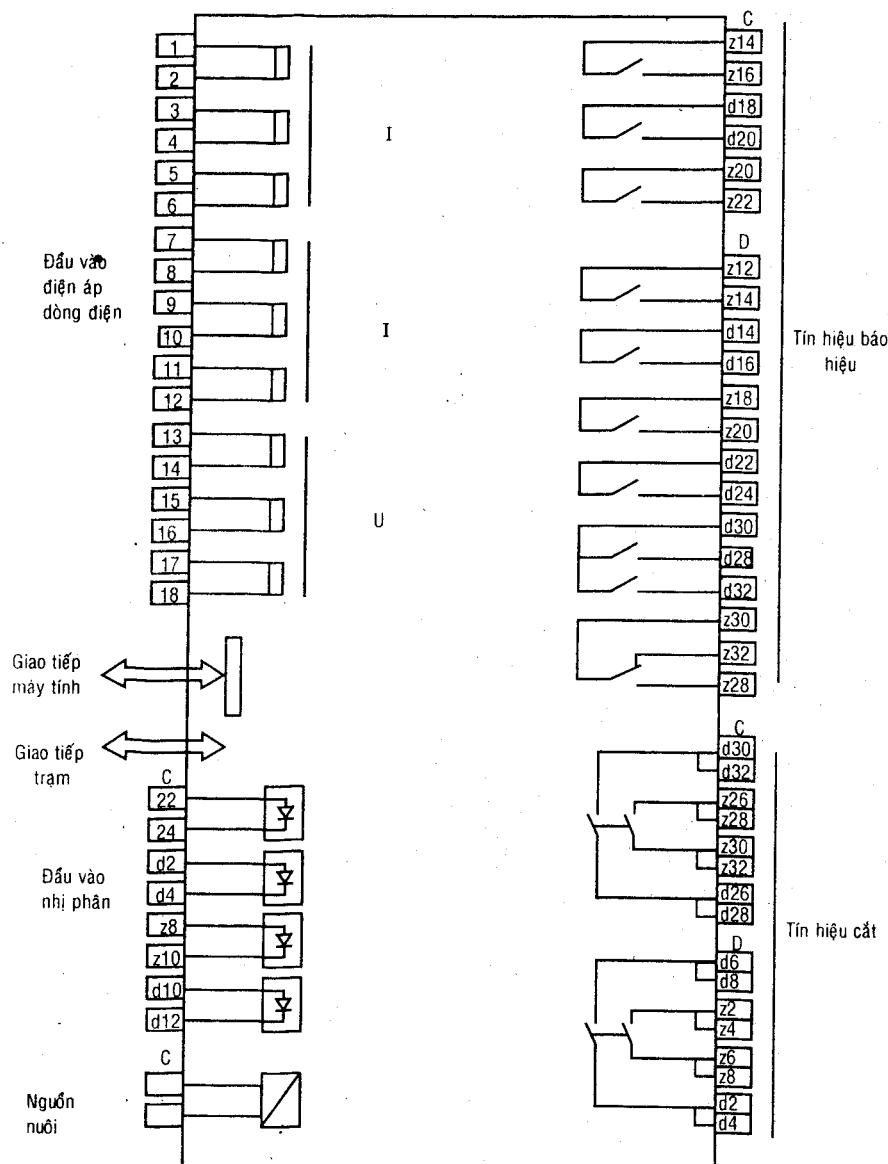
- *Signal LED's:* cho phép lựa chọn liên kết với các đèn LED trên bề mặt rôle. Cài đặt bằng cách đặt dòng sáng tại vị trí này nhấn <Enter> màn hình sẽ hiện lên 2x8 kênh LED của rôle để lựa chọn LED liên kết với lệnh cắt. Sử dụng phím <-->, <-->, <Ins>, để lựa chọn, nhấn <Enter> để xác nhận.
- *Signal Relays:* cho phép lựa chọn liên kết với các tiếp điểm báo hiệu của rôle. Cài đặt bằng cách đặt dòng sáng tại vị trí này nhấn <Enter>, màn hình sẽ hiện lên 3x6 kênh tiếp điểm báo hiệu của rôle để lựa chọn tiếp điểm liên kết với lệnh cắt. Sử dụng phím <-->, <-->, <Ins> để lựa chọn, nhấn <Enter> để xác nhận.
- *Event Recording:* cho phép lựa chọn chức năng ghi nhận sự cố. Nếu đặt chức năng này ở vị trí ON sẽ đưa vào bộ ghi nhận sự cố khi có tín hiệu cắt.
- *Trip Relays:* cho phép lựa chọn liên kết với các tiếp điểm cắt của rôle. Cài đặt tương tự phần Signal Relays.
- *Signals to OBI:* cho phép lựa chọn liên kết với đầu ra nhị phân tới OBI (giao tiếp với trạm). Cài đặt bằng cách đặt dòng sáng tại vị trí này nhấn <Enter>, màn hình sẽ hiện lên các kênh OBI từ 1..24. Sử dụng phím <-->, <-->, <Ins> (chọn kênh) <-> (chọn kênh nhưng có giá trị nghịch đảo) để lựa chọn, nhấn <Enter> để xác nhận.

Trong ví dụ, cột 2 có giá trị S104 L003 M1307 ER nghĩa là chức năng Voltage – DT gởi báo hiệu lệnh trip đến LED 3(L003), tiếp điểm báo hiệu 4 nhóm 1 (104), cho phép ghi nhận sự cố (ER), tín hiệu đến OBI kênh 7 nhóm 13 (M1307)

• *Star:* sử dụng cài đặt việc gởi tín hiệu trip đến các kênh báo hiệu. Cách cài đặt tương tự phần Trip. Trong ví dụ, cột 2 có giá trị S103 ER nghĩa là chức năng Voltage – DT gởi báo hiệu lệnh start đến, tiếp điểm báo hiệu 3 nhóm 1 (S104), cho phép ghi nhận sự cố (ER).

• Các chức năng bảo vệ khác cài đặt tương tự.

### 3. Thông số kỹ thuật:



**Hình B.98.3. Sơ đồ của role bảo vệ máy phát REG 316**

\* Đầu vào tương tự:

- Đầu vào dòng điện: có 6 đầu vào dòng điện. Dòng điện định mức 1 A
- Đầu vào điện áp: có 3 đầu vào điện áp. Điện áp định mức 100 V

\* Tiếp điểm:

- Tiếp điểm cắt: có hai tiếp điểm cắt kép.
- Tiếp điểm báo hiệu: có 7 tiếp điểm báo hiệu thường hở đơn, 1 tiếp điểm báo hiệu thường hở kép, 1 tiếp điểm báo hiệu chuyển.

\* Đầu vào nhị phân: có 4 đầu vào nhị phân.

\* Đèn LED chỉ thị: có tất cả 16 đèn LED chỉ thị có thể được cài đặt chế độ hiển thị:

\* Nguồn nuôi: điện áp DC 82-156VDC.

\* Chức năng bảo vệ quá tải nhiệt: sử dụng để bảo vệ quá tải máy phát.

Tầm đặt:  $I_{\text{cơ bản}} = 0,5 - 2,5 \text{ IN}$  bước  $0,01I_N$

Giá trị báo hiệu: 50% - 200% bước 1%

Giá trị cắt: 50%-200% bước %;

Hàng số thời gian 0,5 – 500 phút bước 0,1 phút

\* Chức năng dòng điện đặc tính thời gian xác định (51DT): gồm có chức năng quá dòng và thấp dòng (dòng điện thấp) có hạn chế dòng nào.

Tầm đặt  $0,02 - 20 I_N$  bước  $0,01 I_N$

Thời gian trễ:  $0,02 - 60s$  bước  $0,01s$

Độ chính xác giá trị tác động:  $\pm 5\% I_N$

Giá trị trở về: 95% cho chức năng quá dòng; 105% cho chức năng thấp dòng. Thời gian tác động không trễ: 60ms

\* Chức năng điện áp đặc tính thời gian xác định: gồm có chức năng quá áp và thấp áp.

Tầm đặt:  $0,01 - 2U_N$  bước  $0,002 U_N$ ; thời gian trễ:  $0,02 - 60s$  bước  $0,01s$

Độ chính xác giá trị tác động:  $\pm 3\% U_N$

Giá trị trở về: 98% cho chức năng quá áp; 102% cho chức năng thấp áp

Thời gian tác động không trễ: 60ms

\* Chức năng đo lường UfffPQ

\* Chức năng bảo vệ so lech máy phát:

Tầm đặt: Giá trị  $g = 0,1 - 0,5I_N$  bước  $0,05 I_N$  (độ nhạy cơ bản).

Giá trị đặt  $v = 0,25; 0,5$ ; độ chính xác giá trị khởi động  $g \pm 5\% I_N$

\* Chức năng bảo vệ so lech máy biến áp:

Tầm đặt: Giá trị  $g = 0,1 - 0,5 I_N$  bước  $0,05 I_N$  (độ nhạy cơ bản).

Giá trị đặt  $v = 0,25; 0,5$ ; Giá trị đặt  $b = 1,25-5$  bước 0,25.

Độ chính xác giá trị khởi động  $g \pm 5\% I_N$

\* Chức năng quá dòng tức thời (5): sử dụng bảo vệ quá dòng và thấp dòng: tầm đặt:  $0,1 - 20 I_N$  bước  $0,1 I_N$ ; thời gian trễ:  $0-60s$  bước  $0,01s$

Độ chính xác giá trị tác động:  $\pm 5\% I_N$

Giá trị trở về: 95% cho chức năng quá dòng; 105 cho chức năng thấp dòng

\* Chức năng quá dòng có điện áp điều khiển (51-27): sử dụng bảo vệ quá dòng có điều kiện điện áp thấp.

Tầm đặt dòng:  $0,1 - 20 I_N$  bước  $0,1 I_N$

Tầm đặt áp:  $0,4 - 1,1 U_N$  bước  $0,01 U_N$

Thời gian trễ: 0,5 – 60s bước 0,01s; Độ chính xác giá trị tác động:  $\pm 5\%$

\* Chức năng quá dòng đặc tính thời gian phụ thuộc (51) (H.B.98.4):

Tâm đặt dòng cơ bản:  $I_B = 0,5 - 2,5 I_N$   
bước  $0,01 I_N$

Tâm đặt dòng khởi động:  $I_{KD} = 1 - 2I_B$   
bước  $0,01 I_B$

Hệ số nhân thời gian  $k_1 = 0,01 - 200s$   
bước 0,01s

Thời gian trễ: 0-60s bước 0,01s.

Độ chính xác giá trị tác động:  $\pm 5\% I_N$

Thông số của các loại đặc tuyến:

Dốc chuẩn:  $K_1 = 0,14c = 0,02$ ; rất dốc:  $K_1 = 13,5 c = 1$

Cực dốc:  $K_1 = 80 c = 2$ ; chống chạm đất:  $K_1 = 120 c = 1$

\* Chức năng dòng điện thứ tự nghịch (46):

Tâm đặt:  $0,02 - 0,5 I_N$  bước  $0,01 I_N$ ; thời gian trễ: 0,5 – 60s bước 0,01s

Độ chính xác giá trị tác động:  $\pm 2\% I_N$

\* Chức năng điện áp có đánh giá trị đỉnh: gồm có chức năng quá áp và thấp áp.

Tâm đặt:  $0,01 - 2U_N$  bước  $0,01U_N$

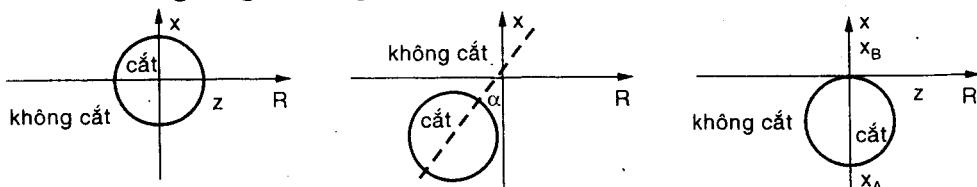
Thời gian trễ: 0,00 – 60s bước 0,01s

Độ chính xác giá trị tác động:  $\pm 3\% U_N$

Giá trị trở về: 95% cho chức năng quá áp; 105% cho chức năng thấp áp

Thời gian tác động không trễ: < 30ms.

\* Chức năng tổng trở thấp (21) (H.B.98.5)



**Hình B.98.5**

Tâm đặt:  $0,025 - 2,5 U_N / I_N$  bước  $0,001 U_N / I_N$ ; Thời gian trễ: 0,2 – 60s bước 0,01s

Giá trị trở về: 105% cho chức năng thấp áp

\* Chức năng điện kháng thấp (4)

Tâm đặt:  $X_A = -5 - 0 U_N / I_N$  bước  $0,01 U_N / I_N$

$X_A = -2,5 - +2,5 U_N / I_N$  bước  $0,01 U_N / I_N$

Thời gian trễ: 0,2 – 60s bước 0,01s

Góc:  $-180^\circ \div +180^\circ$  bước  $5^\circ$ :  $X_A = -5 \div 0$   $U_N / I_N$  bước  $0,01 U_N / I_N$

Độ chính xác  $\pm 5\%$

\* Chức năng quá tải startor (49s):

Tầm đặt dòng cơ bản:  $I_B = 0,5 \div 2,5 I_N$  bước  $0,01 I_N$

Tầm đặt dòng khởi động:  $I_{KD} = 1 \div 1,6 I_B$  bước  $0,01 I_B$

Hệ số nhân thời gian:  $k_1 = 1 \div 50s$  bước  $0,1s$

Thời gian tối thiểu:  $t_{min} = 1 \div 120s$  bước  $0,1s$

Thời gian:  $t_g = 10 \div 2000s$  bước  $10s$

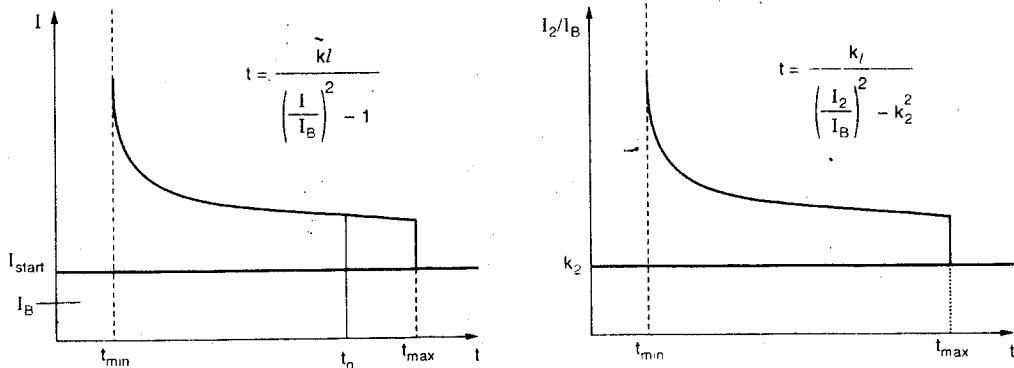
Thời gian tối đa:  $t_{max} = 100 \div 2000s$  bước  $10s$

Thời gian rét:  $t_{reset} = 10 \div 2000s$  bước  $10s$

\* Chức năng quá tải rotor (49R): như phần quá tải startor

\* Chức năng quá dòng thứ tự nghịch đặc tuyến thời gian phụ thuộc s(46)

(H.B.98.6):



**Hình B.98.6**

Tầm đặt dòng cơ bản:  $I_B = 0,5 \div 2,5 I_N$  bước  $0,01 I_N$

Hệ số nhân thời gian:  $k_1 = 5 \div 30s$  bước  $0,1s$

Hệ số nhân thời gian:  $k_2 = 0,02 \div 0,2s$  bước  $0,01s$

Thời gian tối thiểu:  $t_{min} = 1 \div 120s$  bước  $0,1s$

Thời gian tối đa:  $t_{max} = 500 \div 2000s$  bước  $10s$

Thời gian reset:  $t_{reset} = 5 \div 2000s$  bước  $10s$

\* Chức năng tần số: có chức năng tần số cao và tần số thấp

Tầm đặt:  $40 \div 65Hz$ ; thời gian trễ:  $0,1 \div 60s$  bước  $0,01s$ ; Giá trị trả về:  $100\%$

Chức năng quá kích từ (24):

Tầm đặt:  $0,2 \div 2 U_N / f_N$  bước  $0,01 U_N / f_N$

Thời gian trễ:  $0,1 \div 60s$  bước  $0,01s$ ; Dải tần số  $0,5 \div 1,2 f_N$

\* Chức năng so sánh điện áp (6) so sánh điện áp giữa hai nhóm điện áp

(H.B.90.7)

Tầm đặt sai biệt điện áp:  $0,1 - 0,5 U_N$  bước  $0,05 U_N$

Thời gian tác động:  $0,00 - 1s$   
bước  $0,01s$

Thời gian trở về:  $0,1 - 2,0s$   
bước  $0,01s$

$U_{1R}$ : điện áp kênh 1;

$U_{2R}$ : điện áp kênh 2

\* Chức năng chạm đất startor 100%

(64S)

Tầm đặt báo hiệu:  $100 \Omega - 20k \Omega$

Thời gian trễ:  $0,02 - 60s$

Tầm đặt tác động cắt:  $100 \Omega - 20k \Omega$

Thời gian trễ:  $0,02 - 60s$

Điện trở nối đất:  $700 \Omega - 5k \Omega$

\* Chức năng chạm đất rotor 100% (64R)

Tầm đặt báo hiệu:  $100 \Omega - 25 \Omega$ ; thời gian trễ:  $0,02 - 60s$

Tầm đặt tác động cắt:  $100 \Omega - 25k \Omega$ ; thời gian trễ:  $0,02 - 60s$

Điện trở nối đất:  $900 \Omega - 5k \Omega$

\* Bảo vệ chống trượt máy phát: (78)

Tầm đặt

Tổng trở hệ thống:  $Z_A = 0 - 5,0 U_N / I_N$

Tổng trở máy phát:  $Z_B = -0,5 - 0U_N / I_N$ ; tổng trở bậc:  $Z_C = 0 - 5,0 U_N / I_N$

\* Chức năng công suất (32)

Tầm đặt

Công suất:  $-0,1 - 1,2 SN$  bước  $0,005 SN$ ; đặc tính góc:  $-1800 - +1800$

Thời gian trễ:  $0,05 - 60s$  bước  $0,01s$ ; bù sai số pha:  $-5^\circ \div +5^\circ$  bước  $0,1^\circ$

Công suất định mức:  $0,5 - 2,5 U_N \cdot I_N$  bước  $0,001 U_N \cdot I_N$

Hiệu số trở về:  $30\% - 70\%$  bước  $1\%$

Ghi nhận sự cố

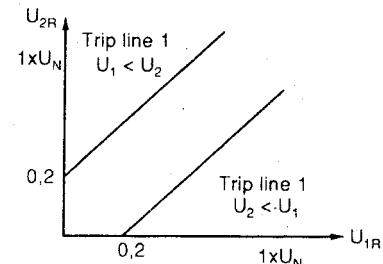
Giá trị đặt

Thời gian ghi nhận trước sự cố:  $40 - 400ms$  bước  $20ms$

Thời gian ghi nhận sự cố:  $100 - 3000ms$  bước  $50ms$

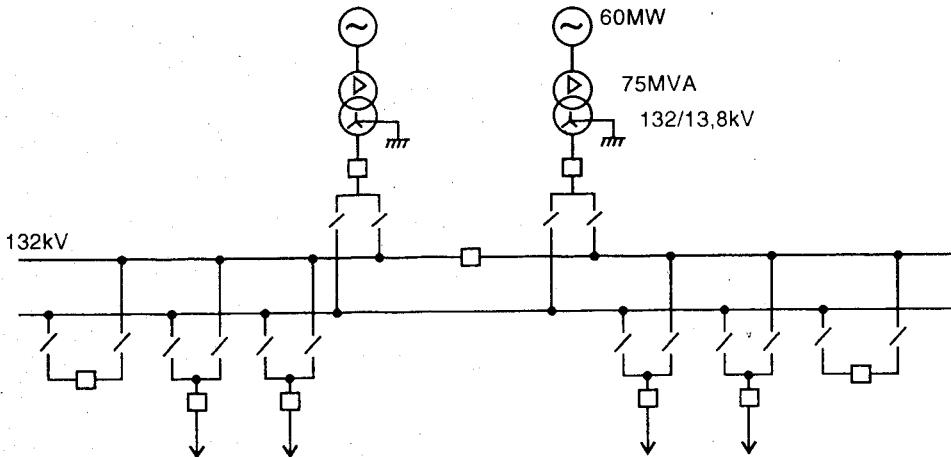
Thời gian ghi nhận sau sự cố:  $40 - 400ms$  bước  $20ms$

99. Cho hệ thống thanh cái như (H.B.99.1) liên kết 2 máy phát và 4 đường dây, trung tính hệ thống nối đất trực tiếp và công suất ngắn mạch định mức là  $3500 \text{ MVA}$ . Điện trở cực đại giữa các BI và các điểm role là  $2 \Omega$ . Đặc tính BI cho ở (H.B.99.2) với các dữ liệu sau:



Hình B.98.7

$n_{BI} = 500/1A$ ; điện thế điểm bảo hòa của đường cong từ hóa BI:  $V_k = 400 V$ ; điện trở cuộn dây thứ cấp BI là  $0,7 \Omega$ . Chọn rơle so lèch dòng tổng trở cao chống ngắn mạch chạm pha và chạm đất hệ thống thanh cáp trên. Vẽ sơ đồ hệ thống bảo vệ.



Hình B.99.1

**Giải.** • Điện thế giới hạn rơle được tính theo điều kiện ổn định rơle làm việc nghĩa là bảo vệ không tác động khi có ngắn mạch ngoài.

$$\text{Dòng ngắn mạch ngoài lớn nhất: } I_N = \frac{S_{NM}}{\sqrt{3}U_{dm}} = \frac{3500 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 132000} = 15300 A$$

$$\text{Dòng ngắn mạch ngoài qui về thứ cấp: } I_N = 15300/500 = 30,6 A$$

$$\text{Điện thế rơle đưa vào rơle được tính: } V_R \geq I_N(R_{1H} + R_{BIH})$$

với:  $R_{1H} = 2 \Omega$  : điện trở dây dẫn phụ;  $R_{BIH} = 0,7 \Omega$  - điện trở cuộn dây thứ cấp BI.

$$V_R \geq 30,6(2 + 0,7) = 82,6 V. \text{ Chọn: } V_{ghR} = 100 V$$

- Tất cả các BI được chọn cùng 1 tỉ số.

- Kiểm tra điều kiện làm việc rơle đã chọn (thí dụ rơle FAC 34) với đặc tính BI:  $V_k > 2V_{ghR}$

với:  $V_k = 400 V$  - điện thế điểm bảo hòa đường cong đặc tính BI.

chọn:  $V_{ghR} = 100 V$  - điện thế giới hạn rơle thỏa mãn  $2V_{ghR} < V_k$ .

- Dòng điện khởi động rơle: Theo đường đặc tính BI (H.b.91.2) tại 100 V mật độ từ thông BI là  $100/27,2 = 3,67$  kilogause tương ứng với dòng từ hóa:  $I_{eT} = 0,34 \cdot 0,082 = 0,028 A$

Vùng bảo vệ chính của hệ thống thanh cáp trên tối đa có 5 nhánh (nhánh MF, nhánh đường dây, nhánh MC phân đoạn), số nhánh nhỏ nhất là 4.

4. Vùng bảo vệ dự trữ có 8 nhánh, vùng kiểm tra có 6 nhánh.

$$\text{Dòng khởi động sơ cấp nhỏ nhất: } I_{kdl} = n_{BI} [I_{kdT} + kI_{eT}]$$

với:  $n_{BI}$  - tỉ số BI;  $I_{kds}$  : trị đặt dòng role  
 $k$  - số BI song song;  $I_{eT}$  - dòng từ hóa.

Theo yêu cầu dòng này không được vượt quá 30% dòng NM nhỏ nhất.

$$I_{kds} = 500[0,03 + (4 \cdot 0,028)] = 71 \text{ A}$$

So sánh với dòng định mức nhánh MF 328 A hay nhánh đường dây 500 A thì dòng điện khởi động sơ cấp tương đối nhỏ. Vì thế thực tế người ta ghép song song với role 1 điện trở khoảng  $100 \Omega$  để đưa dòng khởi động lớn hơn dòng tải định mức.

- Thủ chọn role có mắc nối tiếp điện trở ổn định (role CAG-34)

Trị đặt điện thế giới hạn như đã tính:

$$V_{ghR} = 100 \text{ V}$$

Dòng từ hóa BI:  $I_{eT} = 4 \cdot 0,028 = 0,112 \text{ A}$

Role CAG-34 có tầm đặt là:  $0,2 - 0,8 \text{ A}$ , chọn nấc chỉnh là  $0,8 \text{ A}$ .

Từ đường cong dòng khởi động sơ cấp:  $I_{kds} = 500(0,112 + 0,8) = 456 \text{ A}$

So sánh dòng tải định mức, trị số dòng khởi động sơ cấp này thích hợp.

Tính toán điện trở ổn định nối tiếp.

Tổng trở mạch role tổng cộng:  $100 / 0,8 = 125 \Omega$

Công suất role tiêu thụ 1 VA, do đó tổng trở role là:  $1 / 0,8^2 = 1,56 \Omega$

Tổng rất nhỏ so với tổng trở tổng là  $125 \Omega$ . Trị số  $125 \Omega$  được coi như là giá trị của điện trở ổn định.

- Role kiểm tra đứt mạch thứ cấp BI.

Role sẽ tác động khi dòng không cân bằng sơ cấp tới  $25 \text{ A}$  ( $0,05 \text{ A}$  thứ cấp) hay  $10\%$  dòng định mức nhánh nhỏ nhất.

Số nhánh trong vùng dự trữ tối đa là 8.

Chọn điểm làm việc dự trữ của BI nhỏ nhất:

$$I'_{CT} = 0,1I_{CT} = 0,0082 \text{ A}$$

Lúc đó:  $V_e = 0,5 \cdot 27,2 = 13,6 \text{ V}$

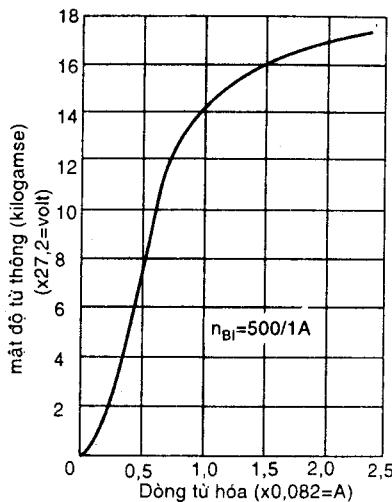
Điện trở của BI trong miền "đáy cong" là  $13,6 / 0,0082 = 1660 \Omega$

Tổng trở của  $8 \times$  BI là:  $1660 / 8 = 207 \Omega$

Song song tổng trở nhánh các BI và role so lệch ta được:  $207 \cdot 125 / 332 = 78 \Omega$ .

Điện thế tìm được:  $78 \cdot 0,05 = 3,9 \text{ V}$ .

Để dự trữ chọn trị đặt điện thế role là 2 V lúc đó dòng khởi động sơ cấp của role là:  $2 / 3,9 \cdot 25 = 12,8 \text{ A}$ .



Hình B.99.2

- Sơ đồ bảo vệ thanh góp tương tự như (H.4.27, 4.28) phần 2 của quyển "Bảo vệ Rơle và TĐH trong HTĐ".

**100.** Hệ thống 2 thanh cái có tổng cộng 20 nhánh. Công suất ngắn mạch định mức 500 MVA, hệ thống nối đất qua điện trở có dòng định mức 1000 A. Chọn bảo vệ so lèch tổng trở cao thanh cái chống chạm đất.

Đặc tính BI:

$n_{BI} = 400/1$ , Sđđ điểm bảo hòa: 250 V; điện trở thứ cấp BI =  $0,8 \Omega$ . Đặc tuyến BI cho ở hình dưới, điện trở dây dẫn thứ cấp BI là  $0,3 \Omega$ .

**Giải.** Dòng sự cố:

$$I_N = 500 \cdot 10^6 / \sqrt{3} \cdot 33.000 = 8760 \text{ A}$$

Dòng sự cố thứ cấp:

$$I'_N = 8760 / 400 = 21,9 \text{ A}$$

Giới hạn:

$$V_{ghR} = 21,9 (0,8 + 0,3) = 24,1 \text{ V}$$

Chọn nấc chỉnh là 25V. Tại 25 V mật độ từ thông là  $25/17 = 1,47$  kilogause, và dòng từ hóa:  $I_{eT} = 0,2 \cdot 0,05 = 0,01 \text{ A}$ .

Vùng bảo vệ dự trữ thanh cái gồm tất cả các nhánh có 60 BI song song trong sơ đồ chống chạm đất. Vì thế:  $I_{kds} = 400[0,02 + (60 \cdot 0,01)] = 248 \text{ A}$

Theo yêu cầu dòng chỉnh định không được vượt quá 30% trị số dòng chạm đất nhỏ nhất là 300 A. Trị số tính  $I_{kds}$  được xem là thỏa mãn.

Giả thiết rơle CAG - 14 có tầm đặt là  $0,025 - 1 \text{ A}$ .

Sử dụng nấc thấp nhất, điện thế giáng tại trị đặt đối với tải 1 VA là  $1 / 0,025 = 40 \text{ V}$ .

Tại 40 V mật độ từ thông của BI là:  $40/17 = 2,36$  kilogause

Lúc đó dòng từ hóa:  $0,28 \cdot 0,05 = 0,014 \text{ A}$ . Vì thế:

$$I_{kds} = 400[0,025 + (60 \cdot 0,014)] = 346 \text{ A} > 300 \text{ A}$$

Chọn nấc cao hơn là 0,0375, điện thế giáng tại trị đặt đối với tải 1 VA là  $1/0,0375 = 26,7 \text{ V}$ . Tương ứng với dòng từ hóa  $0,0105 \text{ A}$  nên:

$$I_{kds} = 400[0,0375 + (60 \cdot 0,0105)] = 267 \text{ A} < 300 \text{ A.}$$

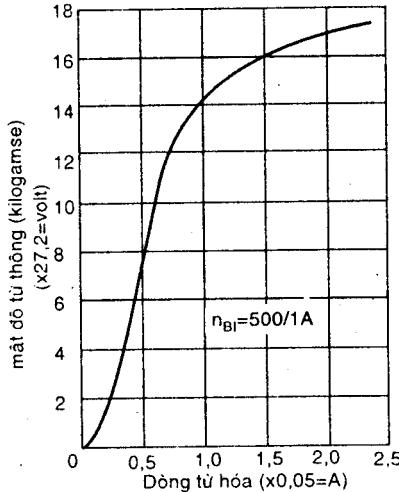
Thỏa mãn nên nấc này được chọn.

• Rơle chống đứt mạch thứ cấp:

Tổng trở đầu tiên của BI là:  $8,5 / 0,005 = 1700 \Omega$

Tổng trở song song của 60 BI là:  $1700 / 60 = 28,3 \Omega$

Tổng trở rơle là:  $26,7 / 0,0375 = 712 \Omega$ .



**Hình B.100**

Tổng trở song song của BI và role so lệch:  $28,3 \cdot 712 / 740 = 27,2 \Omega$ . Độ nhạy mới là 25 A sơ cấp hay  $25/400 = 0,0625$  thứ cấp. Điện thế giáng tại  $0,0625$  A là  $0,0625 \cdot 27,2 = 1,7$  V. Chọn trị đặt 2 V tương ứng với dòng khởi động sơ cấp là  $2 / 1,7 = 29,4$  A. Điều này phù hợp với điều kiện tất cả các nhánh nối vào thanh cái dự trữ.

Trong điều kiện bình thường ít nhánh hơn nối với 1 nguồn sẽ cho dòng khởi động thấp hơn đối với role chống đứt mạch thứ cấp, do đó mạch làm việc hợp lý.

101. Giả thiết có 2 phương án bảo vệ thanh cái đơn (H.B.101.1).

• Dòng role dòng điện so lệch có dòng khởi động 1 chiều  $I_{kd}$ .

• Dòng role so lệch có tác động hâm là tổng các dòng chính lưu các nhánh. Phương trình làm việc của role là:  $I_{kd} = I_{kdo} + k_T \Sigma I$

với:  $I_{kdo}$ ,  $k_T$  - là các thông số chỉnh định

$I$  - tổng số học dòng tất cả các nhánh.

Trong cả 2 phương án trên phải thỏa mãn điều kiện:

1. Không tác động khi NM bên ngoài với dòng không cân bằng lúc này lên đến 25% dòng làm việc cực đại.

2. Không tác động khi đứt mạch thứ ấp máy biến dòng. Cho dòng ngắn mạch lớn nhất và nhỏ nhất tại thanh cái:  $I_{N_{max}} = 5000$  A;  $I_{N_{min}} = 1800$  A. Xác định trị số đặt, hệ số độ nhạy của 2 phương án bảo vệ.

**Giải.** - Dòng khởi động  $I_{kd}$  thỏa mãn các điều kiện:

a) Không tác động khi ngắn mạch ngoài:  $I_{kd} \geq 1,2 \cdot 2,5000 = 1500$  A

b) Không tác động khi đứt mạch thứ cấp (nhánh có dòng lớn nhất là 250 A):  $I_{kd} \geq 1,2 \cdot 2,250 = 300$  A

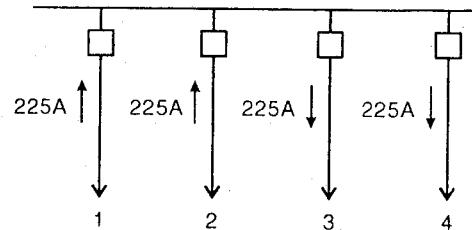
Dòng khởi động:  $I_{kd}$  chọn theo điều kiện a:  $I_{kd} = 1500$  A

- Dòng khởi động:  $I_{kd} = I_{kdo} + k \Sigma I$  phải thỏa mãn:

a) Khi ngắn mạch ngoài trên đường dây 4, tổng dòng hình học các nhánh có nguồn là  $\Sigma I = 1000$  A nên:  $I_{kdo} + 11.000k_T \geq 1500$  A (1)

c) Khi đứt mạch thứ cấp nhánh có dòng làm việc lớn nhất  $I_{lv} = 250$  A lúc đó  $\Sigma I = 250$  A nên:  $I_{kd} + 250k_T \geq 300$  A (2)

Trị số  $I_{kd}$  và  $k_T$  phải được chọn để có độ nhạy cao nhất nghĩa là:  $I_{kd} = I_{kdo} + k \Sigma I$  nhỏ nhất khi có ngắn mạch trên thanh cái trong chế độ cực tiểu. Tổng dòng hình học trong trường hợp này là 1800 A: ( $I_{kd} = I_{kdo} + 1800k_T$ )



Hình B.101.1

Theo điều kiện (1) (2):  $I_{kdo} \geq 1500 - 1000k_T$  và  $I_{kdo} \geq 300 - 250k_T$ , khi NM trên thanh cái:  $I_{kd} \geq 1500 - 8200k_T$  (3)

$$I_{kd} \geq 300 + 1550k_T \quad (4)$$

Trong (H.B.101.2) vẽ các đường biểu diễn phương trình (3) và (4) trong hệ trục  $k_T$  và  $I_{kd}$ . Tại giao điểm 2 đường thẳng:

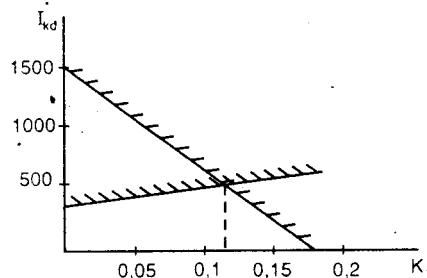
$$I_{kd} = 1500 + 8200k_T = 300 + 1550k_T$$

Tìm được:  $k_T = 0,123$  và tính:

$$I_{kdo} = 270 \text{ A}$$

Hệ số độ nhạy:  $k_{nh} = 1800/1500 = 1,2$

$$k_{nh} = 1800/(270 + 0,123 \cdot 1800) = 3,66$$



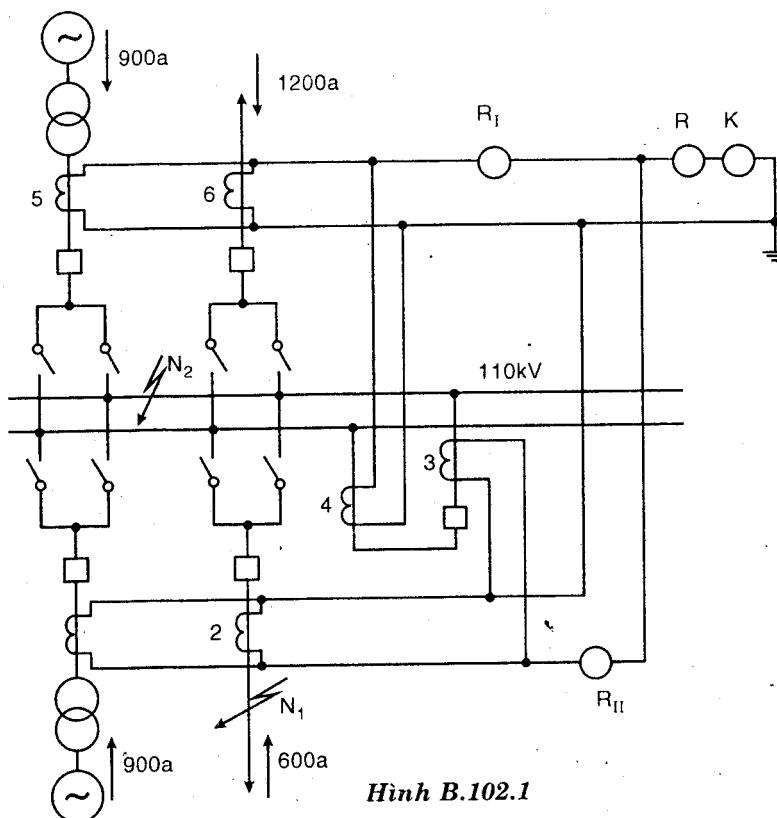
Hình B.101.2

Dòng NM nhỏ nhất trong vùng bảo vệ làm rơle tác động

$$I_{Nmon} = I_{kd} = 1500 \text{ A}; I_{Nmon} = I_{kdo} / (1 - k_T) = 270 / (1 - 0,123) = 308 \text{ A}$$

Chứng tỏ dòng phuơng án 2 độ nhạy lớn hơn phuơng án 1 nhiều.

102. Cho sơ đồ bảo vệ thanh cái. Tất cả các máy biến dòng có tỉ số biến đổi 300/5. Dòng phân bố ngắn mạch sơ cấp tại các điểm  $N_1$  và  $N_2$  cho trên (H.B.102.1).

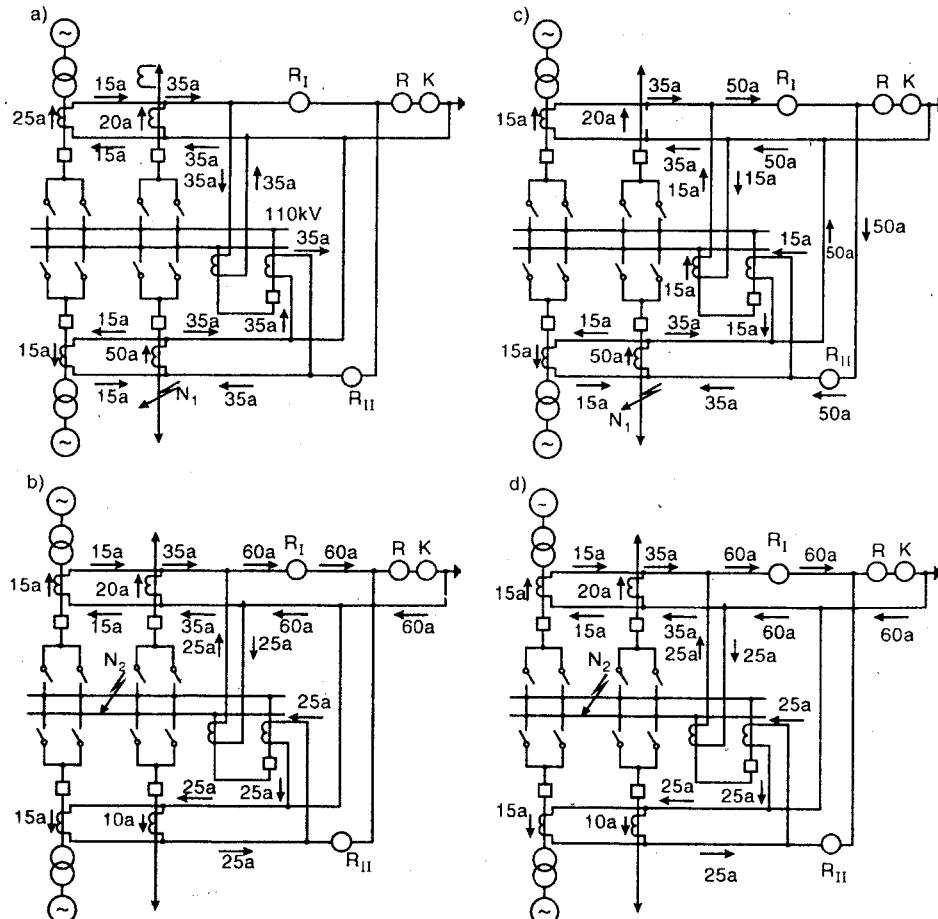


Hình B.102.1

Xác định dòng ngắn mạch phân bố trong mạch thứ cấp BI khi thay đổi điểm ngắn mạch cũng như có hoặc không có thay đổi cách nối đường dây với thanh cái (như bảng sau):

Phương án	Vị trí điểm ngắn mạch	Cố định hay thay đổi nhánh nối với thanh cái
a	$N_1$	Cố định
b	$N_2$	Cố định
c	$N_1$	Thay đổi
d	$N_2$	Thay đổi

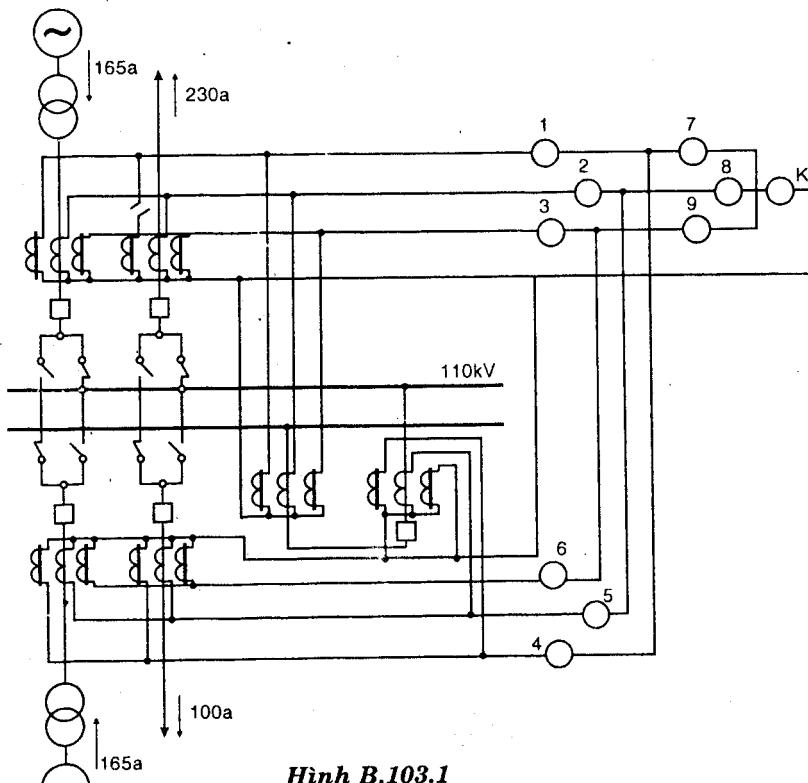
**Giải.** Dòng phân bố thứ cấp theo các phương án khác nhau cho ở (HB.102.2)



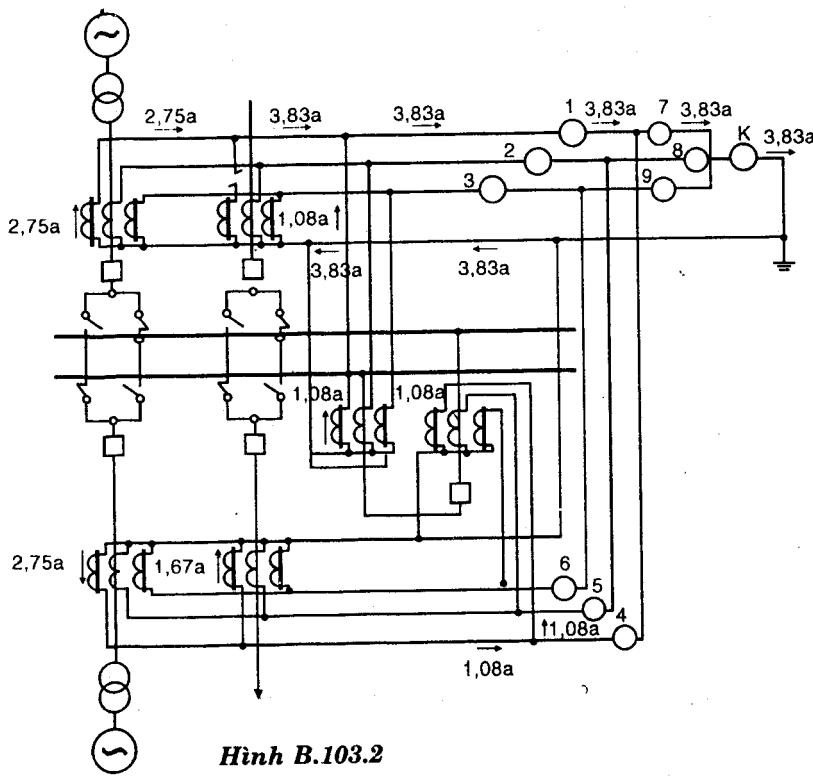
**Hình B.102.2**

**103.** Cho sơ đồ bảo vệ so lèch thanh cái như (HB.103.1). Tất cả máy biến dòng cố tì số biến đổi là 300/5. Trị số dòng điện làm việc từng nhánh cho trên (HB.103.1). Hãy phân bố dòng trong mạch thứ cấp BI khi đứt dây dẫn thứ cấp BI pha A của đường dây.

**Giải.** Dòng phân bố mạch thứ cấp khi đứt dây dẫn pha A nhánh đường dây cho ở (HB.103.2).

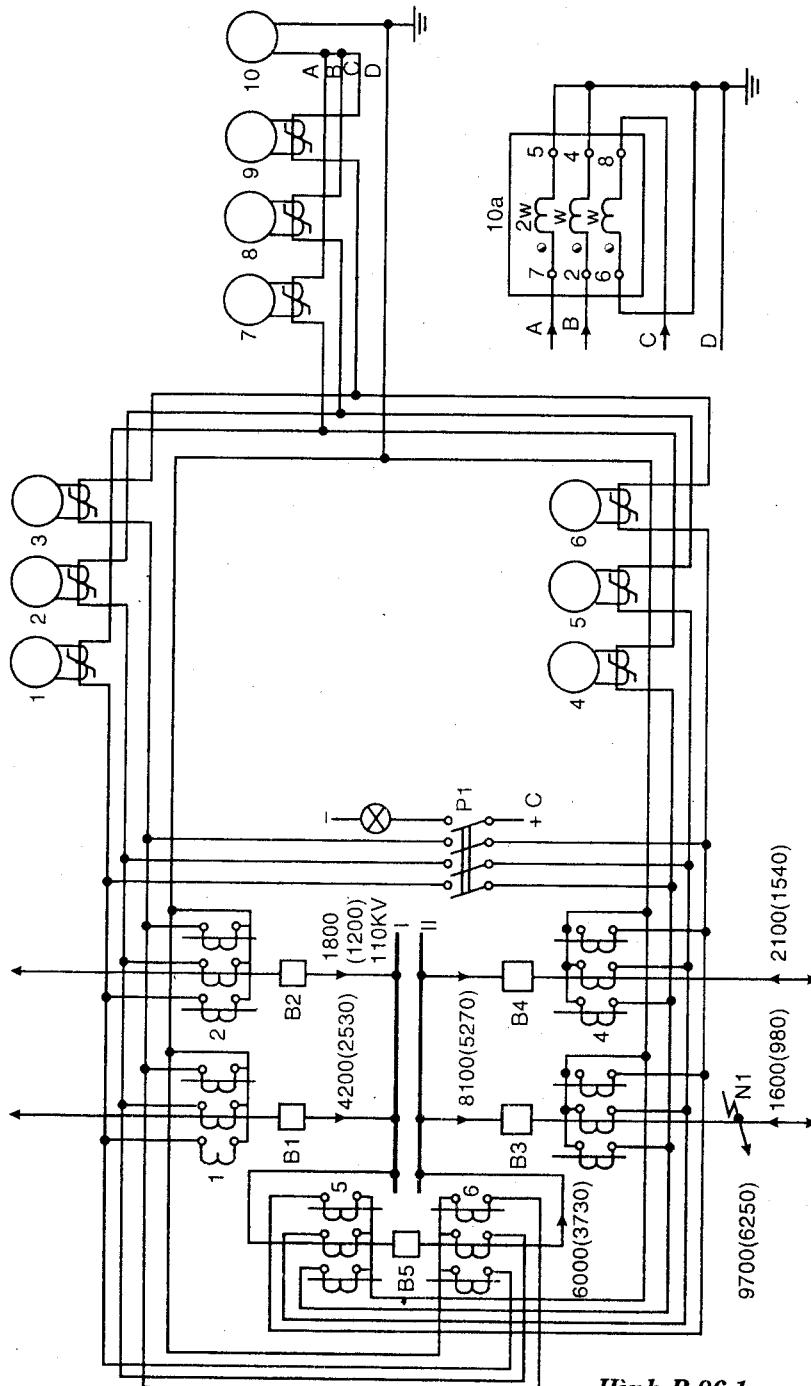


Hình B.103.1



Hình B.103.2

104. 1. Cho sơ đồ bảo vệ hệ thống thanh góp như (H.B.104.1), tính các giá trị đặt của role (1, 2, 3); (4, 5, 6); (7, 8, 9); (10). Cho biết số liệu:



Hình B.96.1

- a. Nhánh có dòng phụ tải lớn nhất là 500 A.  
 b. Phân bố dòng khi ngắn mạch 3 pha và 1 pha tại  $N_1$  trong chế độ cực

đại (trong ngoặc là dòng 1 pha). Ở chế độ cực tiểu dòng ngắn mạch 3 pha và 1 pha trên 1 thanh cái 110 kV là:

$$I_{N\min}^{(3)} = 6000A \text{ và } I_{N\min}^{(1)} = 3900 A; n_{BI} = 800/5$$

2. Đánh giá độ tin cậy khi sử dụng số lượng BI ở nhánh máy cắt phân đoạn khác nhau (B.104.2).

3. Đánh giá vai trò của tiếp điểm P1 và P2 của sơ đồ (H.B.104.3).

**Giải.** 1. Theo sơ đồ bảo vệ thanh cái (H.B.104.1):

Role 1, 2, 3 – role so lech thanh cái I.

Role 4, 5, 6 – role so lech thanh cái II.

Role 7, 8, 9 – role so lech khai động của thanh cái I, II.

Role 10 – role kiểm tra đứt mạch thứ cấp BI.

Dòng khai động của role so lech được tính từ 2 điều kiện:

Từ nhánh có dòng phụ tải lớn nhất:  $I_{kd} = k_{at} I_{pt\max} = 1,2.500 = 600 A$  (1)

Từ dòng không cân bằng khi ngắn mạch bên ngoài. Giả thiết chọn role so lech không có cuộn hâm:  $I_{kd} = k_{at} k_{kck} k_I I_{N\text{ngoài max}}$

Dòng khai động role 1, 2, 3, 4, 5, 6 chọn theo dòng qua máy cắt 5, còn dòng khai động 7, 8, 9 được chọn theo dòng qua máy cắt 3.

$$I_{kd1...6} = 1,5.1.0,1.6000 = 900 A \quad (2)$$

$$I_{kd7,8,9} = 1,5.1.0,1.8100 = 1215 A \quad (3)$$

Từ (1), (2) và (3) nhận thấy giá trị dòng điện khai động tính toán khá lớn sẽ không đảm bảo đủ độ nhạy, nên chọn role so lech thanh cái có cuộn hâm hoặc tổng trở cao. Role kiểm tra đứt mạch thứ cấp 10 được chọn theo dòng không cân bằng ở chế độ bình thường:

$$I_{kcb} = I_{pt\max} / n_{BI} = 500/160 = 3,12 A$$

2. H.B.104.2 cho sơ đồ thay thế các trường hợp sử dụng BI nhánh máy cắt phân đoạn khác nhau và dòng phân bố khi có chạm đất 1 pha tại thanh cái I. Trong đó với  $R_{dd}$  điện trở dây dẫn mạch thứ cấp BI,  $R_{p1}$ ,  $R_{p2}$  điện trở thứ tự thuận và nghịch từ tủ điều khiển tới tủ role;  $Z_{RL}$ ,  $Z'_{RL}$  tổng trở của các role. Phụ tải máy biến dòng được xác định:  $Z_{BI} = U_{BI} / I_{BI}$

Phụ tải của BI 3 và 4 trên thanh cái II không có sự cố chạm đất 1 pha (H.B.104.2a,b) là:

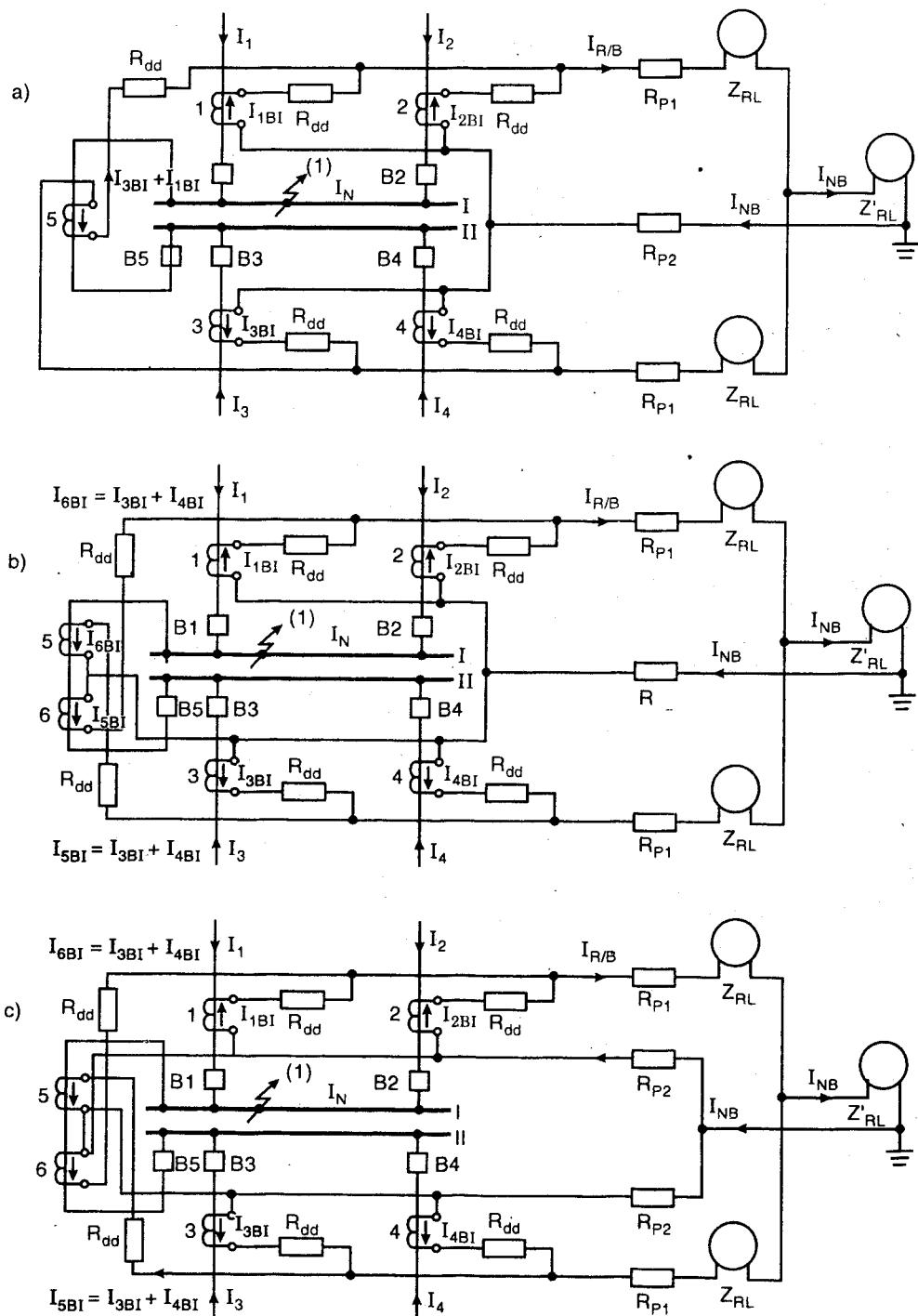
$$Z_{BI3} = U_{BI3} / I_{BI3} = [I_{NB} (Z_{RL} + R_{p2}) + I_{BI3} R_{dd}] / I_{BI3} \quad (4)$$

$$Z_{BI4} = U_{BI4} / I_{BI4} = [I_{NB} (Z_{RL} + R_{p2}) + I_{BI4} R_{dd}] / I_{BI4} \quad (5)$$

với:  $I_{NB} = I_N / n_{BI}$  – dòng ngắn mạch thứ cấp.

Từ sơ đồ (H.B.104.2c).

$$Z_{BI3} = (I_{BI3} R_{dd} + I_{NB} Z_{RL}) / I_{BI3} = R_{dd} + Z_{RL} I_{NB} / I_{BI3} \quad (6)$$



Hình B.104.2

Do:  $I_{NB} > I_{BI3}; I_{NB} > I_{BI4}$  còn  $Z_{RL} << R_{p2}$  (7)

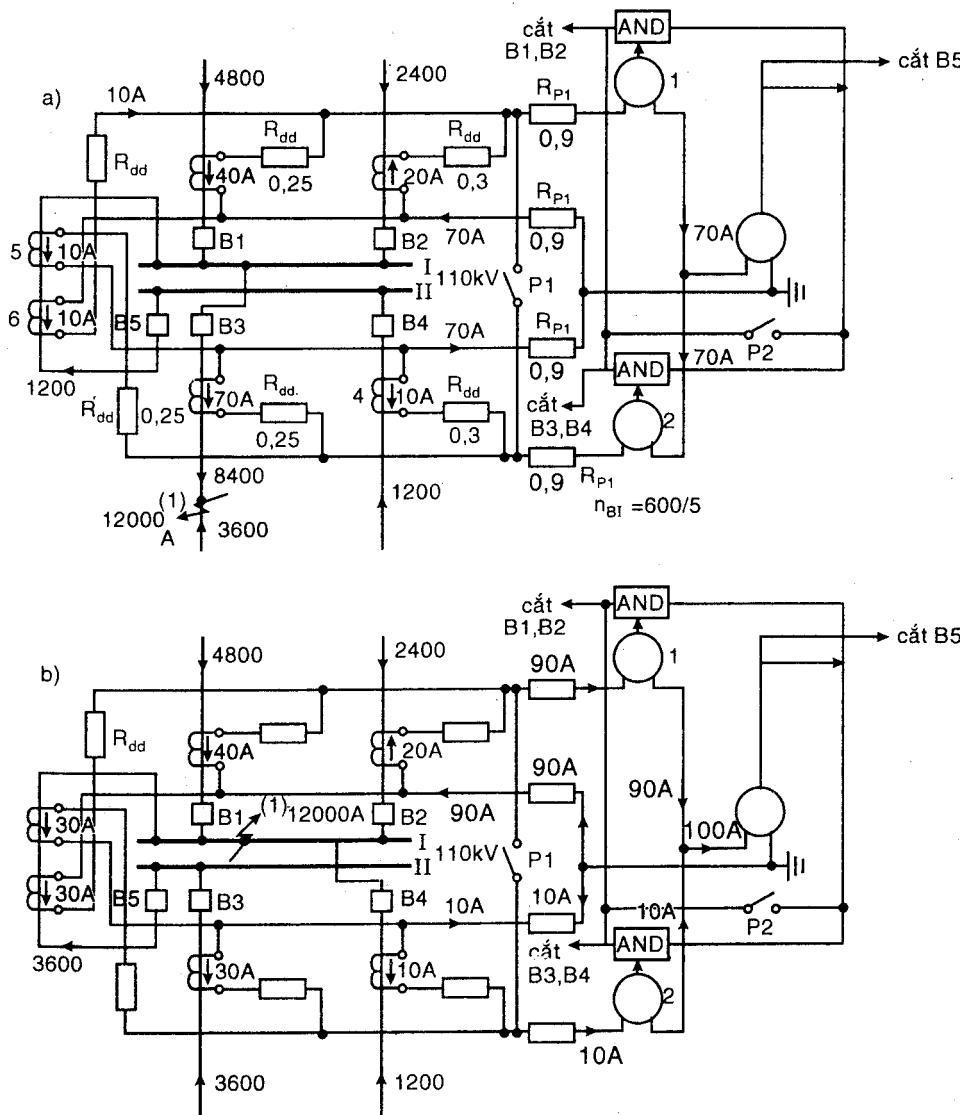
Nên  $Z_{BI3}$  và  $Z_{BI4}$  theo (4) và (5) của sơ đồ 2a, 2b lớn hơn (6) và (7) của sơ đồ (H.B.104.2c).

Phụ tải của BI trên nhánh máy cắt phân đoạn theo sơ đồ (H.B.104.2a).

$$Z_{BI5} = R_{dd} + \left[ I_{NB} (R_{p2} + Z_{RL}) \right] / I_{BI5} \quad (8)$$

Theo sơ đồ (H.B.104.2b):  $Z_{BI5} = \left[ I_{NB} (R_{p2} + Z_{RL}) - I_{BI5} R_{dd} \right] / I_{BI5}$  (9)

Theo sơ đồ (H.B.104.2c):  $Z_{BI5} = R_{dd} + Z_{RL} I_{NB} / I_{BI5}$



Hình B.104.3

So sánh thấy rằng, do  $R_{dd} < R_{p2}$  nên phụ tải biến dòng BI5 nhánh máy cắt phân đoạn của sơ đồ 2a và 2b lớn hơn 2c.

Trị số phụ tải lớn đáng kể của BI nhánh MC phân đoạn, BI-3, BI-4 của thanh cái không sự cố của sơ đồ (H.B.104.2a, 2b) có thể gây sai sót lớn và làm role 4, 5, 6 khởi động nhầm tác động khi khấn mạch ở thanh cái I. Do đó sơ đồ dòng BI tốt nhất là theo (H.B.104.2c).

3. Trên (H.B.104.3) cho dòng phân bố khi chạm đất 1 pha bên ngoài thanh cái. Trong trường hợp này điện áp 2 đầu cực BI3.

$$U_{BI3} = I_{BI3} (R_{dd} + R_{p2} + Z_{RL} + R_{p2}) = 70(0,25 + 0,9 + 0,1 + 0,9) = 150,5 \text{ V}$$

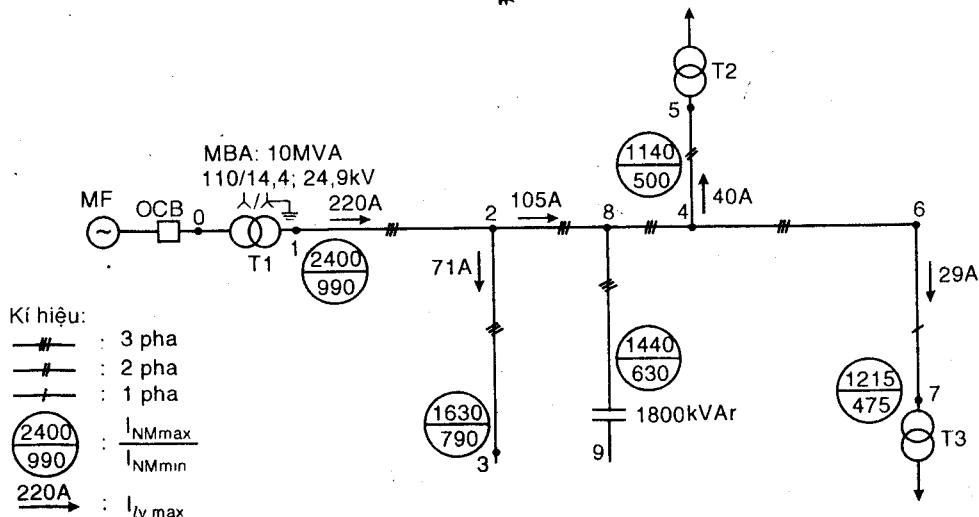
Các BI khác có điện áp nhỏ hơn từ 136–143V.

Các điện áp này làm tăng dòng điện từ hóa và dòng không cân bằng vào role và có thể đưa đến role khởi động 7, 8, 9 tác động nhầm khi có ngắn mạch ngoài và khi thay đổi nhánh nối vào thanh cái.

Để ngăn ngừa có thể làm việc nhầm của bảo vệ so lệch thanh cái khi thay đổi nhánh phụ tải của BI bằng cách đấu chung cả 2 mạch so lệch bằng tiếp điểm  $P_1$ . Khi ngắn mạch bên trong thanh cái lúc có thay đổi nhánh phụ tải có thể role chọn lựa thanh cái 1, 2, 3 và 4, 5, 6 tác động nhầm. Từ (H.B.104.3b) thấy rằng lúc thay đổi nhánh 4 nối vào thanh cái I khi có chạm đất 1 pha ở thanh cái I thì dòng vào role thanh cái I là 90 A còn role chọn thanh cái II là 10 A.

Do khi thay đổi nhánh nối vào thanh cái và khi ngắn mạch trên thanh cái nào bảo vệ có thể không xác định được thanh cái sự cố (do dòng vào role không đủ lớn hình 3b) nên để tăng cao độ nhạy bảo vệ có thể dòng tiếp điểm  $P_2$  nối tắt tiếp điểm role thanh cái I và II.

**105.** Cho sơ đồ mạng điện như (H.B.105.1). Tính toán chọn lựa thiết bị bảo vệ, tự động đóng trở lại và dao cách ly phân đoạn tự động.

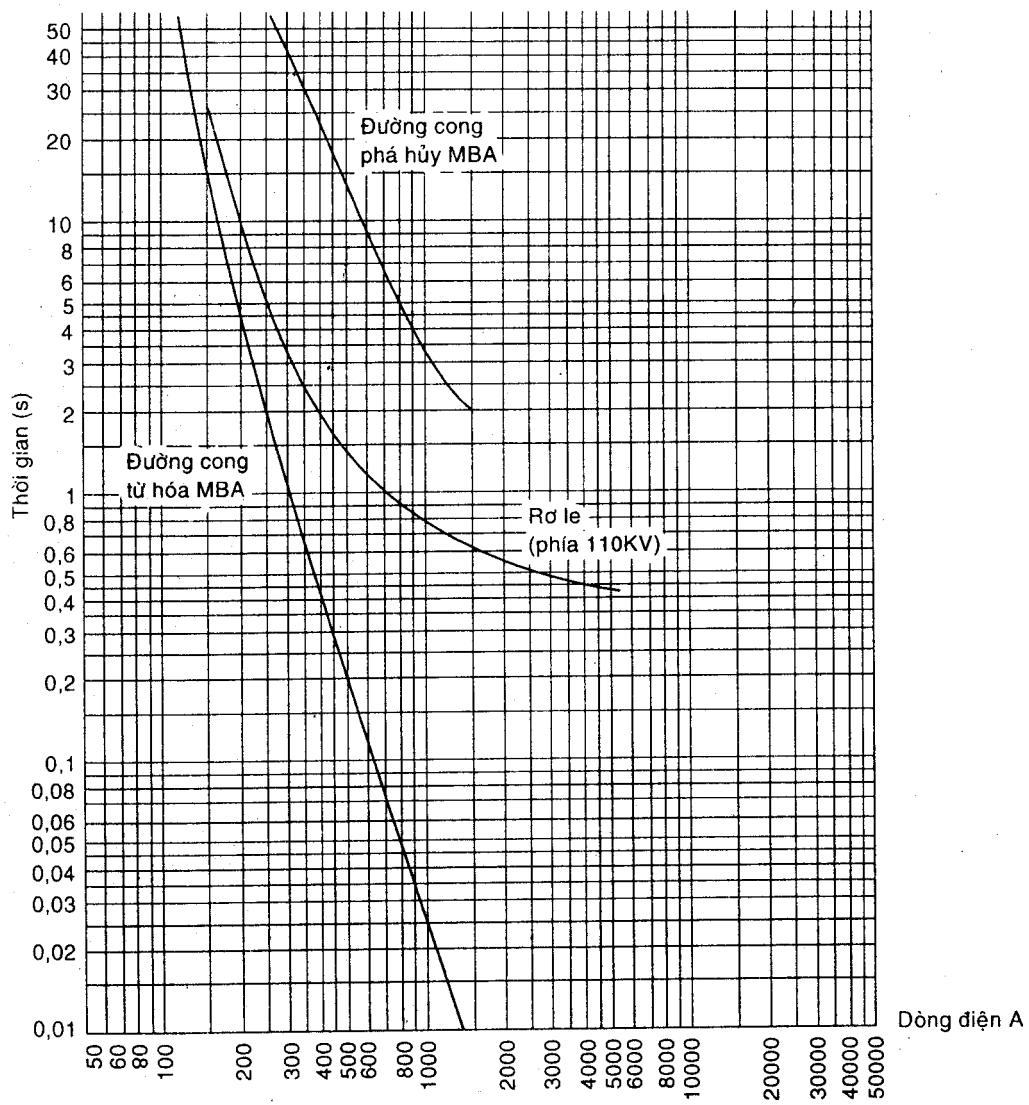


**Hình B.105.1**

- Cho biết rơle đặt tại vị trí 0 là CO – 8 (bài tập 31) có các trị đặt TAP\_3; TL = 3; BI = 200/5 A.

- Cầu chì đặt tại vị trí nút 5 và 7 là 20 T.

- Hệ số nhân để xác định đường cong từ hóa và phá hủy MBA cho ở bảng 1 và 2 (H.B.105.2) biểu diễn sự phối hợp đường cong thời gian – dòng điện (TC) rơle và các đường cong MBA, được vẽ phía cao thế. Đường cong thời gian–dòng điện rơle nằm giữa đường cong từ hóa MBA và đường cong phá hủy MBA. Đường cong dòng từ hóa và phá hủy MBA được vẽ bằng cách nhân dòng đầy tải của máy biến áp với hệ số nhân riêng.



Hình B.105.2

Bảng 1 và 2 liệt kê các hệ số nhân với dòng dây tải để xây dựng đường cong phá hủy và từ hóa nhảy vọt MBA.

Bảng 1

Thời gian (s)	Hệ số phá hủy
60	4,75
30	6,7
10	11,3
5	14,3
4	16,6
3	20
2	25

Bảng 2

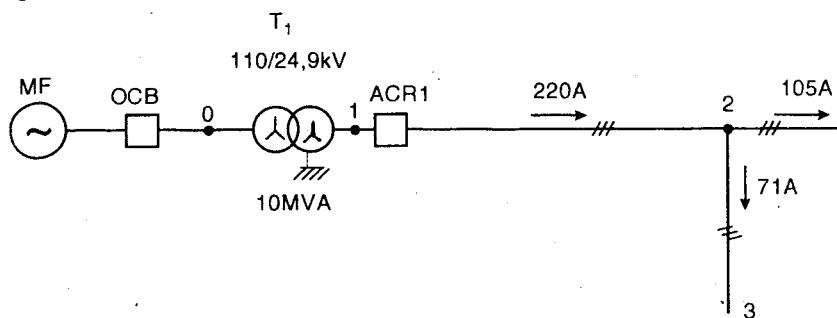
Thời gian (s)	Hệ số dòng từ hóa
100 – 300	2
10	3
1	6
0,1	12
0,01	25
Thời gian (s)	Hệ số dòng từ hóa
100 – 300	2

Dòng dây tải phía hạ máy biến áp:

$$\text{Dòng tải max} = S_{\text{MBA}} / \sqrt{3}U_{\text{dm}} = 10.000 / \sqrt{3}.24,9 = 231,87 \text{A}$$

Nhận thấy đường cong phá hủy máy biến áp thay đổi nhiều, phụ thuộc dung lượng máy biến áp.

**Giải:** • Bảo vệ mạch chính: (H.B.105.3): Đoạn đường dây giữa nút 1 và nút 2, đường dây xuống từ trạm, sẽ được thiết kế làm đường dây chính.



Hình B.105.3

Phối hợp ACR1 (nút 1) và role điều khiển máy cắt OCB (nút 0)

Để bảo vệ mạch chính chúng ta sẽ ứng dụng một thiết bị ACR điều khiển bằng điện tử có ngắt sự cố chạm đất và bộ phận phối hợp thứ tự. Dòng ngắt sự cố chạm đất có thể được chỉnh nhỏ hơn một nửa của dòng ngắt pha nhỏ nhất.

Chọn ACR1 cho mạch chính là 3 pha, thứ tự tác động là hai - nhanh/hai - trì hoãn là thứ tự diễn hình để bảo vệ chống lại sự cố thoảng qua. Trên (H.B.105.3), dòng tải tại vị trí ACR là 220 A. Với ACR điện tử, dòng cắt nhỏ nhất chọn bằng  $2,5 \cdot \text{dòng tải max}$ ;  $2,5 \cdot 220 = 550$  A. Chọn loại WVE với dòng ngắt nhỏ nhất 560 A sẽ thỏa mãn cả dòng và điện áp định mức (24,9 kV) đòi hỏi. Chọn đường cong B là đường cong trì hoãn và đường cong nhanh A.

H.B.105.4: so sánh đường cong rơle CO8 (quy về phía hạ của trạm biến áp) và đường cong B của ACR1 với dòng ngắt 560 A. Để phối hợp chính xác ACR1 nên hoạt động hai lần với đường cong trì hoãn và sẽ khóa không cho tự đóng lại khi có một sự cố lâu dài trước khi rơle máy cắt tại vị trí 0 cắt đi OCB. Điều này được đảm bảo thời gian của đường cong tích lũy B (sau hai lần tác động) nhỏ hơn thời gian tác động rơle CO – 8 đặt tại vị trí 0 (đường cong B tích lũy của ACR1 tại vị trí 1 nằm dưới đường cong rơle CO – 8 tại vị trí 0).

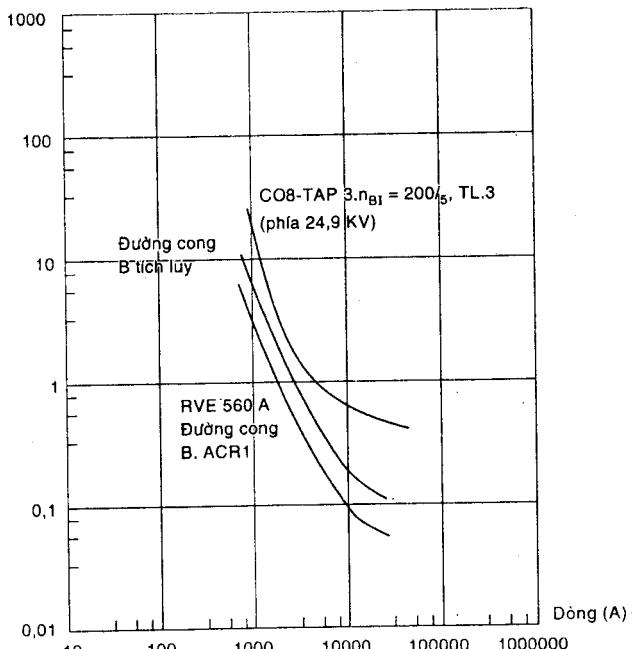
Chọn dòng cắt nhỏ nhất chống chạm đất của ACR1 là 280 A (một nửa dòng ngắt pha) có khả năng bảo vệ tất cả các điểm ngắn mạch chạm đất nhỏ nhất cuối các nhánh đường dây.

• Bảo vệ các phát tuyế: (H.B.105.5). Từ nút 2 vẽ ra 2 nhánh 2-3 và 2-8.

Từ dòng ngắn mạch max/min tại nút 3 là 1630/790 A, ACR1 trong mạch chính tại nút 1, với dòng ngắt min 560 A, có khả năng bảo vệ nhánh đường dây giữa nút 2 và 3. Sử dụng dao cách ly phân đoạn tự động SEC 3 pha tại đoạn đầu của đường dây 2-3 vì nhánh này có tải 3 pha lớn. Dòng ngắn mạch nhỏ nhất tại điểm cuối của các nhánh tại nút 5 và nút 7 tương ứng là 500 A và 475 A. Vì ACR1 đặt trong mạch chính tại nút 1, với dòng ngắt nhỏ nhất của nó là 560 A sẽ không đáp ứng được mức độ sự cố dưới 560 A trong các nhánh 4-5 và 6-7, nên thiết bị ACR2 được đặt thêm tại đầu của đường dây cung cấp cho các nhánh này tại nút 2. Dòng ngắt nhỏ nhất phải được chọn nhỏ hơn 475 A, để có thể phát hiện tất cả dòng sự cố nhánh rẽ 6-7 và cắt được ngắn mạch.

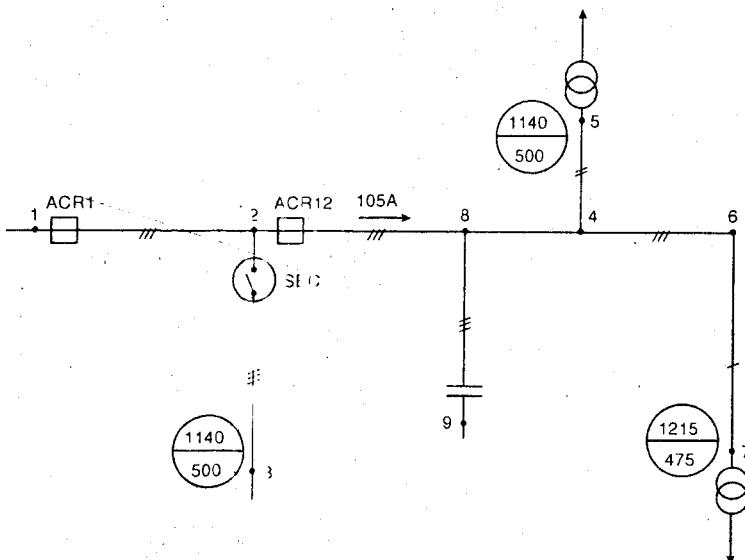
– Phối hợp ACR1 – SEC: (H.B.105.5)

Một SEC ba pha được chọn làm thiết bị cách ly tại đầu phát tuyế giữa nút 2 và 3, ( $U_{dm} = 24,9 \text{ kV}$ ;  $I_{dm} = 71 \text{ A}$ ). Dòng khởi động của SEC sẽ được chọn khoảng 80% dòng ngắt nhỏ nhất của thiết bị ACR1 trên đường dây, trường hợp này là  $0,8 \cdot 560 \text{ A} = 448 \text{ A}$ . ( $I_{kd}$  của SEC nhỏ hơn 20%  $I_{kd,min}$  của ACR1 để đảm bảo an toàn sai số 10% của SEC; và 10% của ACR1). SEC



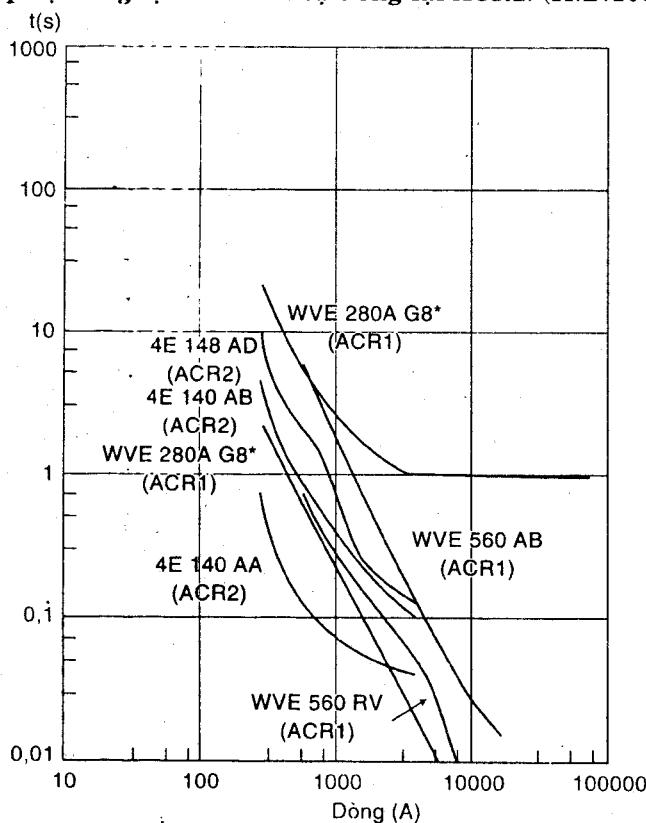
Hình B.105.4

cũng được trang bị để nhận biết sự cố chạm đất để phối hợp bảo vệ chạm đất trên đường dây với ACR1. Chọn dòng ngắt mạch chạm đất SEC khoảng 80% của ACR1:  $0,8 \cdot 280 \text{ A} = 224 \text{ A}$ .



**Hình B.105.5**

- Phối hợp tự đóng lại ACR1 và tự đóng lại ACR2: (H.B.105.6)



**Hình B.105.6**

Với dữ liệu tải ba pha của ACR2 không lớn, 105 A. Chọn ACR2 thủy lực đơn pha loại 4E. Nhân dòng tải max 105 A với 1,25 ta được 131 A; vì thế, chọn cuộn dây ACR2 định mức 140 A. so sánh đường cong nhanh và trì hoãn của 4E (ACR2) và WVE (ACR1); đường cong A là đường cong tác động nhanh của 4E (ACR2). Sự so sánh của đường cong đáp ứng WVE (dòng ngắt min 560 A) với đường cong A-4E (cuộn dây 140 A) cho biết rằng cả 2 ACR sẽ ngắt đồng thời bằng đường cong nhanh. Tuy nhiên, thiết bị phụ phối hợp thứ tự trên mạch điện tử WVE điều khiển ngăn ngừa sự hoạt động không cần thiết đường cong nhanh của WVE đối với các sự cố trên đường dây phía sau của ACR2 (4E). Vì thế, khi sự cố trên đường dây sau ACR2 (4E) chỉ có đường cong nhanh của 4E hoạt động.

H.B.105.6: còn so sánh đường cong B ACR1 WVE (dòng ngắt nhỏ nhất 560 A) với đường cong B của ACR2 4E (cuộn dây 140 A) và đường cong D (cuộn dây 140 A). Cả hai đường cong trì hoãn này sẽ phối hợp thành công với đường cong B của ACR1 WVE. Chọn đường cong D – 4E trong trường hợp này, bởi vì nó cho phép dòng lớn để phối hợp với cầu chì trên đường dây xuống sẽ được xem xét trong “Bảo vệ nhánh”.

#### Bảo vệ sự cố chạm đất:

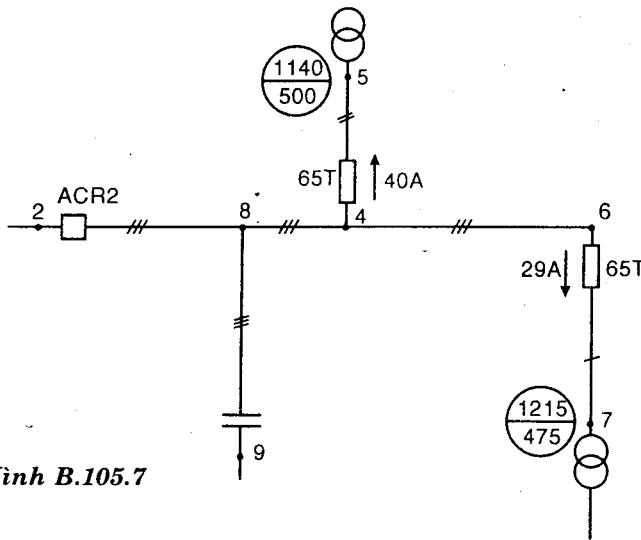
Dòng khởi động chống chạm đất của ACR1-WVE được chọn là 280 A. Nhiệm vụ của nó là ngắt sự cố chạm đất giữa ACR1 và nút 3, và bảo vệ dự trữ cho sự cố chạm đất trên các nhánh phía sau của ACR2-4E. Vì thế, đường cong nhanh chạm đất ACR1-WVE đáp ứng sau đường cong nhanh ACR2-4E. Mặt khác, thiết bị phối hợp thứ tự sẽ ngăn ngừa sự hoạt động cùng một lúc của các đường cong nhanh của ACR cho sự cố chạm đất trên đường dây phía sau của ACR2. Và đường cong trì hoãn chạm đất WVE đáp ứng sau đường cong trì hoãn 4E.

H.B.105.6: biểu diễn đặc tính thời gian – dòng điện để phối hợp chính xác. Đặc tính ACR1-WVE G8 (dòng ngắt 280 A) sẽ cho phép đặc tính nhanh A-4E của ACR2 (cuộn dây 140 A) đáp ứng trước ACR1 với sự cố chạm đất trên đường dây sau vị trí của ACR2-4E. Tương tự, đặc tính G3 WVE của ACR1 (dòng ngắt nhỏ nhất 280 A) sẽ cho phép ACR2 hoạt động trước theo đặc tính B-4E (cuộn dây 140 A). Nếu biên độ của sự cố chạm đất vượt quá 560 A, đặc tính ngắt chạm đất hoặc pha sẽ tác động, phụ thuộc vào đặc tính nào ngắt nhanh hơn ở trị số dòng ngắn mạch đó.

Nếu muốn bảo vệ chạm đất có độ nhạy cao hơn, ACR2-4E một pha có thể được thay thế bằng ba pha, điều khiển bằng thủy lực WV. Tự đóng lại WV có thể được trang bị để nhận biết sự cố chạm đất và chọn trị đặt thấp hơn theo tình trạng mất cân bằng được cho phép dưới điều kiện thông thường. Nó phải phối hợp với sự cố chạm đất trên đường dây có WVE. Việc sử dụng thiết bị tự đóng lại ba pha để thay ba pha thiết bị ACR một pha sẽ làm giảm cung cấp liên tục đến tải một pha. Vì thế, tất cả các sự thay đổi phải được xem xét để chọn lựa bảo vệ tốt nhất phù hợp với yêu cầu của riêng hê

thống phân phối.

**Bảo vệ nhánh:** (H.B.105.7)



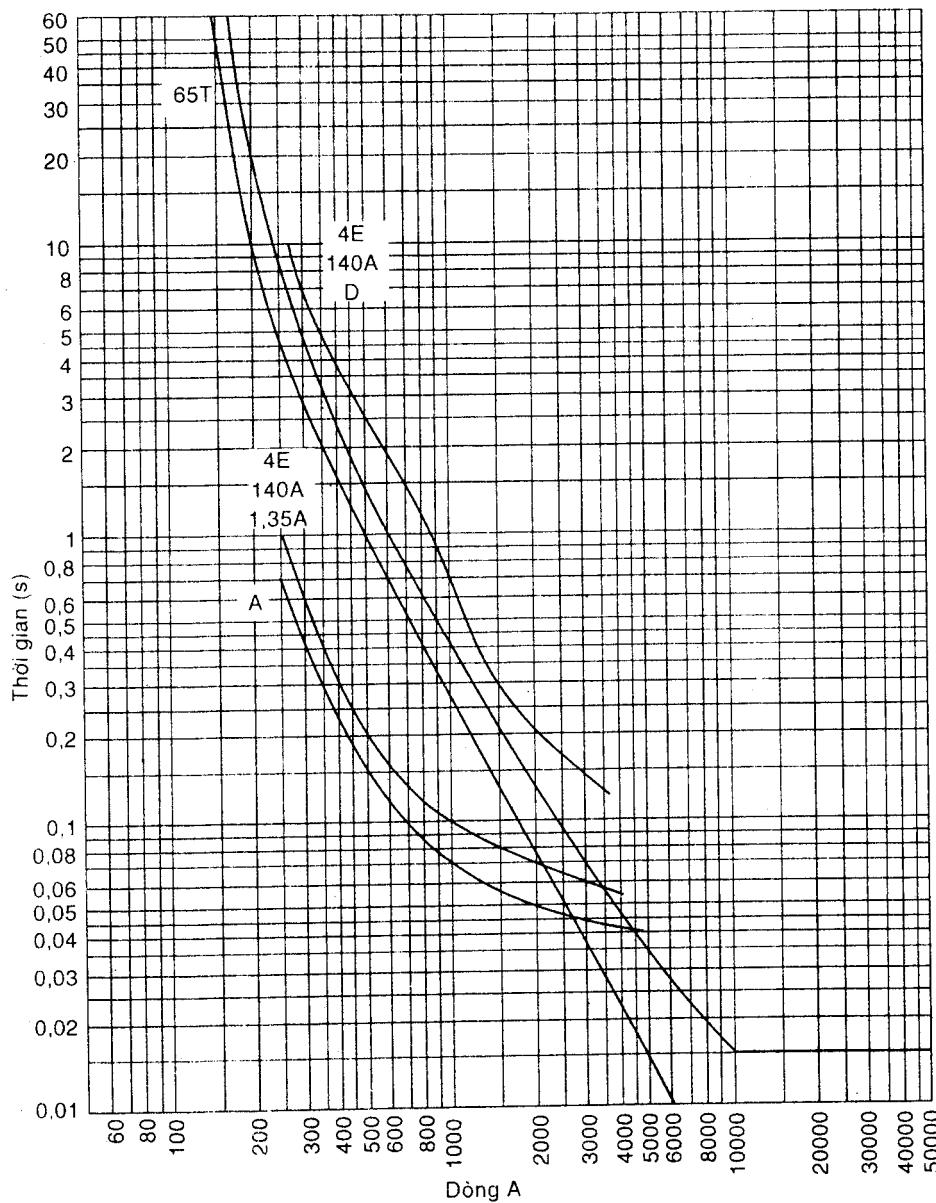
**Hình B.105.7**

Bây giờ ta tính toán hai nhánh từ nút 4 đến nút 5 và nút 6 đến nút 7 trên sơ đồ. Nhánh đầu là đường dây hai pha 40 A, và thứ hai là đường dây một pha 29 A. Mỗi đường dây phải được trang bị cầu chì.

Bảo vệ sự cố thoáng qua được đáp ứng bởi ACR2-4E tại nút 2. Hai yêu cầu khác của phối hợp - khóa khi sự cố lâu dài và cách ly phần sự cố ít nhất. Sử dụng cầu chì trên các nhánh này là kinh tế nhất, tất nhiên nó phải phối hợp được với ACR2-4E. Thiết bị phối hợp thứ tự được lắp đặt trên ACR1-WVE tại đầu của mạch chính, tất cả các cầu chì phối hợp với tự đóng lại 4E (ACR2) và sẽ phối hợp với WVE (ACR1).

**Phối hợp ACR2 - cầu chì:** Khi phối hợp ACR với cầu chì sau đường dây, vấn đề là chọn cầu chì có các đặc tính TC giữa đặc tính nhanh và trì hoãn của ACR2. Với mục đích là: đặc tính nhanh của ACR2 được sử dụng để bảo vệ sự cố thoáng qua, và cầu chì sẽ cắt cho sự cố lâu dài. Các đặc tính cầu chì điển hình được chọn chẳng hạn như thể loại K hoặc T.

H.B.105.8: Giả thiết bước đầu tiên cầu chì đã được chọn. Các kết quả so sánh 65 T đối với đặc tính A (nhanh) và D (trì hoãn) của ACR2-4E (cuộn dây 140 A). Đặc tính 65 T là cầu chì có định mức lớn nhất. Chú ý rằng đặc tính A được nhân với hệ số 1,35 tương ứng hoạt động với hai đặc tính nhanh và hai trì hoãn, và khoảng thời gian 1,5s (bảng 1 và 2). Hệ số dời K của đường cong tự đóng lại là tính đến ảnh hưởng của phát nhiệt và nguội của cầu chì cũng như nhiệt độ chung quanh. Sự xem xét điểm giao nhau của đặc tính A của ACR2 và đặc tính 65T có cùng phối hợp lớn nhất 2100. Từ dòng ngắn mạch lớn nhất tại cuối nhánh cầu chì là 1140 A tại nút 5 và 1215 tại nút 7, sử dụng cầu chì 65T tại nút 4 và 6 sẽ phối hợp dễ dàng với tự đóng lại:



Hình B.105.8

**Bảng 1:** Khoảng thời gian tự đóng lại được điều khiển bằng thủy lực.

Thể loại	Khoảng thời gian đóng lại (s)
H	1,0
4H, 6H	1,5
V4H, V6H	1,1
L, V4L, D, DV, E, 4E	2,0
W, PW, VW	
PWV, VWV, VWV38, WV	2,0

**Bảng 2: Hệ số "K" cầu chì phía nguồn và phía tải.**

**Cầu chì phía nguồn:** Để phối hợp cầu chì phía nguồn, hệ số K, được vẽ ở vị trí trung bình được sử dụng để nhân với giá trị thời gian của đường cong trì hoãn (B, C, D, ...). Sự giao nhau của đường cong này với đường cong nhỏ nhất làm chảy cầu chì xác định dòng phối hợp lớn nhất. Chú ý rằng mỗi đặc tính cầu chì hoặc ACR phải vẽ trong cùng một điện áp. Nhân cho:

Thời gian tự đóng lại (chu kỳ)	Thời gian tự đóng lại nhanh, hai trì hoãn	Thứ tự một nhanh, ba trì hoãn	Thứ tự bốn trì hoãn
20	2,7	3,2	3,7
25	2,6	3,1	3,5
40	2,1	2,5	2,7
75	1,85	2,1	2,2
100	1,7	1,8	1,9
200	1,4	1,4	1,45
500	1,35	1,35	1,35

**Cầu chì phía tải:**

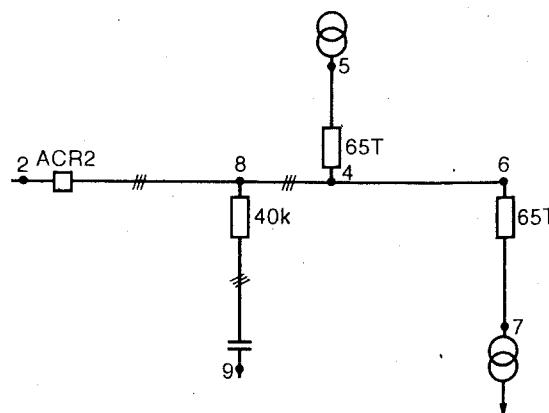
Để phối hợp cầu chì phía tải, hệ số K được sử dụng để nhân với giá trị thời gian của đường cong nhanh ACR. Điểm giao nhau của đặc tính chuẩn này với đặc tính thời gian nhỏ nhất làm chảy dây chì xác định dòng phối hợp lớn nhất. Hệ số đó được dựa trên đặc tính nhanh ACR được vẽ tại thời gian lớn nhất.

Thời gian tự đóng lại (chu kỳ)	Nhân cho:	
	Hoạt động một nhanh	Hoạt động hai lần nhanh
20 – 25	1,25	1,8
50	1,25	1,35
75	1,25	1,35
100	1,25	1,35

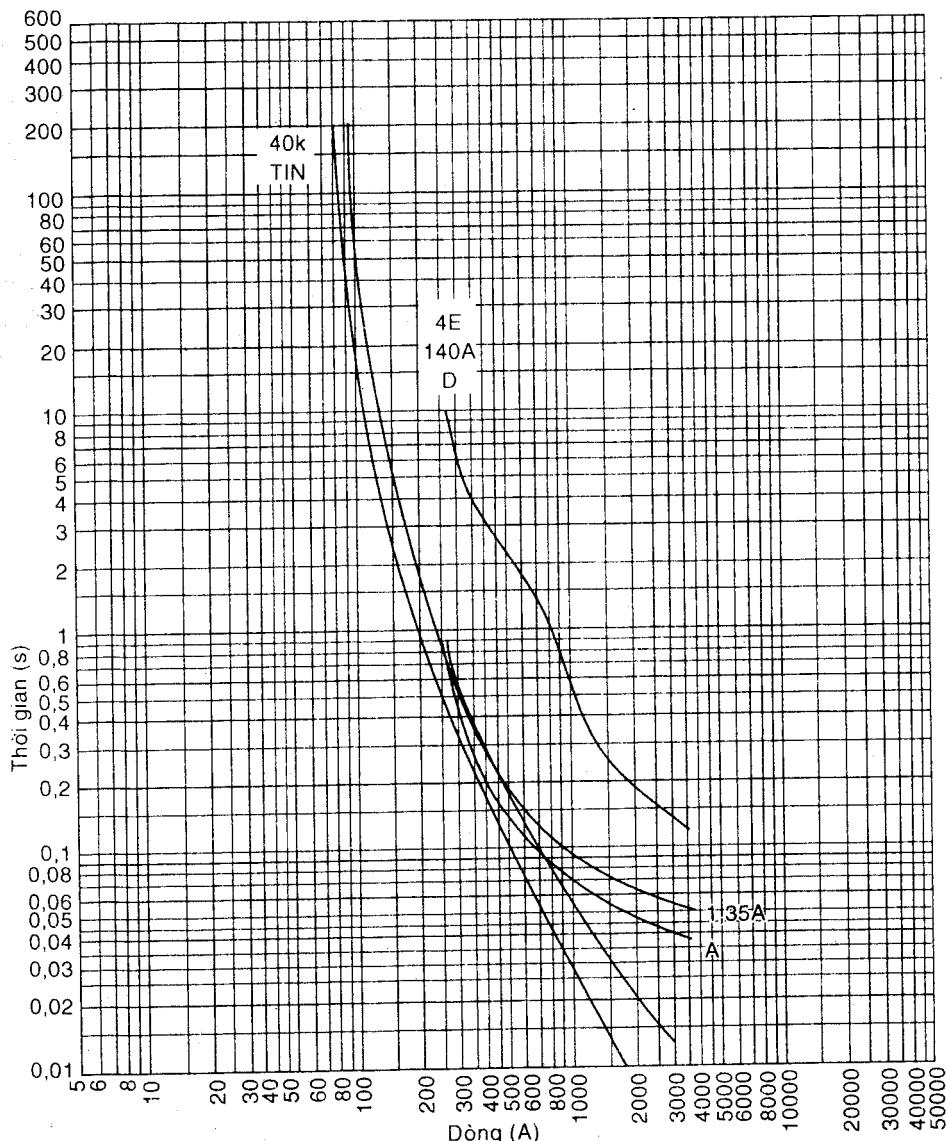
**Cầu chì bảo vệ tụ điện:** (H.B.105.9)

Tụ điện trên nhánh nút 8, dung lượng 1800 kVAr với điện áp 24,9 kV. Cầu chì thường được bố trí trước tụ điện, và trong trường hợp này cầu chì được dùng là 40K. Cầu chì tụ điện hoạt động và cắt trước khi ACR2 hoạt động.

(H.B.105.10) so sánh đặc tính thời gian dòng điện của cầu chì 40K với ACR2-4E (cuộn dây 140A), ACR2 sẽ làm việc bảo vệ dự trù.

**Hình B.105.9**

Khi tụ bị sự cố dòng sự cố lớn nhất gấp ba lần dòng định mức nếu tụ điện được nối đất. Trong trường hợp này:  $I_{dm} = 600/14,4 = 41,67A$ . Vì thế,  $I_{sự cố} = 3I_{định mức} = 3 \cdot 42,67 = 125 A$ . Tự đóng lại có dòng ngắn nhỏ nhất là 280A, nó sẽ không đáp ứng sự cố tụ; vì thế cầu chì 40A sẽ cắt nó.



**Hình B.105.10**

Từ (H.B.105.10) thấy rằng đường cong cắt lớn nhất của cầu chì và đặc tính tự đóng lại giao nhau tại 290 và 800 A (dòng sự cố trong khoảng này không phải là sự cố tụ). Dòng sự cố trong khoảng này làm cho cầu chì và ACR-2 cùng hoạt động đồng thời. Nếu sự cố tồn tại nó có thể sẽ dẫn đến sự

cố nhiều pha có biên độ là 1400 A. Dòng sự cố ở mức độ này sẽ được cắt bởi cầu chì trước khi ACR-2 có thể làm việc.

### Tóm tắt:

Hệ thống được bảo vệ (H.B.105.11), sử dụng một số lượng nhỏ nhất thiết bị và có thể bảo vệ sự cố thoáng qua cũng như bảo vệ sự cố chạm đất. Tóm lại gồm các thiết bị bảo vệ sau:

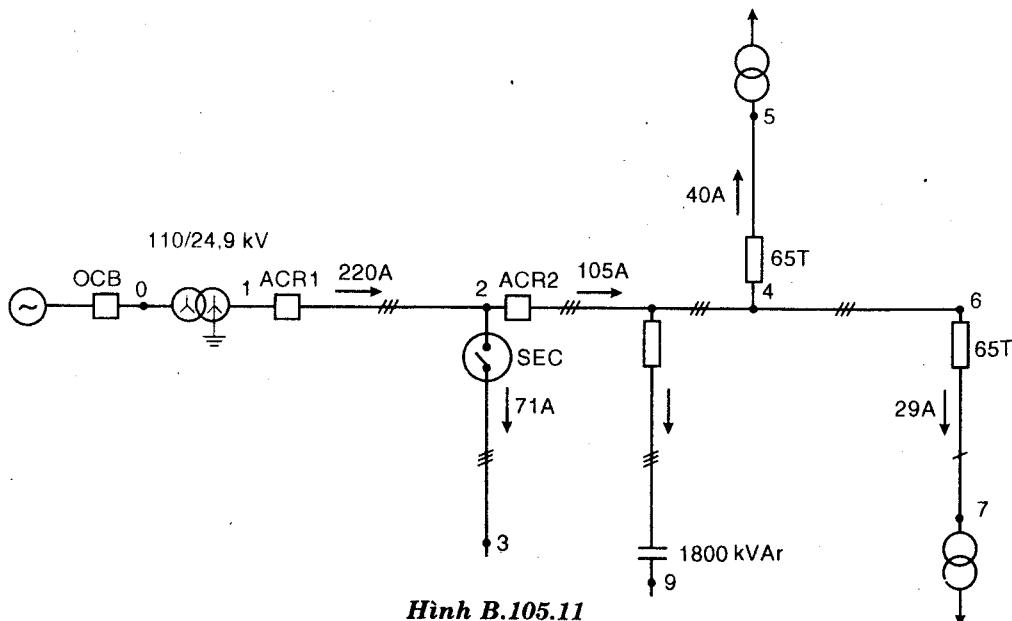
**Tự đóng lại ACR1:** Thể loại WVE điều khiển bằng điện tử, ba pha, dòng ngắt nhỏ nhất 560A, dòng ngắt chạm đất nhỏ nhất 280A. Thiết bị thứ tự phối hợp. Chức năng: bảo vệ mạch chính (nút 1 đến nút 2) và mạng cung cấp (nút 2 đến nút 3) với tải ba pha, thêm bảo vệ sự cố chạm đất cả mạng phân phối. Khóa khi sự cố lâu dài trước khi role máy cắt xác định vị trí ngắt.

**Tự đóng lại ACR2:** Ba đơn vị 1 pha 4E điều khiển bằng thủy lực, đơn pha, cuộn dây 140A, dòng ngắt chạm đất nhỏ nhất 280A. Chức năng bảo vệ mạng phân phối (nút 2 đến nút 6) với ba nhánh, không với tải ba pha, cách ly hoàn toàn mạng cung cấp trong trường hợp sự cố không được cắt bởi thiết bị của nhanh rẽ.

**Đao cách ly phân đoạn tự động SEC:** Thể loại GW điều khiển bằng điện tử, ba pha, dòng khởi động pha 448A. Chức năng: phối hợp với ACR1 để cách ly mạng cung cấp (từ nút 2 đến nút 3) trong trường hợp sự cố lâu dài.

**Cầu chì 65T:** Chức năng: phối hợp với ACR2, để cách ly nhánh (từ nút 4 đến nút 5 hoặc nút 6 đến nút 7) trong nhánh có sự cố lâu dài.

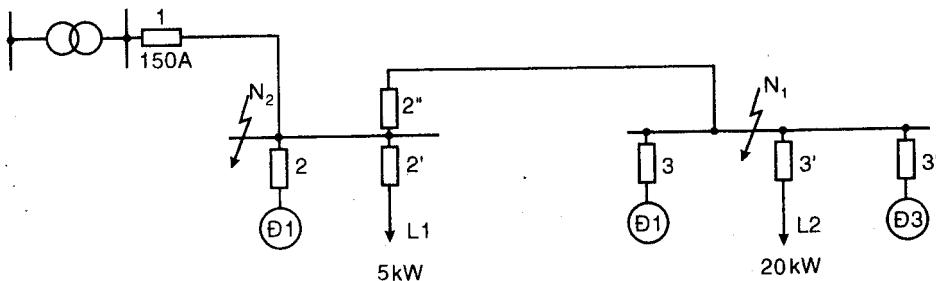
**Cầu chì 40K:** Chức năng: để cách ly sự cố trước khi có bất cứ sự hoạt động nào của ACR-2.



Hình B.105.11

106. Cho sơ đồ hình, bảng số liệu, chọn dây chì ở các vị trí trên (H.B.106.1). Biết  $I_{N1} = 450 A$ ,  $I_{N2} = 600 A$ ,  $K_{at} = 1,2$ , đặc tính dây chì ở (H.B.106.2).

220/380V



Hình B.106.1

Hình B.106.2

Động cơ	Công suất $S_{dm}$ (kW)	$K_{mm}$	$\cos\varphi$	Hiệu suất $\eta\%$	Hệ số quá tải $K_{qt}$
1	20	5	0,88	89	2,5
2	10	5	0,88	87,5	2,5
3	14	5,5	0,88	88,5	2,5

Giải: a. Dòng định mức động cơ 2.

$$I_{dm} = \frac{S_{dm}}{\sqrt{3} \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{10}{\sqrt{3} \cdot 0,380 \cdot 88 \cdot 0,75} = 19,7 A$$

Dòng định mức cầu chì được chọn từ 2 điều kiện:

$$I_{cc} = K_{at} \cdot I_{dm} = 1,2 \cdot 19,7 = 23,6 A$$

$$I_{cc} = I_{kd} / K_{qt} = 5 \cdot 19,7 / 2,5 = 39,6 A$$

Chọn dây chì 3 bảo vệ cho động cơ 2 có định mức là  $I_{cc3} = 40 A$

b. Dòng làm việc cực đại nhánh L2.

$$I_{lv\max} = S_{L2} / \sqrt{3} \cdot U = 20 / (\sqrt{3} \cdot 0,38) = 30,5 A$$

Dòng định mức dây chì:  $I_{cc3} = K_{at} \cdot I_{lv\max} = 1,2 \cdot 30,5 = 35,6 A$

Chọn dây chì 3' bảo vệ nhánh L2 có dòng định mức:  $I_{cc3'} = 40 A$

c. Dòng định mức động cơ 3.

$$I_{dm} = 14 / \sqrt{3} \cdot 0,380 \cdot 0,88 \cdot 0,885 = 27,3 A$$

Dòng định mức dây chì:  $I_{cc3} = \max \{1,2 \cdot 27,3 = 33,5, 5 \cdot 27,3 / 2,5 = 60 A\}$

Chọn  $I_{cc3} = 60 A$

d. Dòng làm việc cực đại nhánh dây chì 2'.

$$I_{lv\max} = 19,7 + 30,5 + 27,3 = 77,5 A$$

Dòng quá tải ngắn hạn:  $I_{qt} = \sum_{i=1}^{n-1} I_{lv\max} + I_{kd} \cdot D_{max}$ ; với  $\sum_{i=1}^{n-1} I_{lv\max}$ : tổng dòng điện làm việc lớn nhất của các nhánh được cầu chì bảo vệ không kể nhánh có dòng khởi động của động cơ lớn nhất. Trong trường hợp này:

làm việc lớn nhất của các nhánh được cầu chì bảo vệ không kể nhánh có dòng khởi động của động cơ lớn nhất. Trong trường hợp này:

$$I_{qt} = 19,7 + 30,5 + (5,5 \cdot 27,3 = 150A) = 220,2A$$

Dòng định mức dây chì 2":  $I_{cc2''} = \max \{1,2 \cdot 57,5 = 93; 200,2 / 2,5 = 80A\}$

Chọn  $I_{cc2''} = 100A$

e. *Dòng làm việc cực đại nhánh L1:*

$$I_{lv\max} = 5 / \sqrt{3} \cdot 0,38 = 7,65A; I_{cc} = 1,2 \cdot 7,65 = 9,15A$$

Chọn dây chì:  $I_{cc2''} = 10A$

f. *Dòng định mức động cơ 1:*

$$I_{dm} = 20 / \sqrt{3} \cdot 0,380 \cdot 0,88 \cdot 0,89 = 39A;$$

$$I_{cc} = \max \left\{ 1,2 \cdot 39 = 46,8A; \frac{5 \cdot 39}{2,5} = 78A \right\}$$

Chọn  $I_{cc2''} = 80A$

g. *Dòng làm việc cực đại nhánh dây chì 1:*

$$I_{lv\max} = 77,5 + 7,65 + 39 = 124,15A$$

Dòng quá tải ngắn hạn:  $I_{qt} = 77,5 + 7,65 + 195 = 280,15A$

$$I_{cc} = \max \{1,2 \cdot 124,15 = 149A; 280,15 / 2,5 = 113A\}.$$

Chọn  $I_{cc1} = 150A$

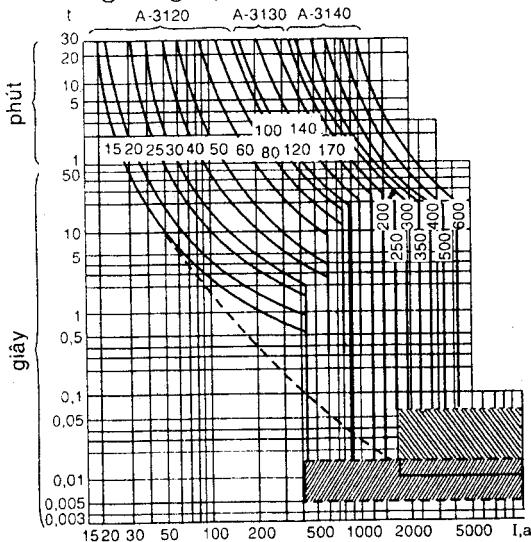
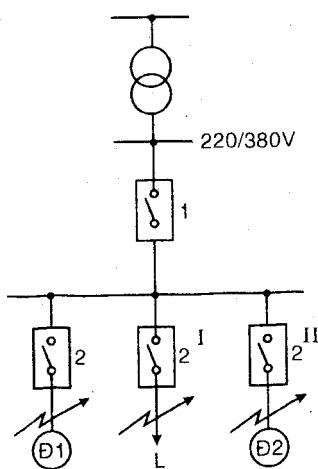
Kiểm tra:

- Thời gian đứt dây chì 2" khi ngắn mạch lớn nhất tại  $N_1$  không được nhỏ hơn 3 lần thời gian đứt dây cho 3, 3' hoặc 3 có dòng định mức dây chì lớn nhất.
- Khi ngắn mạch tại  $N_1$  dòng  $I_{N1} = 450A$ , theo hình cầu chì 3" sẽ đứt sau 0,12s, còn cầu chì 2" có dòng định mức dây chì  $I_{cc2''} = 100A$  sẽ đứt sau 1,2s vậy đảm bảo chọn lọc.
- Yêu cầu về độ nhạy:  $K_n = I_N / I_{cc} > 3$
- Thời gian cầu chì 1 đứt khi ngắn mạch tại  $N_2$  phải không nhỏ hơn 3 lần thời gian đứt dây chì của 2, 2' hoặc 2" có dòng định mức dây chì lớn nhất. Khi ngắn mạch tại  $N_2$ ;  $I_{N2} = 600A$ , cầu chì 2 ( $I_{cc2''} = 100A$ ) đứt sau 0,2s còn cầu chì 1 ( $I_{cc1} = 150A$ ) đứt sau 15s, như thế đảm bảo chọn lọc.

## 106.

Phương án	Động cơ số	Công suất định mức kW	Hệ số mô máy $K_{mm}$	$\cos\varphi$	Hiệu suất $\eta$	Phụ tải L kW	Dòng ngắn mạch tại N, A
1	1	10	5	0,88	87,5	25	700
	2	14	5,5	0,88	88,5		
2	1	14	5,5	0,88	88,5	20	650
	2	20	5	0,88	89		
3	1	20	5	0,88	89	15	830
	2	28	5,5	0,88	90		
4	1	28	5,5	0,88	90	12	1450
	2	10	5	0,88	87,5		

Cho sơ đồ như (H.B.106a), bảng dữ liệu và đặc tuyến aptomat. Chọn các aptomat 1, 2, 2', 2'', cho sai số của các đường cong đặc tính lớn nhất là 15%.



Hình B.106

**Giải.** Phương án 1, các phương án khác tương tự.

*Chọn aptomat 2:*

Dòng định mức động cơ 1:

$$I_{dm} = \frac{S_{dm}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi \cdot \eta} = \frac{10}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,88 \cdot 0,875} = 19,7 \text{ A}$$

Chọn aptomat có dòng định mức  $I_{CB_1} = 20 \text{ A}$  (Kiểu A - 3120)

Kiểm tra aptomat không tác động nhầm khi động cơ khởi động. Từ đặc tuyến hình, dòng cắt nhanh của đường cong  $I_{CB_1} = 20 \text{ A}$  khi tính đến sai số 15% là  $I_{CN} = 0,8 \cdot 430 = 366 \text{ A}$ . Dòng khởi động động cơ không quá  $5 \cdot 19,7 =$

98,5A, aptomat có thể cắt nếu dòng này kéo dài hơn 4 giây, trong trường hợp cụ thể này aptomat không cắt khi động cơ khởi động.

b. Chọn aptomat 2'.

Dòng làm việc cực đại nhánh tải:  $I_{lv\max} = 25/\sqrt{3} \cdot 0,38 = 38 A$

Chọn aptomat  $I_{CB_2} = 40 A$  (Kiểu A3120)

c. Chọn aptomat 2".

Dòng định mức động cơ 2:  $I = 14/\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,88 \cdot 0,885 = 24,6 A$

Chọn aptomat  $I_{CB_2''} = 30 A$

Kiểm tra động cơ khởi động: Từ đặc tính hình dòng cắt nhanh của đường cong 30 A có tính đến sai số là:  $I_{CN} = 0,85 \cdot 430 = 366 A$

Dòng khởi động động cơ  $5,5 \cdot 24,6 = 135 A$  có thể là aptomat cắt nếu kéo dài quá 10s, nhưng với thời gian này động cơ đã chạy với dòng định mức, nên aptomat không thể cắt nhầm.

*Chọn aptomat 1.*

– Dòng làm việc cực đại:  $I_{lv\max} = 19,7 + 38 + 24,6 A$

– Chọn aptomat  $I_{CB_1} = 100 A$

Kiểm tra CB khi khởi động động cơ 2:  $I_{qt} = 19,7 + 38 + 135 = 192,7 A$

Từ đặc tính hình dòng cắt nhanh của đường cong 100A có tính đến sai số là:  $I_{CN} = 0,85 \cdot 800 = 680 A$

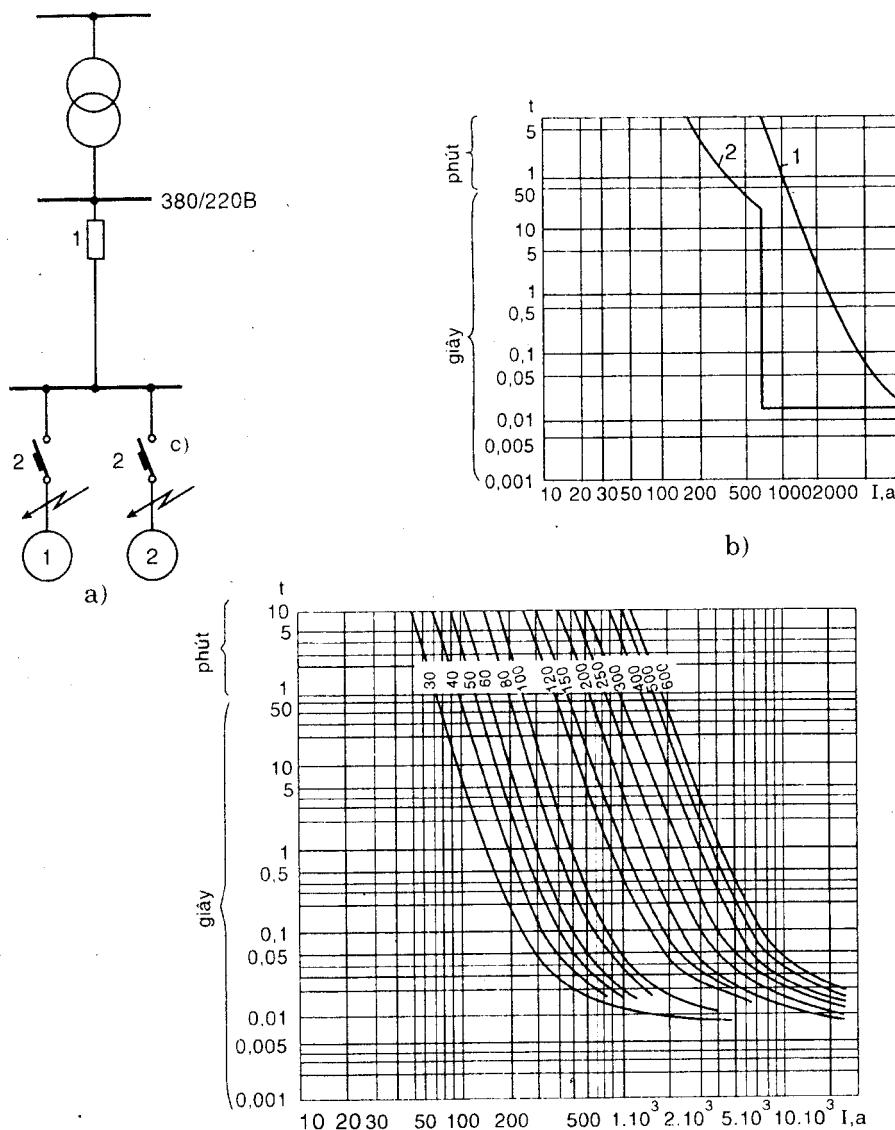
– Aptomat chỉ có thể cắt nếu dòng này kéo dài quá 2 phút. Kiểm tra tính chọn lọc quá tải và ngắn mạch. Từ đặc tính quá tải được chọn lọc tuyệt đối, vì đường cong của aptomat 1 luôn luôn nằm trên 2, 2' và 2". Khi ngắn mạch  $N_1$  tại nhánh tải, aptomat 2' ( $I_{CB_2} = 40 A$ ) cắt và có thể aptomat 1 ( $I_{CB_1} = 100 A$ ) cắt trước. Chẳng hạn tin trong trường hợp sai số nhiều nhất: dòng cắt nhanh của aptomat 1 là:  $0,85 \cdot 800 = 680 A$  (sai số 15% dương). Dòng cắt nhanh của aptomat 2" là:  $1,15 \cdot 600 = 690 A$  (sai số 15% âm). Hai giá trị này xấp xỉ bằng nhau. Nếu dòng ngắn mạch tại  $N$  nhỏ hơn 680 A và có thể chọn các aptomat này. Nếu  $I_N > 700 A$  thì nên chọn  $I_{CB_1} = 120 A$ . Vì lúc đó dòng cắt nhanh của nó là 730A.

107.

Động cơ	Công suất động cơ $S_{dn}$ , kW	Dòng định mức A	Dòng khởi động A	Dòng NM, A
1	40	75	450	2000
2	55	100	600	

Cho sơ đồ (H.B.107a) đặc tuyến dây chì (H.B.107b), đặc tuyến aptomat như bài trước. Chọn aptomat 2, 2', cầu chì 1. Cho sai số dòng đứt cầu chì là  $\pm 50\%$ , aptomat là  $\pm 15\%$ , hệ số quá tải  $K_{qt} = 2,5$ ,  $K_{at} = 1,2$ .

**Giải.** Chọn aptomat 2:  $I_{dm} = 75 A$  chọn  $I_{CB_2} = 80 A$



Hình B.107

Chọn aptomat 2:  $I_{dm} = 100$  A chọn  $I_{CB2} = 100$  A

Từ đặc tuyến hình thấy rằng aptomat không cắt khi động cơ khởi động.

Chọn cầu chì 1: Dòng làm việc cực đại qua cầu chì:

$$I_{lv\max} = 75 + 100 = 175 \text{ A}$$

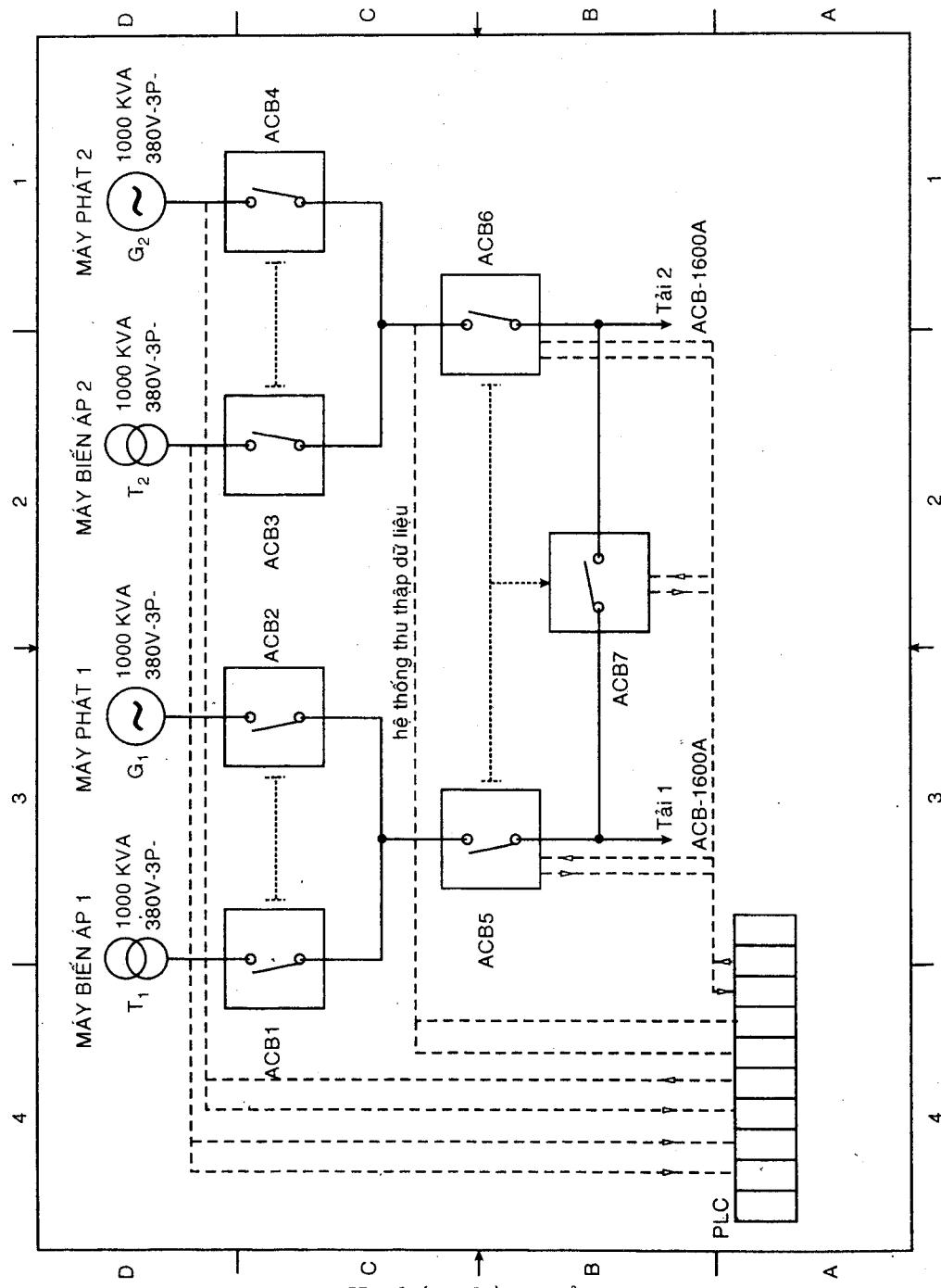
$$\text{Dòng quá tải: } I_{qt} = 75 + 600 = 675 \text{ A}$$

$$I_{cc} = \max \left\{ 1,2 \cdot 175 = 210 \text{ A}; \frac{675}{2,5} = 270 \text{ A} \right\} \text{ Chọn } I_{cc1} = 300 \text{ A}$$

Vẽ các đặc tuyến đã chọn lên (H.B.107c). Nhận thấy phôi hợp chọn lọc lúc quá tải cũng như khi ngắn mạch.

108. Thiết kế sơ đồ ATS cho 2 tải được nhận điện qua 2 ACB 1600A từ 2 nguồn lưới qua 2 máy biến áp 1000 kVA, 380V và 2 máy phát dự phòng 1000 kVA, 380V. Giới thiệu hệ thống điều khiển và bảo vệ.

**Giải.** Tính năng – chế độ vận hành của bộ ATS. (H.B.108)



**Hình B.108. Hệ thống điều khiển và bảo vệ**

Hệ thống ATS vẽ ở hình được thiết kế với tính năng chính như sau:

- Có thể vận hành ở 2 chế độ: chế độ điều khiển bằng tay và chế độ điều khiển tự động.
- Trong mọi chế độ điều khiển hệ thống luôn luôn thực hiện bảo vệ sự cố điện áp quá cao hay quá thấp, mất điện, mất pha, ngược pha, mất đối xứng của phụ tải, tần số dao động. Khi sự cố xảy ra thì hệ thống chuyển đổi sang nguồn điện có thông số tốt hơn một cách tự động hoặc do người vận hành quyết định.

• Đảm bảo quá trình đủ nhanh trong khi chuyển đổi từ nguồn này sang nguồn kia.

• Đảm bảo an toàn tuyệt đối trong khi chuyển đổi nhờ việc dùng khóa liên động về điện trong chương trình điều khiển và các khóa liên động về cơ giữa các ACB1 và ACB2; ACB3 và ACB4; ACB5, ACB6 và ACB7.

- Các chế độ chuyển đổi bao gồm:

+ Chuyển đổi giữa nguồn lưới 1 và nguồn lưới 2.

+ Chuyển đổi giữa nguồn lưới và nguồn máy phát.

+ Chuyển đổi giữa nguồn máy phát 1 và nguồn máy phát 2.

Ở chế độ làm việc tự động việc chuyển đổi nguồn được thực hiện tự động trong các trường hợp chính như sau:

**Trường hợp lưới bình thường:** Lúc này hai phụ tải độc lập sẽ được cung cấp bởi 2 nguồn lưới độc lập:

- ACB1 và ACB5 đóng cung cấp điện cho phụ tải 1.
- ACB3 và ACB6 đóng cung cấp điện cho phụ tải 1.
- ACB2 và ACB7 cắt.
- Máy phát không được khởi động.

**Trường hợp một lưới có sự cố, lưới còn lại bình thường:** Giả sử lúc này lưới 1 có sự cố thì:

- ACB1 cắt để cách ly lưới 1 khỏi tải.
- ACB3 và ACB6 vẫn đóng để lưới 2 cung cấp cho tải 2.

• Đóng ACB7. Hệ thống sẽ xác định công suất tiêu thụ  $S_1$  của tải 1 và công suất  $S_2$  của tải 2. Có 2 khả năng xảy ra:

+ Nếu  $S_1 + S_2 < S_{T2}$  (công suất của máy biến áp cung cấp cho lưới 2) thì ACB7 vẫn đóng để lưới 2 cung cấp cho cả 2 tải 1 và 2.

+ Nếu  $S_1 + S_2 > S_{T2}$  thì ACB7 được cắt ra, đồng thời bộ điều khiển phát tín hiệu khởi động máy phát  $G_1$ . Khi điện áp  $G_1$  ổn định thì đóng lần lượt ACB2 và ACB5. Lúc này lưới 2 vẫn cung cấp cho tải 2 và máy phát  $G_1$  cung cấp cho tải 1.

Nếu lưới 1 bình thường và lưới 2 có sự cố thì quá trình sẽ tiến hành theo cùng nguyên tắc như trên cho các ACB tương ứng.

**- Trường hợp cả hai lưới đều có sự cố:**

Lúc này quá trình như sau:

- ACB1 và ACB3 cắt ra để cách ly cả hai lưới khỏi tải. Lúc này ACB5 và ACB6 vẫn đóng.

- Bộ điều khiển phát tín hiệu khởi động máy phát ưu tiên hơn, giả sử là máy phát  $G_1$ . Tiếp theo cắt ACB6 ra để chuẩn bị kết nối thử tải 2 với tải 1.

- Khi máy phát đủ điện áp và tần số thì đóng ACB2 để  $G_1$  cấp điện cho tải 1.

- Đóng ACB7. Hệ thống sẽ xác định công suất tiêu thụ  $S_1$  của tải 1 và công suất  $S_2$  của tải 2. Có 2 khả năng xảy ra:

- + Nếu  $S_1 + S_2 < S_{G1}$  (công suất của máy phát  $G_1$ ) thì ACB7 vẫn đóng để máy phát 1 cung cấp cho cả hai tải 1 và 2.

- + Nếu  $S_1 + S_2 > S_{G1}$  thì ACB7 được cắt ra, đồng thời bộ điều khiển phát tín hiệu khởi động máy phát  $G_2$ . Khi điện áp  $G_2$  ổn định thì đóng lần lượt ACB4 và ACB6. Lúc này máy phát  $G_1$  vẫn cung cấp cho tải 1 và máy phát  $G_2$  cung cấp cho tải 2.

Tóm lại, trạng thái xác lập của các ACB trong các điều kiện nguồn khác có thể tóm tắt trong bảng sau:

Hai lưới có điện bình thường		ACB1	ACB2	ACB3	ACB4	ACB5	ACB6	ACB7
Lưới 1 có sự cố	$S_1 + S_2 < S_{T2}$			Đóng			Đóng	Đóng
Lưới 2 bình thường	$S_1 + S_2 > S_{T2}$		Đóng	Đóng		Đóng	Đóng	
Lưới 2 có sự cố	$S_1 + S_2 < S_{T1}$	Đóng				Đóng		Đóng
Lưới 1 bình thường	$S_1 + S_2 > S_{T1}$	Đóng			Đóng	Đóng	Đóng	
Cả 2 lưới có sự cố (Giả sử $G_1$ là ưu tiên)	$S_1 + S_2 < S_{G1}$		Đóng			Đóng		Đóng
	$S_1 + S_2 > S_{G1}$		Đóng		Đóng	Đóng	Đóng	

Trong lúc máy phát làm việc nếu lưới có điện trở lại thì chương trình điều khiển sẽ ưu tiên điều khiển cung cấp điện trở lại cho tải từ nguồn lưới và đồng thời phát tín hiệu điều khiển ngừng máy phát tương ứng.

**Thiết bị đóng cắt:** Sử dụng 7 ACB với các đặc tính kỹ thuật như sau:

- Dòng điện làm việc định mức ở  $40^\circ\text{C}$  là  $I_{dm} = 1600\text{ A}$ .
- Dòng điện ngắt mạch chịu đựng không phá hủy ở điện áp AC  $600\text{ V}$  là  $I_{cb} = 65\text{ kA}$  (rms).
- Dòng điện ngắn mạch chịu đựng đỉnh  $I_{cb} = 143\text{ kA}$  ở điện áp AC  $600\text{ V}$ .
- Điện áp làm việc định mức  $Ue = 600\text{ V AC}$ .
- Liên động cơ khi băng thanh cứng, đồng thời liên động điện qua các tiếp điện phụ tác động trực tiếp đồng bộ với trạng thái đóng cắt của ACB.

- Tiếp điểm phụ 2 thường đóng và thường mở.
- ACB1, ACB2, ACB3, ACB4 có khả năng bảo vệ dòng điện cực đại với đặc tính phụ thuộc, bảo vệ cắt nhanh, bảo vệ quá tải.

- Thời gian tác động trễ phụ thuộc ở  $1,6 I_{dm}$  là 120s; ở  $6 I_{dm}$  là 7,5s; ở  $7,2 I_{dm}$  là 5,2s.

- Bảo vệ cắt nhanh điều chỉnh được ngưỡng tác động, thời gian tác động tức thời  $I_{CN} = 1,5 I_{dm} - 10 I_{dm}$ .

Các cặp ACB1, ACB2 và ACB3, ACB4 có hệ thống liên động cơ khí bằng thanh cứng, đảm bảo chỉ có thể đóng điện 1 trong 2 ACB liên động. Đồng thời mỗi ACB trên sẽ dùng một tiếp điểm phụ thường đóng nối tiếp tác động đóng của ACB còn lại trong cặp liên động để tạo thành cặp liên động về điện.

- ACB5, ACB6 có khả năng bảo vệ dòng cực đại với đặc tính phụ thuộc, bảo vệ cắt nhanh, bảo vệ dòng rò, quá tải theo nhiệt độ với tính năng như sau:

- Thời gian tác động trễ do quá dòng ở  $1,5 I_{dm}$  là 120s; ở  $6 I_{dm}$  là 7,5s; ở  $7,2 I_{dm}$  là 5,2s.

- Bảo vệ ngắn mạch điều chỉnh được ngưỡng tác động, với thời gian tác động tức thời  $I_{CN} = 1,5 I_{dm} - 10 I_{dm}$ .

- Chỉnh được dòng rò tác động.

- Chỉnh được thời gian tác động khi có dòng rò từ 60 ms đến 350 ms.

- ACB7 là loại không có bảo vệ dòng điện, ACB này làm nhiệm vụ ghép nối 2 nhánh tải, chuyển công suất từ nhánh này sang nhánh kia, việc bảo vệ khi có sự cố về điện sẽ do các ACB khác đảm nhiệm.

• Ba ACB5, ACB6, ACB7 có hệ thống liên động cơ khí bằng thanh, bảo đảm chỉ có thể đóng điện 1 hoặc 2 ACB tr Đóng 3 ACB liên động. Đồng thời mỗi ACB trên sẽ dùng 2 tiếp điểm phụ thường đóng nối tiếp mạch tác động đóng của 2 ACB khác trong liên động, tạo thành liên động điện trong 3 ACB như liên động cơ khí.

**Giới thiệu hệ thống PLC điều khiển và bảo vệ:** bao gồm các rơle chức năng dùng để bảo vệ toàn bộ hệ thống cũng như tải trong những điều kiện có sự thay đổi bất thường các thông số điện của máy phát cũng như của lưới. Các loại chức năng rơle sau được dùng:

- Bảo vệ mất pha.

- Bảo vệ ngược pha.

- Bảo vệ tính đối xứng của phụ tải trên mạng ba pha. Trong trường hợp phụ tải phân bố không đều trên ba pha và mức độ mất đối xứng vượt quá giá trị đặt trước (có thể điều chỉnh được từ 1% – 10%) thì rơle sẽ tác động.

- Thời gian tác động trễ: có thể điều chỉnh từ 0,1s đến 10s.

- Bảo vệ thấp áp hoặc quá áp.

- Thời gian tác động trễ: có thể điều chỉnh từ 0,05s đến 30s.

### Hệ thống PLC điều khiển:

a) **Thiết bị phần cứng:** Chọn loại PLC để điều khiển toàn bộ hệ thống có các đặc tính kỹ thuật:

- Vận hành với độ tin cậy cao.
- Có khả năng mở rộng số đầu vào / ra.
- Có khả năng nối các mạng PLC với nhau.
- Có khả năng kết nối từ xa theo các nghi thức giao tiếp ModBus/Jbus hoặc là Uni-Telway thông qua việc sử dụng modem.
- Trang bị 2 cổng:

*Cổng TER:* dùng nối với bộ điều khiển OP, hoặc nối với máy tính PC.

*Cổng AUX:* dùng nối với máy in để in dữ liệu hoặc nối với các bộ giao tiếp người – máy.

Hệ thống cũng sẽ sử dụng một bộ UPS công suất 1 KVA để đảm bảo cung cấp điện liên tục trong hệ thống PLC. Việc sử dụng UPS cho phép PLC vẫn vận hành bình thường khi mất điện lưới nhằm có thể điều khiển việc khởi động máy phát hoặc chuyển đổi kết nối phụ tải sang nguồn lưới tốt hơn.

b) **Phần mềm điều khiển:** Hệ thống PLC được điều khiển nhờ chương trình điều khiển phần mềm thích hợp. Phần mềm điều khiển có các tính năng sau:

- Toàn bộ hệ thống điện gồm máy phát, nguồn lưới, các ACB, thanh cài ... được hiển thị trên màn hình máy tính dưới dạng thực nối của các thiết bị.
- Việc vận hành các thiết bị điều khiển bằng tay hoặc tự động điều có thể thực hiện dễ dàng bằng cách dùng con chuột điều khiển lên các hình biểu diễn cho thiết bị đó để thay đổi trạng thái vận hành.
- Hình ảnh của các ACB, máy phát ... trên màn hình thay đổi màu sắc theo trạng thái đang vận hành của thiết bị tương ứng.
- Có khả năng xuất ra trên màn hình các thông báo, các thông số của hệ thống đang vận hành.

#### \* Khối thu nhập, hiển thị và lưu trữ dữ liệu:

Các đặc điểm chính của hệ thống thu nhập này như sau:

- Các thông số có thể hiển thị trên màn hình LCD hoặc trên màn hình máy tính PC điều khiển (chung với hệ thống PLC để theo dõi từ xa) bao gồm:
  - Giá trị điện áp và dòng điện của từng pha A, B và C.
  - Hệ số công suất  $\cos\phi$  của từng pha và giản đồ vectơ pha tương ứng phụ tải đang mang.
  - Tần số nguồn lưới hoặc máy phát.
  - Công suất tiêu thụ P.Q của từng pha, kể cả việc báo tình trạng công suất ngược.
  - Lượng điện năng tiêu thụ (kWh, kVARh).
  - Dạng sóng điện áp, dòng điện cùng với giá trị họa tần bậc cao, độ méo dạng sóng của nguồn điện khi nguồn có dạng sóng không sin. Tính năng này cho phép hệ thống theo dõi chất lượng điện năng của nguồn cung cấp.

- Tính năng định ra tối đa 08 mức giá tiền điện khác nhau trong những điều kiện khác nhau (thời gian trong ngày hoặc trong tháng, độ lớn  $\cos\phi$  ...). Điều này cho phép người sử dụng theo dõi được chi phí tiêu thụ của mình một khi ngành điện lực ra qui định mức giá tiền điện thay đổi theo thời gian trong ngày (chẳng hạn giá thấp vào các giờ thấp điểm, giá cao trong giờ cao điểm) và theo  $\cos\phi$  ( $\cos\phi$  thấp thì giá cao,  $\cos\phi$  cao thì giá tiền điện thấp).

- Xác định được thời điểm xảy ra phụ tải cực đại trong ngày.
- Toàn bộ giá trị đo được đều được lưu lại trong ổ cứng của máy tính điều khiển.

Người vận hành có thể:

- Truy cập các thông số điện áp, dòng điện, công suất, hệ số công suất, ... của toàn bộ hệ thống tại một thời điểm bất kỳ trong 24 giờ trước đó.
- Có khả năng vẽ biểu đồ phụ tải trong 24 giờ.
- Có khả năng in ra giấy các số liệu quan tâm.

109. Giải thích các bộ phận chức năng và cách làm việc sơ đồ AVR máy phát điện.

**Giải.** Sơ đồ máy dùng cho máy phát công suất nhỏ. Nguyên tắc điều chỉnh theo độ lệch điện áp. Gồm các mạch chính sau:

**Mạch đo lường:** Gồm biến áp BU, cầu chỉnh lưu  $D_1, D_2, D_3, D_4$ , bộ lọc cầu  $LC_1$ , cầu phân áp  $R_4, R_5, R_6$  và diod Zener  $Z_1, R_{24}$ . Mạch này sẽ cho áp ở 2 đầu tụ  $C_1$  tỉ lệ với áp máy phát. Điện áp  $U_{BC}$  chính là điện áp ra của mạch đo lường (phản tử TT là  $R_4, R_5, R_6$  phản tử phi tuyến là  $R_{24}$  và  $Z_1$ ). Điện áp  $U_{BC}$  được đưa vào bộ khuếch đại.

**Mạch khuếch đại:** Mạch này gồm transistor  $T_1, T_2$  và các linh kiện liên hệ.  $T_1$  khuếch đại áp  $U_{BC}$  rồi kiểm soát  $T_2$ .  $T_2$  kiểm soát thời gian nạp của tụ  $C_6$  nghĩa là kiểm soát góc dẫn của  $SCR_1$  và  $SCR_2$ .

**Mạch điều khiển công suất:** Mạch này gồm UJT  $T_3$ ,  $SCR_1, SCR_2, D_5, D_6$ . Các thyristor và diod này ráp thành cầu 1 pha, dòng điện do cầu cung cấp tùy thuộc góc dẫn của các SCR và góc dẫn này tùy thuộc vào thời gian kích thích của UJT.

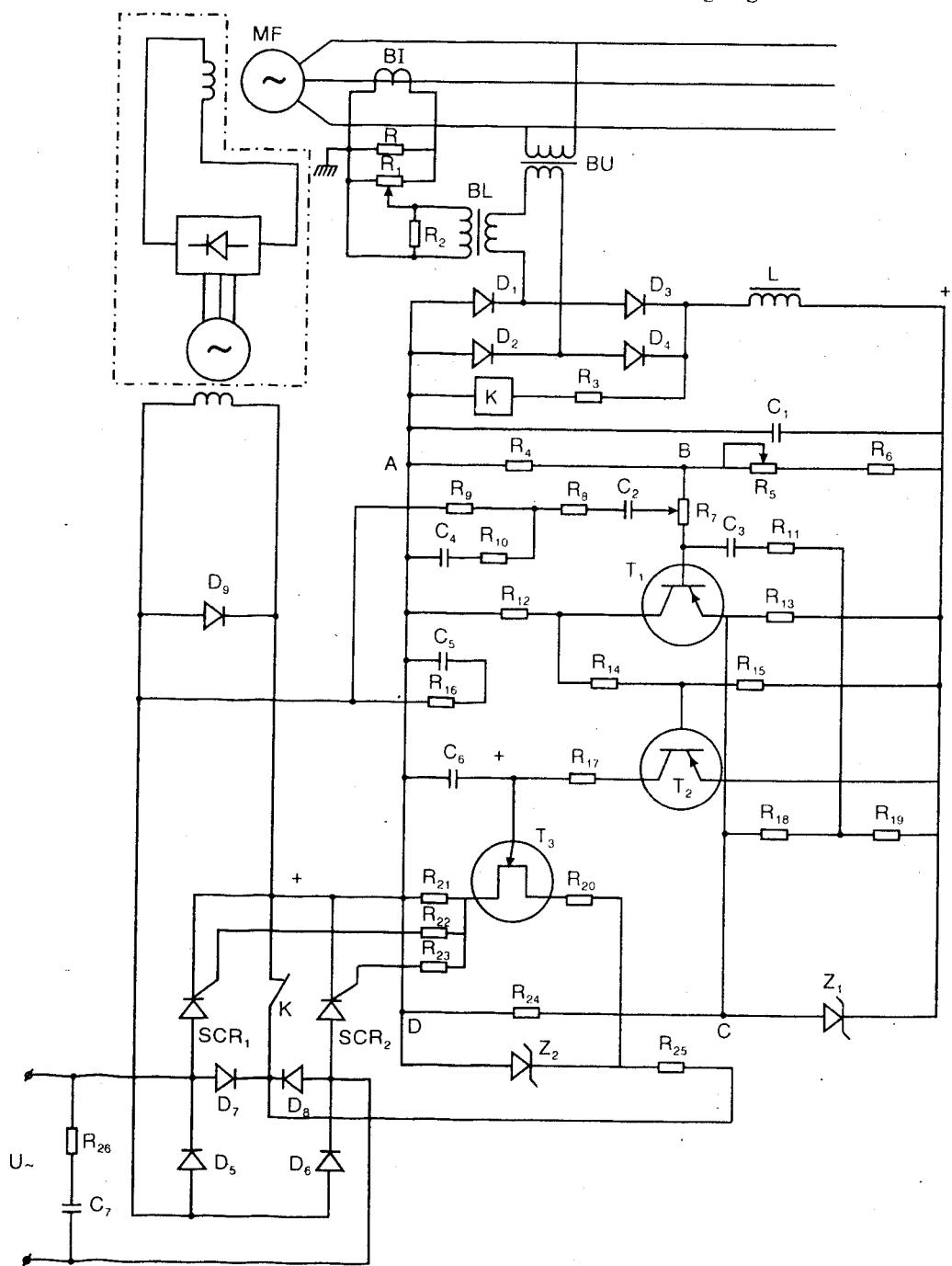
**Mạch ổn định (phản hồi):** Gồm tụ  $C_2, C_4$  điện trở  $R_8, R_9, R_{10}$  và biến trở  $R_7$ . Đây là mạch hồi tiếp âm, lấy tín hiệu từ tầng công suất đưa ngược về đầu vào của bộ khuếch đại. Biến trở  $R_7$  để xác định lượng hồi tiếp dùng để chỉnh ở tình trạng làm việc tốt nhất (không dao động, cũng như đáp ứng quá chậm).

**Mạch đo đặc tuyến:** Gồm biến dòng BI, các điện trở  $R, R_1, R_2$  và biến áp cách ly BL.

**Các mạch phụ:**  $Z_2$  và  $R_{25}$  dùng để tạo áp cố định khoảng 20V, đồng bộ với nguồn để cung cấp cho UJT.

- $R_{26}, C_7$  – chống quá điện áp cho cầu chỉnh lưu.

- $R_{16}, C_5$  – trừ nhiễu cao tầng.
- $D_9$  – diod phóng điện dùng để dẫn điện 65n lúc cầu ngưng dẫn.



Hình B.109

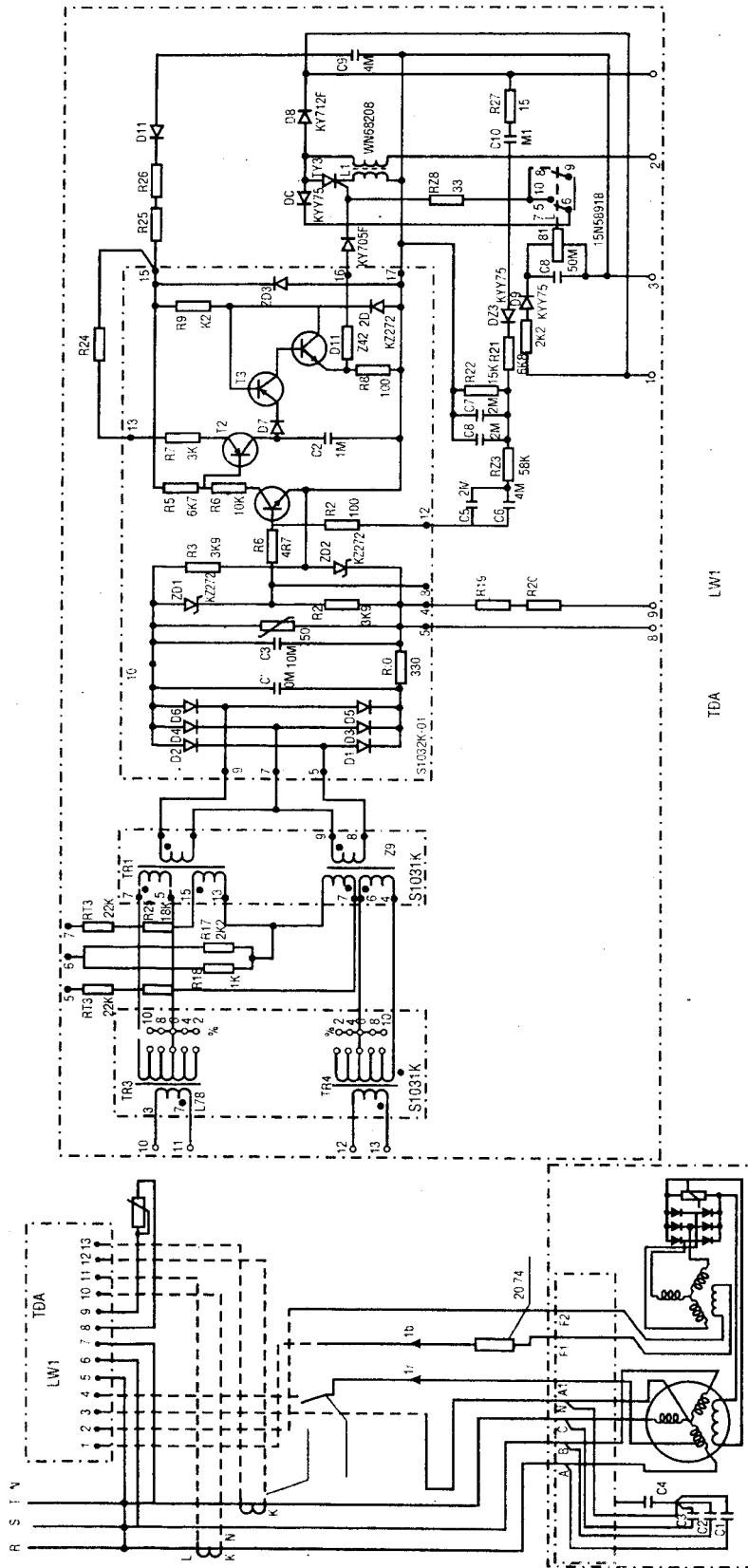
- Rơle K dùng để lập nhanh điện áp do từ dư (khởi động máy). Tiếp điểm thường đóng K sẽ nối tắt các SCR và đưa điện áp do từ dư của máy phát vào thẳng cuộn kích từ qua các diod D<sub>5</sub>, D<sub>6</sub>, D<sub>7</sub>, D<sub>8</sub>. Khi áp của máy phát lên đến khoảng 75% U<sub>dm</sub> rơle tác động cắt 2 diod D<sub>7</sub>, D<sub>8</sub> ra khỏi mạch kích từ (K mở) và đưa cầu điều khiển vào làm việc.

Hoạt động của sơ đồ: Giá thiết mạch đang làm việc ổn định với một giá trị đặt nào đó của R<sub>5</sub>.

Khi áp máy phát tăng hơn, áp ở điểm B âm hơn so với C làm cho T<sub>1</sub> dẫn nhiều hơn. T<sub>1</sub> dẫn nhiều hơn làm cho T<sub>2</sub> ít dẫn hơn và làm cho tụ C được nạp chậm đến trị số kích khởi động của UJT, do đó các SCR mở chậm hơn làm giảm dòng điện kích từ và giảm dòng điện máy phát.

Khi áp máy phát giảm, lý luận ngược lại ta sẽ thấy quá trình sẽ làm tăng điện áp máy phát.

**110.** Cho biết loại hệ thống kích từ, nguyên tắc điều chỉnh của bộ AVR, các bộ phận chức năng và cách làm việc của sơ đồ điều chỉnh điện áp đầu cực máy phát.



Hình B.110

111. Viết phương trình chuyển động roto máy phát, ý nghĩa các đại lượng của phương trình, cho thí dụ tính toán.

**Giải.** Phương trình chuyển động:

$$J \frac{d\omega}{dt} = T_a = T_m - T_e \quad (1)$$

Với:  $J$ : momen quán tính của máy phát và turbine,  $\text{kg} \cdot \text{m}^2$

$\omega$ : vận tốc gốc rotor,  $\text{rad/s}$ ;  $t$ : thời gian,  $\text{s}$ ;  $T_a$ : momen thửa.

$T_m$ : momen cơ,  $\text{N} \cdot \text{m}$ ;  $T_e$ : momen điện từ,  $\text{N} \cdot \text{m}$ .

Phương trình trên có thể viết dưới dạng hằng số quán tính  $H$  được hiểu là động năng tính bằng  $W$ .  $\text{s}$  ở tốc độ định mức chia cho công suất cơ bản VA:  $H = 1/2 J \omega_0^2 / S_{cb}$ . Với:  $\omega_0$ : vận tốc góc định mức,  $\text{rad/s}$

$$\rightarrow J = (2H/\omega_0^2)S_{cb}$$

Thay phương trình này vào (1)

$$\rightarrow \frac{2H}{\omega_0^2} S_{cb} \frac{d\omega}{dt} = T_m - T_e \Rightarrow 2H \frac{d}{dt} \left( \frac{\omega}{\omega_0} \right) = \frac{T_m - T_e}{S_{cb} / \omega_0}$$

Đặt:  $T_{cb} = S_{cb} / \omega_0$ , phương trình chuyển động viết trong dvtd:

$$2H \frac{d\omega}{dt} = T_m - T_e \quad (2)$$

Với:  $\omega = \frac{\omega}{\omega_0} = \frac{\omega / p_f}{\omega_0 / p_f} = \frac{\omega}{\omega_0}$

Với  $\omega$  là vận tốc roto rad/s,  $\omega_0$  – tốc độ định mức và  $p_f$  là số cực từ.

Gọi  $\delta$  là vị trí góc của roto tính bằng radian đối với tốc độ quay chuẩn đồng bộ và  $\delta_0$  là góc lúc  $t = 0$ ;  $\delta = \omega t - \omega_0 t + \delta_0$

Lấy đạo hàm 2 vế:  $\frac{d\delta}{dt} = \omega - \omega_0 = \Delta\omega \quad (3)$

Và:  $\frac{d^2\delta}{dt^2} = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d(\Delta\omega)}{dt} = \omega_0 \frac{d\bar{\omega}}{dt} = \omega_0 \frac{d(\Delta\bar{\omega})}{dt}$

Thay  $\frac{d\bar{\omega}}{dt}$  vào (2):  $\frac{2H}{\omega_0} \frac{d^2\delta}{dt^2} = \bar{T}_m - \bar{T}_e$

Nếu tính đến ảnh hưởng của độ lệch tần số lên momen tiêu thụ điện của phụ tải (hệ số chỉnh tải  $K_D$ ) thì phương trình trên trở thành:

$$\frac{2H}{\omega_0} \frac{d^2\delta}{dt^2} = \bar{T}_m - \bar{T}_e - K_D \Delta\bar{\omega} \quad (4)$$

Từ phương trình (3)  $\bar{\Delta\omega} = \frac{\Delta\omega}{\omega_0} = \frac{1}{\omega_0} \frac{d\delta}{dt}$ ; thay vào (4):

$$\frac{2H}{\omega_0} \cdot \frac{d^2\delta}{dt^2} = \bar{T}_m - \bar{T}_e - \frac{K_D}{\omega_0} \frac{d\delta}{dt}$$

với  $K_D$ : hệ số chỉnh tải.

Nếu gọi  $\bar{t}$  là thời gian tính trong đơn vị tương đối thì phương trình trên trở thành:  $2H\omega_0 \cdot \frac{d^2\delta}{dt^2} = \bar{T}_m - \bar{T}_e - K_D \frac{d\delta}{dt}$

Một vài sách đặt  $\bar{J} = 2H\omega_0$  momen quán tính (đvtđ)

$$\text{Từ (2): } \frac{d\bar{\omega}}{dt} = \frac{1}{2H} \bar{T}_a$$

$$\text{Lấy tích phân: } \bar{\omega} = \frac{1}{2H} \int_0^t \bar{T}_a dt \quad (5)$$

Gọi  $T_M$  là thời gian cần để momen định mức gia tốc roto từ đứng yên đến tốc độ định mức. Từ (5), khi  $\bar{\omega} = 1.0$ ;  $\bar{T} = 1.0$  và khi trị số khởi động

$$\bar{\omega} = 0 \text{ chúng ta có: } 1 = \frac{1}{2H} \int_0^{T_M} 1 dt = \frac{T_M}{2H}$$

Tìm được:  $T_M = 2H(s)$ ;  $T_m$  được gọi là thời gian khởi động cơ, đôi khi ký hiệu M cũng được dùng để chỉ thời gian này.

- Hằng số quán tính được hiểu:

$$H = \frac{\text{năng lượng tích tử ở tốc độ định mức}}{S_{dm}} (MW.s)$$

Tính H từ momen quán tính trong đơn vị MKS.

$$\text{Năng lượng tích tử} = \text{động năng} = 1/2 J \omega_0^2 W.s = 1/2 J \omega_0^2 \cdot 10^{-6} MW.s$$

Với J: momen quán tính kg. m<sup>2</sup>

$$\omega_0 = 2\pi n / 60 \text{ tốc độ định mức rad/s (n - vòng quay/phút)}$$

$$\text{Do đó: } H = \frac{1}{2} \frac{J \omega_0^2 \cdot 10^{-6}}{S_{dm}} = \frac{1}{2} \frac{J (2\pi n / 60)^2 \cdot 10^{-6}}{S_{dm}} = 5.48 \cdot 10^{-9} \frac{J n^2}{S_{dm}}$$

Với  $S_{dm}$  tính bằng MVA.

Một vài hằng số quán tính tiêu biểu:

Loại máy phát	H (MW.s/MVA)	Loại máy phát	H (MW.s/MVA)
Nhiệt		b) 1500 vòng / phút (4 cực)	4 - 10
a) 3000 vòng/ phút (2 cực)	2,5 - 6	Thủy	2 - 4

*Ví dụ:* Cho momen quán tính của rotor (cả rotor của tuybine) máy phát 555 MVA là  $J = 27.547,8 \text{ kg.m}^2$ , tốc độ quay turbine 3000 vòng/ phút. Tính hằng số quán tính, thời gian khởi động máy.

**Giải.** Áp dụng công thức tính hằng số quán tính:

$$H = 5,48 \cdot 10^{-9} \frac{Jn^2}{S_{dm}} = \frac{5,48 \cdot 10^{-9} \cdot 27.547 \cdot 8.3000^2}{555} = 1,359 \text{ MW.s/MVA}$$

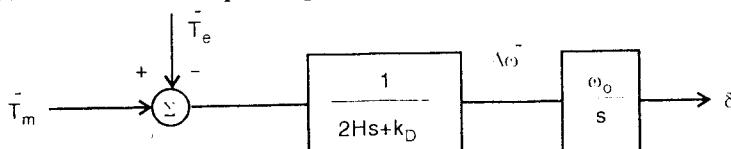
Thời gian khởi động máy:  $T_M = 2H = 2 \cdot 1,359 = 2,718 \text{ MW.s/MVA}$

Phương trình (4) viết lại:

$$\frac{d\Delta\bar{\omega}}{dt} = \frac{1}{2H} (\bar{T}_m - \bar{T}_c - K_D \Delta\bar{\omega}) \quad (6)$$

$$\frac{d\delta}{dt} = \omega_0 \Delta\bar{\omega} \quad (7)$$

Giản đồ khối biểu diễn phương trình (6) và (7) cho ở H.B.111



**Hình B.111**

Trong giản đồ trên S là toán tử Laplace thay thế  $\frac{d}{dt}$ . Ký hiệu có thể

dùng  $T_M$  hay  $M$  thay thế cho  $2H$ ;  $D$  hay  $K_{dc}$  thay  $K_D$ .

**112.** Một hệ thống điện nhỏ có 4 tổ máy phát 500 MVA cung cấp cho 1 tải 1.020 MW. Hằng số quán tính  $H$  của mỗi tổ máy là 5 khi  $S_{cb} = 500 \text{ MVA}$ . Tải thay đổi 1,5% khi tần số thay đổi 1%. Khi tải giảm đột ngột 1 lượng 20MW, xác định:

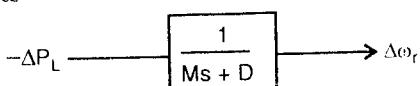
a) vẽ giản đồ khối hệ thống theo  $H$  và  $D$  theo  $S_{cb} = 2000 \text{ MVA}$ .

b) Tìm độ lệch tần số, giả thiết trong quá trình khảo sát bộ điều chỉnh tốc độ không kịp tác động.

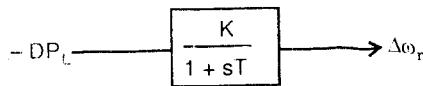
**Giải.** a) Với  $S_{cb} = 2000 \text{ MVA}$ ; hằng số quán tính 4 tổ máy  $H = 5 \cdot (500/2000) \cdot 4 = 5$  nên  $M = 2H = 10 \text{ s}$ .

Hằng số giảm tải  $D$  khi tải còn  $1020 - 20 = 1000 \text{ MW}$  trong  $S_{cb} = 2000 \text{ MVA}$  là:  $D = 1,5(1000/2000) = 0,75\%$

b) Khi bộ điều chỉnh tốc độ không kịp tác động  $\Delta P_m = 0$ , sơ đồ khối vẽ ở  $S_{cb} = 2000 \text{ MVA}$  là: (H.B.112.1)

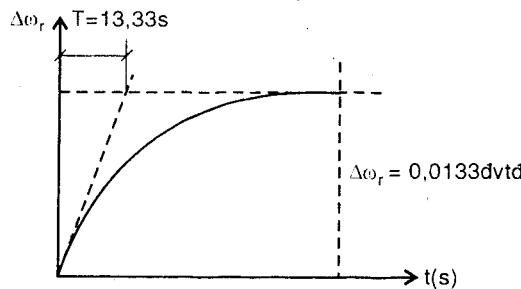


**Hình B.112.1**



**Hình B.112.2**

Có thể vẽ dưới dạng hệ số khuếch đại và thời hằng (H.B.111.2).



**Hình B.112.3**

Với  $K = 1/D = 1/0,75 = 1,33$ ;  $T = M/D = 10/0,75 = 13,33s$

Tải thay đổi:  $\Delta P_L = -20MW = -20/2000 = -0,01\text{đvtđ}$

Đối với tải thay đổi  $0,01\text{đvtđ}$ , biểu diễn tải dưới dạng biến đổi Laplace:  $\Delta P_L(s) = -0,01/s$

Từ giản đồ trên:

$\Delta \omega_r(s) = -(-0,01/s)(K/1+sT)$  Tìm biến đổi ngược:

$$\Delta \omega_r(t) = -0,01Ke^{-\frac{t}{T}} + 0,01K =$$

$0,01 \cdot 1,33e^{-\frac{t}{13,33}} + 0,01 \cdot 1,33 = -0,0133e^{-0,075t} + 0,0133$  Độ lệch tần số (đvtđ) vẽ theo thời gian như (H.B.111.3)

Độ lệch tần số:

$$\Delta \omega = -\Delta P_L/D = 0,0133\text{đvtđ} = 0,0133 \cdot 50 = 0,665 \text{ Hz}$$

**113.** Một hệ thống điện nhỏ gồm 2 tổ máy phát có đặc tính như sau:

Tổ	Công suất định mức, MVA	Độ phụ thuộc chỉnh tốc độ R(%) (đvtđ theo cơ bản là cs tổ máy)
1	600	6
2	500	4

Hai tổ máy làm việc song song tải 900 MW. Tổ 1 cung cấp 500 MW và tổ 2 cung cấp 400 MW. Tải tăng 90 MW. Khảo sát 2 trường hợp:

a) Giả sử công suất tải không phụ thuộc vào tần số  $D = 0$ . Tìm độ lệch tần số và công suất phát mới của mỗi tổ máy.

b) Giả sử tải không thay đổi 1,5% đối với tần số thay đổi 1% nghĩa là  $D = 1,5$ . Tìm độ lệch tần số và công suất phát mới mỗi tổ máy.

**Giải.** Độ phụ thuộc chỉnh tốc độ R tính ở  $S_{cb} = 1000 \text{ MVA}$ .

$$R_1 = (1000/600) \cdot 0,06 \approx 0,1 \text{đvtđ}$$

$$R_2 = (1000/500) \cdot 0,04 = 0,08 \text{đvtđ}$$

Tải thay đổi tính trong đvtđ:  $\Delta p_L = 90/1000 = 0,09$  đvtđ

a) Khi  $D = 0$ , độ lệch tần số trong đvtđ:

$$\Delta\omega_{ss} = \frac{-\Delta P_L}{(1/R_1 + 1/R_2 + \dots) + D} = \frac{-\Delta P_L}{1/R_1 + 1/R_2} = \frac{-0,09}{10+12,5} = -0,004 \text{ đvtđ}$$

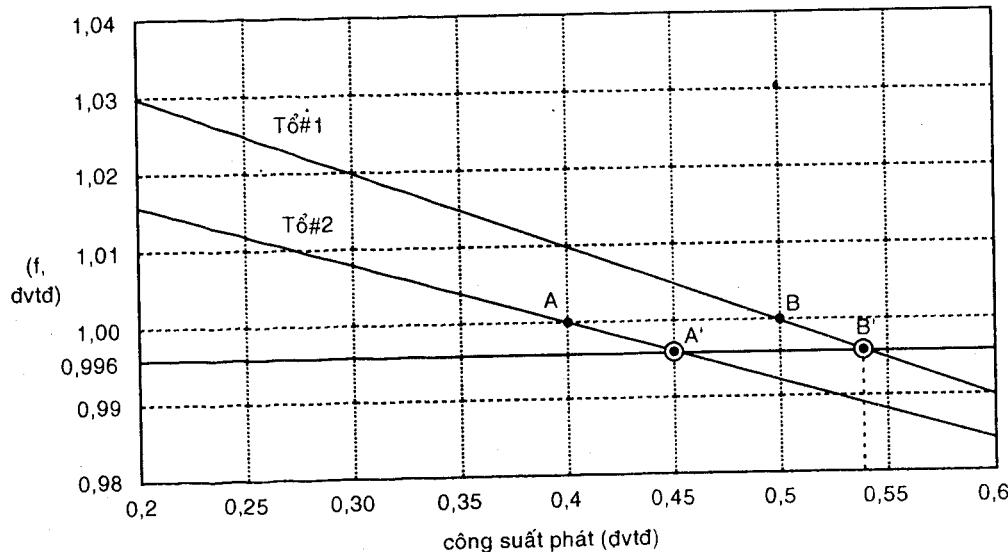
$$\Delta f = -0,004 \cdot 50 = -0,2 \text{ Hz}$$

Tần số mới:  $f = f_0 + \Delta f = 50 - 0,2 = 49,8 \text{ Hz}$

Công suất thay đổi mỗi tổ máy là:

$$\Delta p_1 = -\Delta\omega/R_1 = -0,004/0,1 = 0,04 \text{ đvtđ} = 40 \text{ MW}$$

$$\Delta p_2 = -\Delta\omega/R_2 = -0,004/0,08 = 0,05 \text{ đvtđ} = 50 \text{ MW}$$



Hình B.113

Như thế tổ máy 1 cung cấp 540 MW và tổ máy 2 cung cấp 450 MW ở tần số làm việc mới là 49,8 Hz.

Đặc tính tần số công suất của 2 tổ máy trong trường hợp này được vẽ trên H.B.1113. Thời điểm làm việc ban đầu tổ máy 1 và 2 với công suất phát 0,5 và 0,4 đvtđ tại tần số 1 đvtđ. Khi tải tăng 0,09 đvtđ, tốc độ giảm tới 0,996 đvtđ. Công suất phát mới là 0,54 và 0,45 đvtđ.

b) Khi  $D = 1,5$  độ lệch tần số là:

$$\Delta\omega_{ss} = \frac{-\Delta P_L}{(1/R_1 + 1/R_2 + \dots) + D} = \frac{-0,09}{10+12,5+1,5} = -0,00375 \text{ đvtđ}$$

$$\text{Độ lệch tần số: } \Delta f = -0,00375 \cdot 50 = -0,1875 \text{ Hz}$$

$$\text{Tần số mới: } F = 50 - 0,1875 = 49,8235 \text{ Hz}$$

Công suất thay đổi của mỗi tổ máy:

$$\Delta p_1 = -\Delta\omega/R_1 = -(-0,00375/0,1) = 0,0375 \text{ đvtđ} = 37,5 \text{ MW}$$

$$\Delta p_2 = -\Delta \omega / R_2 = -(-0,00375 / 0,08) = 0,046875 \text{ dvtd} = 46,875 \text{ MW}$$

Như vậy tổ máy 1 cung cấp 537,5 MW và tổ 2 cung cấp 446,875 MW ở tần số mới là 49,8125 Hz. Tổng công suất phát thay đổi là 84,375 MW thay vì 90 MW (nhỏ hơn 5,625 MW) là do công suất tải thay đổi theo tần số 1 lượng:  $D\Delta\omega = (-0,00375) \cdot (1,5) = -0,005625 \text{ dvtd} = -5,625 \text{ MW}$ .

**113.** Hệ thống điện có tổng phụ tải là 1260 MW. Tải thay đổi 1,5% khi tần số thay đổi 1% ( $D = 1,5$ ). Tìm độ lệch tần số khi đột ngột cắt 60 MW tải khi:

- a) Không có điều chỉnh tốc độ.
- b) Hệ thống có 240 MW dự trữ quay.

Với độ phụ thuộc điều chỉnh 5%. Tất cả máy phát làm việc với van mở. Giả thiết bộ Governor chỉ đáp ứng được 80% theo tải.

**Giải.** Phụ tải còn lại  $1260 - 60 = 1200 \text{ MW}$ , hằng số giảm tải còn lại là:

$$D = \left( \frac{1,5}{100} \cdot 1200 \right) \frac{100}{60 \cdot 1} = 30 \text{ MW/Hz}$$

a) Khi bộ điều tốc không tác động tần số tăng là:

$$\Delta f = \frac{-\Delta P_L}{D} = \frac{-(-60) \text{ MW}}{30 \text{ MW/Hz}} = 2 \text{ Hz}$$

b) Vì hệ thống bị giảm tải, tần số tăng nên tất cả các tổ máy phát đáp ứng. Tuy nhiên do ảnh hưởng của bộ điều tốc chỉ 80% nguồn phát tổng tham gia điều tốc. Khả năng nguồn phát quay tổng:

$$\text{Tải} + \text{dự trữ} = 1260 + 240 = 1500 \text{ MW.}$$

Nguồn tham gia điều chỉnh:  $0,8 \cdot 1500 = 1200 \text{ MW}$

Độ phụ thuộc điều chỉnh 5% nghĩa là tần số thay đổi 5% làm thay đổi nguồn phát 100%, do đó:

$$\frac{1}{R} = 1200 / [(5/100) \cdot 50] = 480 \text{ MW/Hz.}$$

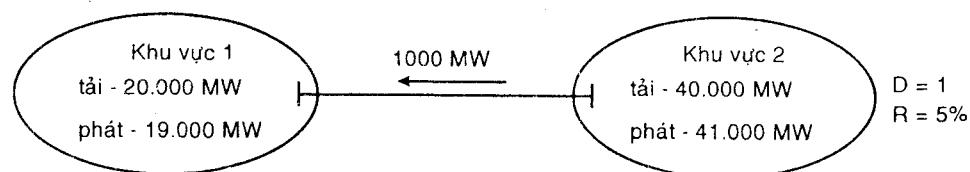
Đặc tính đáp ứng tần số hệ thống là:

$$\beta = 1/R + D = 480 + 30 = 510 \text{ MW/Hz}$$

Tần số tăng:

$$\Delta f = -\Delta P_L / \beta = -(-60) \text{ MW} / 510 \text{ MW/Hz} = 0,1176 \text{ Hz}$$

**114.** Khảo sát hệ thống điện liên kết 2 khu vực: (H.B.114)



**Hình B.114**

$R = 5\%$  - độ phụ thuộc đặc tuyến điều chỉnh tất cả máy phát.

Khu vực 1 có độ dự trữ quay 1000 MW trên công suất 4000 MW và khu vực 2 có độ dự trữ quay 1000 MW trên công suất 10000 W. Xác định tần số, công suất phát, tải mỗi khu vực và đường dây liên kết trong các trường hợp sau:

a) Mất 1000 MW tải khu vực 1, giả thiết không có tác động điều khiển thứ cấp.

b) Nguồn phát có dự trữ quay trong mỗi khu vực điều khiển thứ cấp với hệ số phân cực tần số đặt là 250 MW/0,1 Hz cho khu vực 1 và 500 MW/0,1 Hz cho khu vực 2 khi:

– Mất 1000 MW tải ở khu vực 1.

– Mất 500 MW nguồn phát có tham gia nguồn dự trữ quay ở khu vực 1.

– Mất 2000 MW nguồn phát, nguồn dự trữ quay trong khu vực 1 không tham gia.

– Cắt đường dây liên kết, giả thiết rằng không thay đổi lịch điều khiển thứ cấp.

– Cắt đường dây liên kết khi không theo lịch trao đổi công suất.

**Giải.** a) Không có điều khiển thứ cấp:

Giả thiết rằng tất cả Governor của tất cả các máy phát đều làm việc và sẽ đáp ứng theo tải.

Độ phụ thuộc 5% của công suất phát 20000 MW (bao gồm công suất dự trữ quay 1000 MW) trong khu vực 1 sẽ đáp ứng.

$$1/R_1 = 1/0,05 \cdot 20000/50 = 8000 \text{ MW/Hz}$$

Tương tự cho khu vực 2 (công suất phát 42000 MW).

$$1/R_2 = 1/0,05 \cdot 42000/50 = 16800 \text{ MW/Hz}$$

Độ điều chỉnh theo 62000 MW công suất phát trong 2 khu vực là:

$$1/R = 1/R_1 + 1/R_2 = 24800 \text{ MW/Hz}$$

Hệ số giảm tải  $D_1$  do 19000 MW (còn lại khi mất 1000 MW) trong khu vực 1 là:  $D_1 = 1 \cdot \frac{19000}{100} \cdot \frac{100}{50} = 380 \text{ MW/Hz}$

Hệ số giảm tải  $D_2$  do 40000 MW trong khu vực 2:

$$D_2 = 1 \cdot \frac{40000}{100} \cdot \frac{100}{50} = 800 \text{ MW/Hz}$$

Hệ số giảm tải tương đương cho 2 khu vực:

$$D = D_1 + D_2 = 1180 \text{ MW/Hz}$$

Tần số thay đổi do mất 1000 MW trong khu vực 1 là:

$$\Delta f = \frac{-\Delta P_L}{1/R + D} = \frac{-(-1000)}{24800 + 1180} = 0,0384 \text{ Hz}$$

Tải thay đổi trong hai khu vực khi tần số tăng là:

$$\Delta P_{D1} = D_1 \cdot \Delta f = 380.0,0384 = 14,59 \text{ MW}$$

$$\Delta P_{D2} = D_2 \cdot \Delta f = 800.0,0384 = 30,72 \text{ MW}$$

Công suất phát thay đổi trong 2 khu vực do điều chỉnh tần số là:

$$\Delta P_{G1} = -1/R_1 \Delta f = 8000.0,0384 = -307,2 \text{ MW}$$

$$\Delta P_{G2} = -1/R_2 \Delta f = 16800.0,0384 = -645,12 \text{ MW}$$

Tải mới, công suất phát và công suất đường dây liên kết là:

	Khu vực 1	Khu vực 2
Tải	$20000 - 1000 + 14,59 = 19014,59 \text{ MW}$	$40000 + 30,72 = 40030,72 \text{ MW}$
Phát	$19000 - 307,2 = 18692,8 \text{ MW}$	$41000 - 645,12 = 40354,88 \text{ MW}$

Công suất trên đường dây liên kết từ khu vực 2 sang 1 là  $1914,59 - 18692,8 = 321,79 \text{ MW}$ . Tần số lúc này là:  $50,0384 \text{ Hz}$ .

b) Khi có điều khiển thứ cấp:

- Mất 1000 MW tải khu vực 1:

Khu vực 1 có khả năng phát 4000 MW khi điều khiển thứ cấp, và điều này sẽ giảm nguồn phát để  $ACE_1$  tới zero. Tương tự, khu vực 2 nguồn phát khi điều khiển thứ cấp để giữ  $ACE_2$  ở zero:

$$ACE_1 = B_1 \Delta f + \Delta P_{12} = 0$$

$$ACE_2 = B_2 \Delta f - \Delta P_{12} = 0$$

Vì thế:  $\Delta f = 0$ ;  $\Delta P_{12} = 0$

Khu vực 1 nguồn phát và tải giảm 1000 MW.

Không có sự thay đổi trong khu vực 2 nguồn phát và tải hay công suất truyền trên đường dây liên kết.

- Mất 500 MW nguồn phát có tham gia công suất dự trữ quay trong khu vực 1.

Trước khi mất nguồn phát khu vực 1 có nguồn dự trữ quay 1000 MW trên công suất phát 4000 MW (nghĩa là 3000 MW cộng với 1000 MW dự trữ). Công suất quay mất khi mất nguồn phát:

$$500 / 3000 \cdot 1000 = 166,67 \text{ MW}$$

Công suất dự trữ quay còn lại:  $1000 - 166,67 = 833,33 \text{ MW}$ . Lượng công suất này đủ đáp ứng mất 500 MW nguồn phát. Vì thế nguồn phát và tải trong 2 khu vực còn đủ khả năng điều chỉnh, nên không có sự thay đổi công suất truyền trên đường dây liên kết cũng như thay đổi tần số hệ thống. Tuy nhiên công suất dự trữ quay khu vực 1 giảm từ 1000 xuống 833,33 MW.

- Mất 2000 MW nguồn phát khu vực 1, công suất dự trữ không tham gia.

Phân nửa công suất phát mất được cung cấp bởi công suất dự trữ quay 1000 MW do điều khiển phụ trong khu vực 1. Khi tới giới hạn này khu vực 1

không thể điều khiển ACE. Tuy nhiên điều khiển thứ cấp khu vực 2 có thể điều khiển ACE của nó, vì thế:

$$ACE_2 = B_2 \Delta f - \Delta P_{12} = 0$$

Hay:  $\Delta P_{12} = B_2 \Delta f = 5000 \Delta f$

Vì thế tần số hệ thống giảm, điều này là giảm tải:

Hệ số giảm tải khu vực 1:

$$D_1 = 1 \cdot \frac{20000}{100} \cdot \frac{100}{50} = 400 \text{ MW/Hz}$$

Cân bằng công suất phát trong khu vực 1 được thực hiện bởi giảm tải và công suất truyền đường dây liên kết từ khu vực 2:

Vì thế:  $-1000 = D_1 \Delta f + \Delta P_{12} = 400 \Delta f + 5000 \Delta f$

Giải phương trình trên:  $\Delta f = -1000 / (5000 + 400) = -0,1852 \text{ Hz}$

Tải khu vực 1 thay đổi:  $\Delta P_{D1} = D_1 \Delta f = 400(-0,1852) = -74,07 \text{ MW}$

Công suất liên lạc thay đổi:  $\Delta P_{12} = 5000(-0,1852) = -926 \text{ MW}$

Tải khu vực 2 thay đổi:  $\Delta P_{D2} = D_2 \Delta f = 800(-0,1852) = -148,16 \text{ MW}$

Tải và nguồn phát khu vực như sau:

	Khu vực 1	Khu vực 2
Tải	$20000 - 74,07 = 19259,3 \text{ MW}$	$40000 - 148,16 = 39851,84 \text{ MW}$
Phát	$19000 - 1000 = 18000 \text{ MW}$	$41000 - 148,16 + 926 = 41777,84 \text{ MW}$

Công suất truyền liên lạc giữa khu vực 2 sang 1 là  $1259,3 \text{ MW}$  và tần số hệ thống  $50 - 0,1852 = 49,8148 \text{ Hz}$ .

- Cắt đường dây liên kết với không theo lịch phát.

Điều khiển thứ cấp khu vực 1 cố gắng duy trì lịch trao đổi  $1000 \text{ MW}$ .

Vì thế:  $ACE_1 = \Delta P_{12} + B_1 \Delta f_1 = 1000 + 2500 \Delta f_1 = 0$

Giải tìm được:  $\Delta f_1 = -1000 / 2500 = -0,4 \text{ Hz}$

Tải trong khu vực thay đổi:  $\Delta P_{D1} = D_1 \Delta f_1 = 400 \cdot (-0,4) = -160 \text{ MW}$

Tương tự ở khu vực 2:  $\Delta f_2 = 1000 / 5000 = 0,2 \text{ Hz}$

Tần số, nguồn và tải khu vực cho ở bảng

	Khu vực 1	Khu vực 2
Tải	$20000 - 160 = 19840 \text{ MW}$	$40000 + 160 = 40160 \text{ MW}$
Phát	$19840 \text{ MW}$	$40160 \text{ MW}$
Tần số	$49,6 \text{ Hz}$	$50,2 \text{ Hz}$

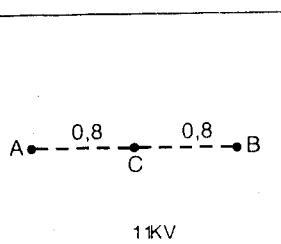
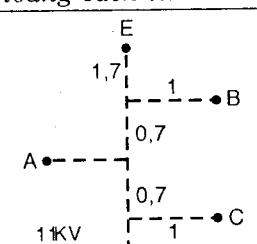
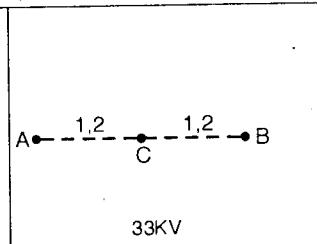
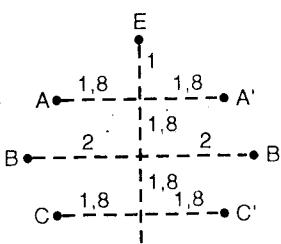
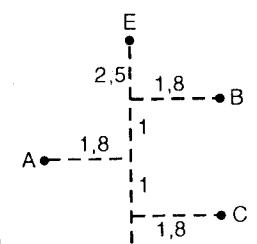
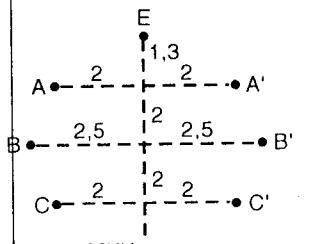
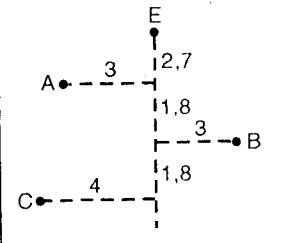
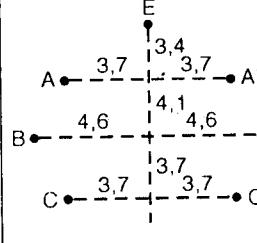
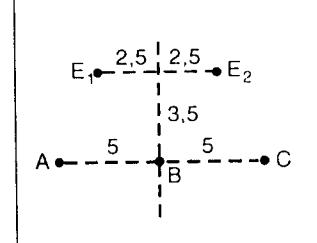
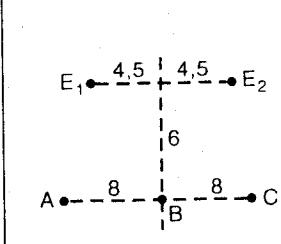
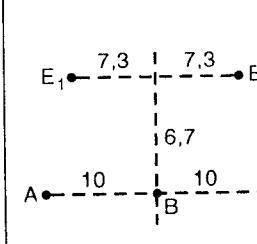
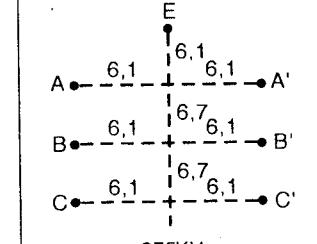
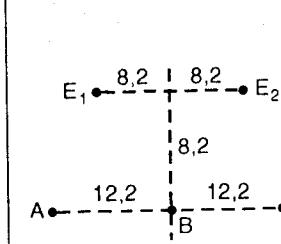
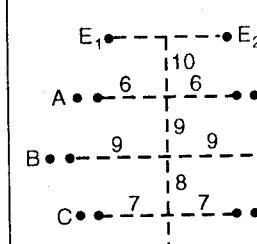
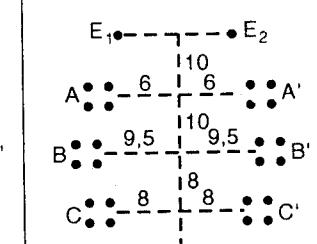
- Cắt đường dây liên lạc với không theo lịch phát bộ điều khiển thứ cấp khu vực 1 sẽ nâng nguồn phát lên  $1000 \text{ MW}$  để nhận công suất từ khu vực kia. Tương tự, bộ điều khiển khu vực 2 giảm nguồn  $1000 \text{ MW}$ . Nguồn và tải mỗi khu vực cân bằng và tần số  $50 \text{ Hz}$ .

**PHỤ LỤC****Bảng PL.1. Bảng tra hệ số  $M_m$  và  $M_a$  (Hệ số bất đối xứng A.F).**

Hệ số $\cos\theta$	(X/R)	$M_m$	$M_a$	Hệ số $\cos\theta$	(X/R)	$M_m$	$M_a$
0		1,732	1,394	30	3,180	1,130	1,064
1	99,995	1,697	1,374	31	3,067	1,122	1,062
2	49,990	1,662	1,354	32	2,961	1,113	1,057
3	33,318	1,630	1,336	33	2,861	1,106	1,053
4	24,980	1,599	1,318	34	2,766	1,098	1,050
5	19,975	1,569	1,302	35	2,676	1,091	1,046
6	16,637	1,540	1,286	36	2,592	1,085	1,043
7	14,251	1,512	1,271	37	2,511	1,079	1,040
8	12,460	1,486	1,256	38	2,434	1,073	1,037
9	11,066	1,461	1,242	39	2,361	1,068	1,034
10	9,950	1,437	1,229	40	2,291	1,062	1,031
11	9,036	1,413	1,216	41	2,225	1,058	1,029
12	8,273	1,391	1,204	42	2,161	1,053	1,027
13	7,627	1,370	1,193	43	2,100	1,049	1,024
14	7,073	1,350	1,182	44	2,041	1,045	1,023
15	6,591	1,331	1,172	45	1,985	1,041	1,021
16	6,169	1,312	1,162	46	1,930	1,038	1,019
17	5,797	1,295	1,152	47	1,878	1,035	1,017
18	5,465	1,278	1,144	48	1,828	1,032	1,016
19	5,167	1,262	1,135	49	1,780	1,029	1,014
20	4,899	1,247	1,127	50	1,732	1,026	1,013
21	4,656	1,232	1,119	55	1,518	1,016	1,008
22	4,434	1,219	1,112	60	1,333	1,009	1,004
23	4,231	1,205	1,105	65	1,169	1,005	1,002
24	4,045	1,193	1,099	70	1,020	1,002	1,001
25	3,873	1,181	1,092	75	0,8819	1,0008	1,0004
26	3,714	1,170	1,087	80	0,7500	1,0002	1,0001
27	3,566	1,159	1,081	85	0,6197	1,00004	1,00002
28	3,429	1,149	1,076	90	0,3287	1,00002	1,00001
29	3,300	1,139	1,071	100	0	1,00000	1,00000

$$\cos\theta = \cos\left[\tan^{-1}(X/R)\right]$$

**Phụ lục 2. Một vài bố trí dây dẫn đường dây trên không tiêu biểu  
(khoảng cách tính bằng met)**

 <p>11kV</p>	 <p>11kV</p>	 <p>33kV</p>
 <p>33kV</p>	 <p>66kV</p>	 <p>66kV</p>
 <p>132kV</p>	 <p>132kV</p>	 <p>110kV</p>
 <p>220kV</p>	 <p>275kV</p>	 <p>275kV</p>
 <p>380kV</p>	 <p>400kV</p>	 <p>400kV</p>

**Bảng PL.3. Bán kính tương đương GMR của dây dẫn bó đồng, nhôm nhiều sợi (r bán kính dây dẫn).**

Số sợi	GMR
7	0,726r
19	0,758r
37	0,768r
61	0,772r
91	0,774r
127	0,776r
169	0,779r
đặc	0,779r

**Bảng PL.4. GMR của dây ACSR.**

Số sợi nhôm	Số lớp dây	GMR
6	1	0,5r
12	1	0,75r
26	2	0,809r
30	2	0,626r
54	3	0,810r

**Bảng PL.5. GMR của dây dẫn cáp**

Đường kính trong	GMR
đường kính ngoài	
0	0,780
0,1	0,782
0,2	0,790
0,3	0,810
0,4	0,825
0,5	0,850
0,6	0,976
0,7	0,910
0,8	0,937
0,9	0,970
1,0	1,0

Bảng PL.6. Đường dây trên không - dây đồng cứng.

Tiết diện danh định	Đường kính dây và số sợi	Đường kính ngoài	Điện trở DC ở 25°C	Tiết diện thực
mm <sup>2</sup>	mm	mm	Ω/km	mm <sup>2</sup>
10	7/1,35	4,05	1,788	10,02
14	7/1,60	4,80	1,273	14,07
16	3/2,65	5,69	1,083	16,54
25	7/2,14	6,42	0,7114	25,17
32	3/3,75	8,05	0,5410	33,13
35	7/2,50	7,50	0,5123	34,36
50	7/3,00	9,00	0,3620	49,48
70	7/3,55	10,65	0,2585	69,29
100	7/4,30	12,90	0,1763	101,65
125	19/2,90	14,50	0,1434	125,50
150	19/3,20	16,00	0,1178	152,81
185	18/3,55	17,75	0,09567	178,16

Bảng PL.7. Đường dây trên không - Dây nhôm lõi thép ACSR.

Tiết diện nhôm danh định	Số sợi và đường kính		Đường kính ngoài	Điện trở DC ở 20°C	Tiết diện nhôm thật	Tiết diện dây
	Nhôm	Thép				
mm <sup>2</sup>	mm	mm	mm	Ω/km	mm <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>
25	6/2,36	1/2,36	7,08	1,093	26,24	30,62
30	6/2,59	1/2,59	7,77	0,9077	31,61	36,88
40	6/3,00	1/3,00	9,00	0,6766	42,41	49,48
50	6/3,35	1/3,35	10,05	0,5426	52,88	61,70
70	12/2,79	7/2,79	13,95	0,3936	73,37	116,2
100	6/4,72	7/1,57	14,15	0,2733	105,0	118,5
150	30/2,59	7/2,59	18,13	0,1828	158,1	194,9
150	18/3,35	1/3,35	16,75	0,1815	158,7	167,5
175	30/2,79	7/2,79	19,53	0,1576	183,4	226,2
200	30/3,00	7/3,00	21,00	0,1363	212,1	261,5
200	18/3,86	1/3,86	19,30	0,1367	210,6	222,3
400	54/3,18	7/3,18	28,62	0,06740	428,9	484,5
500	54/3,53	7/3,53	31,77	0,05468	528,7	597,2

**Bảng PL.8. Đường dây trên không - dây hợp kim nhôm.**

Tiết diện nhôm danh định (mm <sup>2</sup> )	Số sợi và đường kính (mm)	Đường kính ngoài (mm)	Điện trở DC ở 20°C (Ω/km)	Tiết diện dây (mm <sup>2</sup> )
25	7/2,34	7,02	1,094	30,10
30	7/2,54	7,62	0,9281	35,47
40	7/2,95	8,85	0,6880	47,84
50	7/3,30	9,90	0,5498	59,87
100	7/4,65	13,95	0,2769	118,9
150	19/3,48	17,40	0,1830	180,7
175	19/3,76	18,80	0,1568	211,0
300	37/3,53	24,71	0,09155	362,1

**Bảng PL.9. Đường dây trên không - Dây nhôm.**

Tiết diện nhôm danh định (mm <sup>2</sup> )	Số sợi và đường kính (mm)	Đường kính ngoài (mm)	Điện trở DC ở 20°C (Ω/km)	Tiết diện dây (mm <sup>2</sup> )
22	7/2,06	6,18	1,227	23,33
50	7/3,10	9,30	0,5419	52,83
60	7/3,40	10,20	0,4505	63,55
100	7/4,39	13,17	0,2702	106,0
150	19/3,25	16,25	0,1825	157,6
200	19/3,78	18,90	0,1349	213,2
250	19/4,22	21,10	0,1083	265,7
300	19/4,65	23,25	0,08916	322,7
400	37/3,78	26,46	0,06944	415,2

Bảng PL.10. Phát tuyến đường dây trên không.

Tiết diện (mm <sup>2</sup> )	3,3kV		6,6kV		11kV		22kV		33kV		66kV		132kV	
	%R	%X	%R	%X	%R	%X	%R	%X	%R	%X	%R	%X	%R	%X
25	653	319	163	82	59	30	14,6	7,8	6,5	3,6	-	-	-	-
50	332	302	83	78	30	29	7,47	7,4	3,3	3,5	0,83	0,98	-	-
70	237	291	59	76	21	28	5,33	7,3	2,4	3,4	0,59	0,96	0,148	0,261
100	162	282	40	74	14,6	27	3,65	7,1	1,6	3,3	0,40	0,94	0,101	0,257
150	108	268	27	70	9,7	26	2,43	6,8	1,1	3,1	0,27	0,90	0,068	0,246
200	83	262	21	68	7,5	25,6	1,87	6,7	0,83	3,08	0,21	0,88	0,052	0,243
250	65	257	16	67	5,9	25,1	1,46	6,5	0,65	3,00	0,16	0,87	0,041	0,239
300	56	251	14	66	5,0	24,6	1,26	6,4	0,56	2,97	0,14	0,86	0,035	0,236

Trị số trên là cho dây đồng. Đối với dây nhôm điện trở lớn hơn 60%, kháng trở nhỏ hơn 4%.

Ghi chú: Điện trở, kháng trở trên mỗi km; đơn vị phần trăm;  $S_{cb} = 100\text{MVA}$ .

$$R = \frac{\%R \times V^2(\text{kV})}{10000} (\Omega) \quad X = \frac{\%X \times V^2(\text{kV})}{10000} (\Omega)$$

Bảng PL.11. Đường dây trên không, dây dẫn nhôm.

Điện thế đường dây ACSR cờ dây mm <sup>2</sup>	Số dây đất	Tổng trở thứ tự (ohms/km)					
		Z <sub>00</sub> (tổng trở thứ tự không không)		Z <sub>11</sub> = Z <sub>22</sub> tổng trở thứ tự thuận	Z <sub>00</sub> (tổng trở thứ tự không hỗ cản)		
		ρ = 10.000 W/cm <sup>3</sup>	ρ = 30.000 Ω/cm <sup>3</sup>		ρ = 10.000 W/cm <sup>3</sup>	ρ = 30.000 Ω/cm <sup>3</sup>	
33kV đường dây đơn 100	không	1,56 / 73,1	1,71 / 74,15	0,53 / 54,9	-	-	
	một	1,16 / 63,8	1,19 / 63,9	0,53 / 54,9	-	-	
66 hay 33kV đường dây kép 100	không	1,58 / 73,3	1,68 / 74,3	0,52 / 55,6	0,99 / 81,5	1,10 / 82,3	
	một	1,21 / 65,6	1,24 / 65,6	0,52 / 55,6	0,60 / 71,2	0,64 / 71,2	
66kV đường dây kép 100	không	1,52 / 77,3	1,62 / 78,1	0,42 / 63,5	0,99 / 81,4	1,09 / 82,3	
	một	1,20 / 69,6	1,24 / 68,5	0,42 / 63,5	0,66 / 69,3	0,71 / 67,7	

**Bảng PL.12. Đường dây siêu cao thế trên không**  
**dây dẫn nhôm (Ohms/km)**

Cấp điện thế. Số dây dẫn × tiết diện danh định	Thông số đường dây ohm/km, (điện trở đất $20\Omega\text{m}$ )			
		$Z_0$	$Z_1$	$Z_{0M}$
132kV	ohms	0,354+j1,022	0,177+j0,402	0,178+j0,509
1 × 175	%	0,203+j0,586	0,101+j0,231	0,102+j0,292
132kV	ohms	0,265+j0,899	0,089+j0,293	0,177+j0,511
2 × 175	%	0,152+j0,516	0,051+j0,168	0,102+j0,293
132kV	ohms	0,191+j0,963	0,076+j0,379	0,115+j0,472
1 × 400	%	0,110+j0,553	0,044+j0,218	0,066+j0,272
132kV	ohms	0,153+j0,857	0,038+j0,281	0,115+j0,480
2 × 400	%	0,088+j0,492	0,022+j0,162	0,066+j0,275
275kV	ohms	0,1475+j0,833	0,0383+j0,320	0,1096+j0,445
2 × 400	%	0,0195+j0,110	0,0051+j0,042	0,0145+j0,059
275kV	ohms	0,1989+j0,861	0,0888+j0,316	0,1105+j0,484
2 × 175	%	0,0263+j0,114	0,0117+j0,042	0,0146+j0,064
275kV	ohms	0,1575+j0,929	0,0452+j0,393	0,1126+j0,473
1 × 700	%	0,0208+j0,123	0,0060+j0,052	0,0149+j0,063
400kV	ohms	0,1474+j0,837	0,0383+j0,320	0,1095+j0,448
2 × 400	%	0,0092+j0,052	0,0024+j0,020	0,0068+j0,028
400kV	ohms	0,1049+j0,792	0,0192+j0,278	0,0857+j0,424
4 × 400	%	0,0065+j0,049	0,0012+j0,017	0,0054+j0,027
400kV	ohms	0,1075+j0,820	0,0227+j0,312	0,0849+j0,418
2 × 700	%	0,0067+j0,051	0,0014+j0,019	0,0053+j0,026
400kV	ohms	0,1475+j0,825	0,0319+j0,310	0,1160+j0,447
2 × 500	%	0,0092+j0,052	0,0020+j0,019	0,0073+j0,028

*Ghi chú:* Trị số đơn vị phần trăm ở điện thế định mức và  $S_{cb} = 100\text{MVA}$ .

Bảng PL.13. Cáp cách điện giấy.

Tiết diện mm <sup>2</sup>	3,3kV		6,6kV		11kV		22kV		33kV	
	%R	%X	%R	%X	%R	%X	%R	%X	%R	%X
10	2057	87,7	514,2	26,2	—	—	—	—	—	—
16	1303	83,6	326,0	24,3	111	9,26	—	—	—	—
25	825,5	76,7	206,4	22,0	70,7	8,68	17,69	2,89	—	—
35	595,0	74,8	148,8	21,2	60,0	8,10	12,75	2,71	—	—
50	439,9	72,5	110,0	20,4	37,7	7,81	9,42	2,60	4,19	1,16
70	304,9	70,2	76,2	19,6	26,1	7,44	6,53	2,46	2,90	1,09
95	220,4	67,5	55,1	18,7	18,8	7,19	4,71	2,36	2,09	1,03
120	174,5	66,6	43,6	18,3	15,0	6,90	3,74	2,25	1,65	0,98
150	142,3	65,7	35,6	17,9	12,1	6,78	3,04	2,19	1,35	0,95
185	113,9	64,7	28,5	17,6	9,8	6,61	2,44	2,11	1,08	0,93
240	87,6	63,8	21,9	17,1	7,5	6,45	1,87	2,04	0,83	0,89
300	70,8	62,9	17,6	16,9	6,1	6,32	1,51	1,97	0,67	0,86
400	56,7	62,4	14,1	16,5	4,8	6,20	1,21	1,92	0,53	0,83
*500	45,5	73,5	11,3	18,8	4,0	7,02	0,96	1,90	0,43	0,90
*630	37,1	72,1	9,3	18,4	3,2	6,86	0,79	1,84	0,35	0,89
*800	31,2	71,2	7,8	18,0	2,7	6,69	0,66	1,80	0,29	0,84
*1000	27,2	69,8	6,7	17,8	2,4	6,61	0,57	1,76	0,25	0,82
Cáp 3 lõi										

*Ghi chú:* Điện trở, kháng trở đơn vị phần trăm

$$S_{cb} = 100 \text{ MVA, mỗi km}$$

$$R = \frac{\%R \times V^2(\text{kV})}{10.000} \Omega/\text{km}$$

$$X = \frac{\%X \times V^2(\text{kV})}{10.000} \Omega/\text{km}$$

Bảng PL.14. Cáp cách điện PVC 3,3kV.

Tiết diện mm <sup>2</sup>	3,3kV	
	%R	%X
16	1267	97,3
25	799	91,8
35	576	86,3
50	425	83,6
70	295	79,0
95	213	77,1
120	169	74,4
150	138	72,5
185	111	70,7
240	85,3	69,8
300	68,9	68,9
400	55,1	68,8
*500	45,0	81,7
*630	37,6	79,0
*800	32,1	79,0
*1000	27,5	77,1
Cáp 3 lõi		

Ghi chú: R, X đơn vị phần trăm

$$S_{cb} = 1001 \text{ MVA, mỗi km}$$

$$R = \frac{\%R \times V^2 (\text{kV})}{10.000} \Omega / \text{km}$$

$$X = \frac{\%X \times V^2 (\text{kV})}{10.000} \Omega / \text{km}$$

Các giá trị trên cho dây đồng

Đối với dây nhôm cùng tiết diện điện trở lớn hơn 65%, kháng trở giảm 5%.

Bảng PL.15. Dữ liệu cáp cách điện Polyethylene (XLPE)

	3,3kV		6,6kV		11kV		22kV		33kV		66kV		132kV	
	%R	%X	%R	%X	%R	%X	%R	%X	%R	%X	%R	%X	%R	%X
16	1340	94,6	335	32,4	121	11,7	-	-	-	-	-	-	-	-
25	851	89,1	213	30,1	76,6	10,8	-	-	-	-	-	-	-	-
35	613	82,6	153	28,0	55,2	10,1	-	-	-	-	-	-	-	-
50	453	79,9	113	26,6	40,7	9,6	10,2	2,98	4,53	1,32	-	-	-	-
70	314	76,2	78,5	25,3	28,3	9,1	7,07	2,81	3,14	1,25	-	-	-	-
95	233	74,4	56,5	23,9	20,3	8,6	5,08	2,67	2,26	1,18	0,56	3,37	0,14	0,105
120	180	71,6	45,0	23,0	16,2	8,3	4,05	2,54	1,80	1,13	0,45	0,35	0,11	0,101
150	146	69,8	36,5	22,3	13,1	8,0	3,29	2,46	1,46	1,09	0,37	0,34	0,091	0,096
185	118	68,9	29,2	21,6	10,5	7,8	2,62	2,38	1,17	1,06	0,29	0,32	0,073	0,092
240	91	67,0	22,5	20,7	8,1	7,4	2,03	2,27	0,90	1,01	0,22	0,30	0,056	0,085
300	73	66,1	18,2	20,0	6,5	7,2	1,64	2,19	0,73	0,97	0,18	0,29	0,045	0,081
*400	57	80,8	14,2	22,5	5,1	8,1	1,26	2,29	0,56	1,02	0,14	0,27	0,036	0,076
*500	46	79,9	11,6	21,8	4,2	7,9	1,02	2,23	0,46	0,99	0,11	0,27	0,028	0,074
*630	37	78,1	9,4	20,7	3,4	7,4	0,83	2,11	0,37	0,94	0,092	0,25	0,023	0,071
Cáp 3 lõi														

Ghi chú: đơn vị tính phần trăm với  $S_{cb} = 100$  MVA trên mỗi km.

$$R(\Omega) = \frac{\%R \times V^2(kV)}{10.000} \quad X(\Omega) = \frac{\%X \times V^2(kV)}{10000}$$

Các trị số cho ở bảng là của dây đồng.

Đối với dây nhôm điện trở lớn hơn 65% cùng một tiết diện, kháng trở giảm 5%.

Bảng PL.16. Tổng trở thanh dẫn

Đòng đm(A)	Thanh cái đồng (ohm/m)			Thanh cái nhôm (ohm/m)		
	R	X	Z	R	X	Z
225	0,000274	0,000262	0,000380	0,000062	0,000240	0,000430
400	0,000143	0,000076	0,000162	0,000180	0,000073	0,000194
600	0,000114	0,000059	0,000129	0,000099	0,000040	0,000100
800	0,000072	0,000045	0,000126	0,000080	0,000050	0,000094
1000	0,000050	0,000044	0,000065	-	-	-

Thanh dẫn tổng trở thấp				Thanh dẫn giới hạn dòng				
Dòng đm(A)	R	X	Z	Dòng đm(A)	R	X	Z	X/R
800	0,000072	0,000028	0,000077	1000	0,000043	0,00021	0,00021	4,880
1000	0,000062	0,000016	0,000064	1350	0,000039	0,00020	0,00020	5,128
1350	0,000041	0,000014	0,000044	1600	0,000030	0,000184	0,000187	6,133
1600	0,000038	0,000011	0,000040	2000	0,000023	0,000170	0,000170	7,390
2000	0,000025	0,000010	0,000027	2500	0,000020	0,000160	0,000160	8,000
2500	0,000019	0,000008	0,000020	3000	0,000016	0,000151	0,000151	9,440
4000	0,000012	0,000005	0,000013	4000	0,000013	0,000138	0,000138	10,62

Bảng PL.17. Các trị số tiêu biểu của máy điện.

Thể loại máy điện	Máy bù đồng bộ cực lồi	Rotor máy phát cực ẩn		Máy phát cực lồi	
		Thường	Làm lạnh	4 cực	Đa cực
Tỉ số ngắn mạch	0,5-0,7	1,0-1,2	0,5	0,5	0,5-0,9
Kháng trở db dọc trực (đvtđ)	0,6-2,0	0,8-1,0	2,0-2,3	2,1-2,4	1,3-2,1
Kháng trở db ngang trực (đvtđ)	1,0-1,25	0,5-0,65	1,9-2,1	1,95-2,25	0,6-1,2
Kháng trở quá độ (đvtđ)	0,3-0,5	0,2-0,35	0,18-0,25	0,27-0,3	0,15-0,35
Z siêu quá độ dọc trực (đvtđ)	0,2-0,4	0,12-0,25	0,11-0,13	0,19-0,23	0,1-0,25
Z siêu quá độ ngang trực	0,25-0,6	0,15-0,45	nt	0,14-0,35	nt
Kháng trở thứ tự nghịch (đvtđ)	0,25-0,5	0,14-0,35	nt	0,12-0,3	nt
Kháng trở thứ tự không (đvtđ)	0,12-0,16	0,06-0,1	0,05-0,075	0,11-0,16	0,03-0,1
Thời hằng quá độ ngắn mạch (s)	1,5-2,5	1,0-2,0	0,75-1,0	0,75-1,0	0,8-1,2
Thời hằng quá độ không tải (s)	5-10	3-7	4-8	6-95	4-8
Thời hằng siêu quá độ dọc trực (s)	0,04-0,09	0,05-0,1	0,015-0,025	0,02-0,03	0,02-0,04
Thời hằng không tải ---//---(s)	0,07-0,11	0,08-0,25	nt	0,04-0,07	nt
Thời hằng NM siêu qđ ngang trực (s)	0,04-0,6	0,05-0,6	nt	0,1-0,15	nt
Thời hằng không tải ---//--- (s)	0,1-0,2	0,2-0,9	nt	0,3-0,7	0,1-0,2

Bảng PL.18. Tình trạng hoạt động mất cân bằng của máy điện đồng bộ.

STT	Thể loại máy điện	$I_2/I_N$ max đang hoạt động	$I_2/I_N$ max hoạt động dưới điều kiện sự cố
	Máy điện cực lồi		
1	Làm lạnh gián tiếp		
	Motor	0,1	20
	Máy phát	0,08	20
	Bù đồng bộ	0,1	20
2	Làm lạnh trực tiếp		
	Motor	0,08	15
	Máy phát	0,05	15
	Bù đồng bộ	0,08	15
	Máy điện cực ẩn		
3	Làm lạnh gián tiếp		
	Không khí	0,1	15
	Hydrogen	0,1	10
4	Làm lạnh trực tiếp		
	$\leq 350$ MVA	0,08	8
	$> 350 \leq 900$ MVA	*	**
	$> 900 \leq 1250$ MVA	*	5
	$> 1250 \leq 1600$ MVA	0,05	5

**PL.19.** *Tổng trở phần trãm, R và X tương đối tiêu biểu của máy biến áp 3 pha khô đặt trong nhà và ngoài trời.*

*(cuộn sơ cấp đấu  $\Delta$ , cuộn thứ cấp đấu  $\lambda$  hay  $\Delta$ )*

kVA	Cao (kV)	hạ (V)	%Z	X/R	R	X
15			3,00	0,5	0,0268	0,0134
30			5,00	1,0	0,0354	0,0354
45			5,00	1,0	0,0354	0,0354
75			5,50	2,0	0,0246	0,0492
112,5			4,50	1,5	0,0250	0,0374
150			4,50	2,0	0,0201	0,0402
225	2,5-15	208Y-600	5,00	2,5	0,0186	0,0464
300			5,00	2,8	0,0168	0,0471
500			5,00	4,0	0,121	0,0485
750			5,75	2,0	0,0257	0,0514
1000			5,75	2,5	0,0124	0,0534
1000	2,5-15	480Y	8,00	3,8	0,0214	0,0773
1500			5,75	3,3	0,0166	0,0550
2000	2,5-15	208Y-600	5,75	4,0	0,0139	0,0556
2500			5,75	4,3	0,0139	0,0560

**PL.20.** *Tổng trở phần trãm, R và X tương đối tiêu biểu của máy biến áp đầu 3 pha.*

*(cuộn sơ cấp đấu  $\Delta$  hay  $\lambda$ , cuộn thứ cấp đấu  $\lambda$  hay  $\Delta$ )*

kVA	Cao (kV)	Cao(BIL) (kV)	Hạ (kV)	hạ (BIL) (kV)	%Z	X/R	R	X
112,5					2,0	1,9	0,0095	0,0176
150,0					2,0	2,2	0,0083	0,0182
225					2,0	2,6	0,0071	0,0187
300					4,5	2,9	0,0145	0,0425
500					4,5	4,3	0,0103	0,0438
750					5,75	4,9	0,0116	0,0563
1000	2,4-13,8	$\leq 36$	0,120-0,600	10	5,75	5,3	0,0165	0,0565
1000		$\geq 110$			8,0	5,3	0,0148	0,0786
1500					5,75	5,9	0,0096	0,0567
2000					5,75	6,3	0,0090	0,0568
2500					5,75	6,7	0,0085	0,0569
3000					5,75	7,0	0,0082	0,0569
3750					5,75	10,8	0,0053	0,0573

**PL.21. Tổng trớ tiêu biếu máy biến áp 3 pha đầu**  
 (cuộn sơ cấp đấu  $\Delta$  hay  $\backslash$ , cuộn thứ cấp đấu  $\Delta$  hay  $\Delta$ )

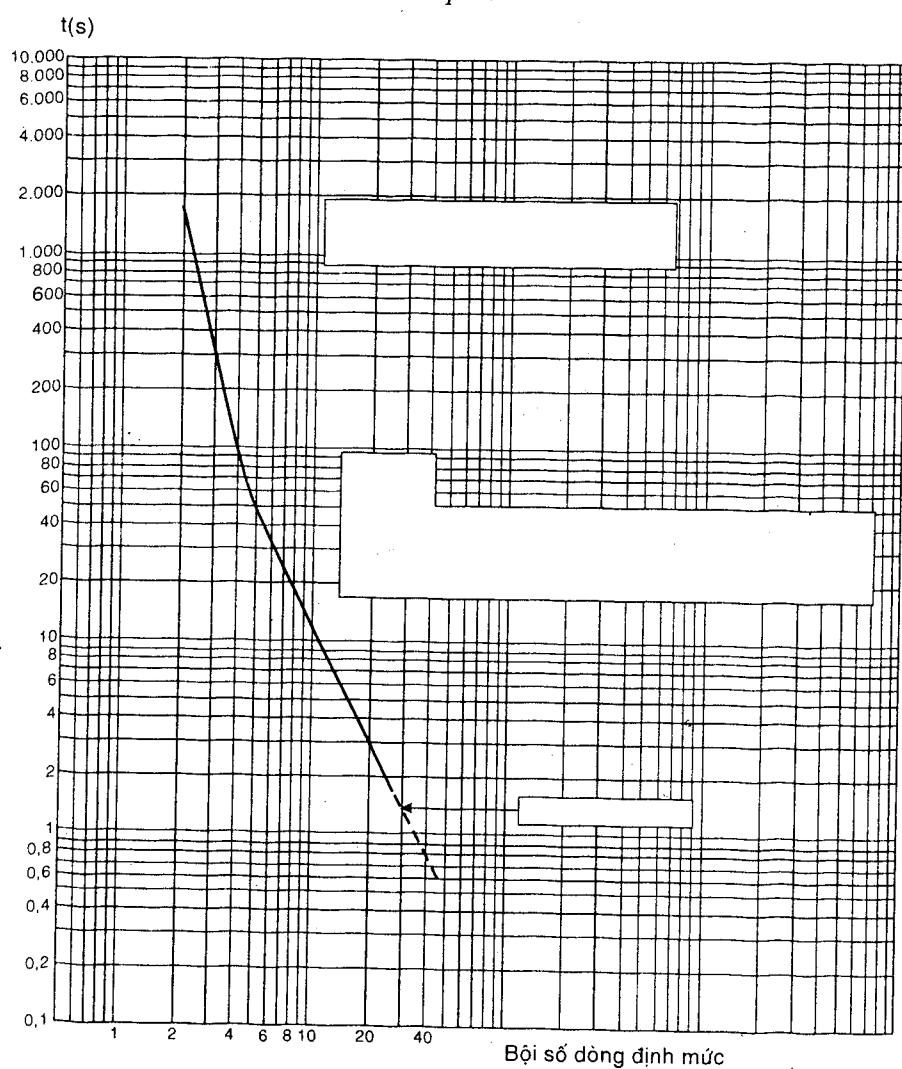
Cao (kV)	Cao' (BIL) (kV)	hạ (kV)	Hạ (BIL) (kV)	%Z	R <sub>dvtd</sub>	X <sub>dvtd</sub>
13,8	110	2,4	60	5,5	*	+
		4,16	75	5,5	*	+
		7,2	95	5,5	*	+
		2,4	60	5,5	*	+
		4,16	75	5,5	*	+
		7,2	95	5,5	*	+
22,9	150	13,8	110	5,5	*	+
		2,4	60	6,0	*	+
		4,16	75	6,0	*	+
		7,2	95	6,0	*	+
		13,8	110	6,0	*	+
		22,9	150	6,5	*	+
34,5	200	2,4	60	6,5	*	+
		4,16	75	6,5	*	+
		7,2	95	6,5	*	+
		13,8	110	6,5	*	+
		22,9	150	6,5	*	+
		34,5	200	7,0	*	+
43,8	250	2,4	60	6,5	*	+
		4,16	75	6,5	*	+
		7,2	95	6,5	*	+
		13,8	110	6,5	*	+
		22,9	150	6,5	*	+
		34,5	200	7,0	*	+
67,0	350	2,4	60	7,0	*	+
		4,16	75	7,0	*	+
		7,2	95	7,0	*	+
		13,8	110	7,0	*	+
		22,9	150	7,0	*	+
		34,5	200	7,0	*	+
115	550	43,8	250	7,5	*	+
		13,8	110	8,0	*	+
		22,9	150	8,0	*	+
		34,5	200	8,0	*	+
		43,8	250	9,0	*	+
		67,0	350	9,0	*	+
138	650	13,8	110	8,5	*	+
		22,9	150	8,5	*	+
		34,5	200	8,5	*	+
		43,8	250	9,5	*	+
		67,0	350	9,5	*	+
		115	550	10,5	*	+
161	750	13,8	110	9,0	*	+
		22,9	150	9,0	*	+
		34,5	200	9,0	*	+
		43,8	250	9,0	*	+
		67,0	350	10,0	*	+
		115	550	11,0	*	+
		138	650	11,0	*	+

$$* R_{dvtd} = (\%Z/100) \times \cos(\tan^{-1}[X/R])$$

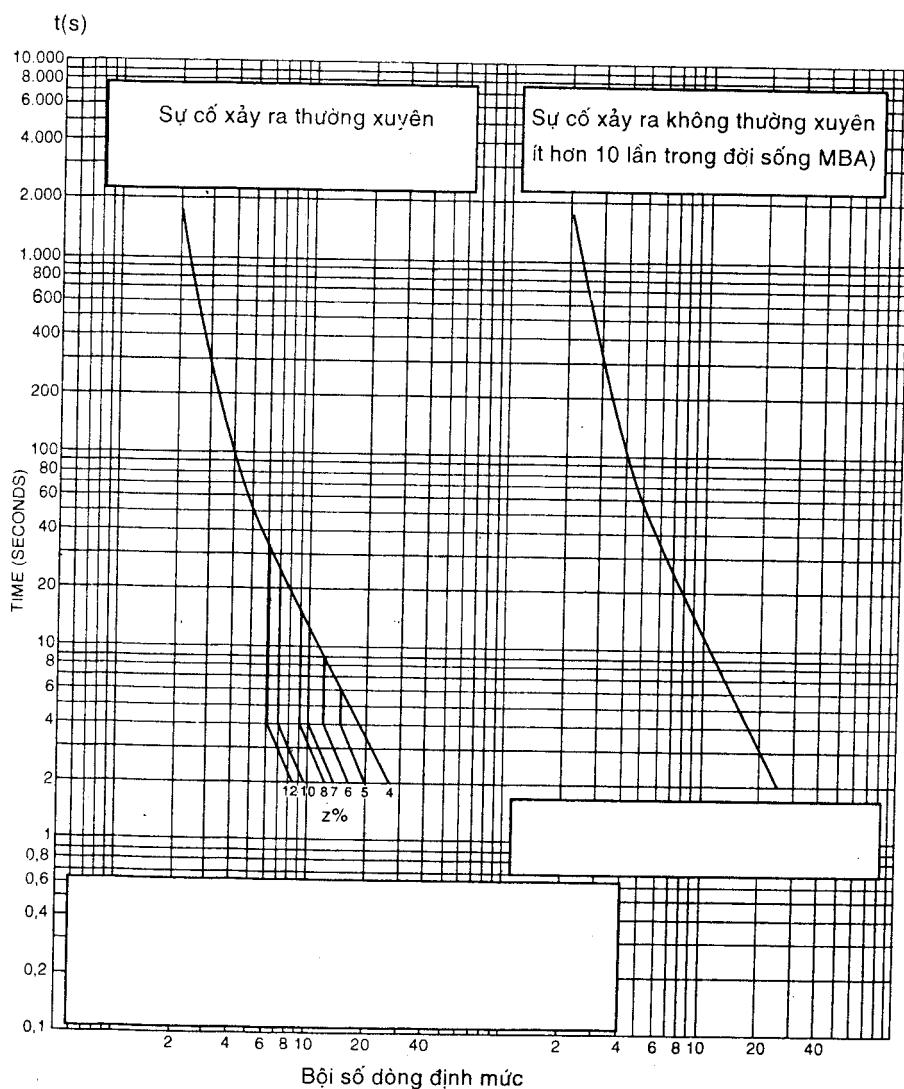
$$+ X_{dvtd} = (\%Z/100) \times \sin(\tan^{-1}[X/R])$$

Tìm tỉ số X/R trên hình 2.5

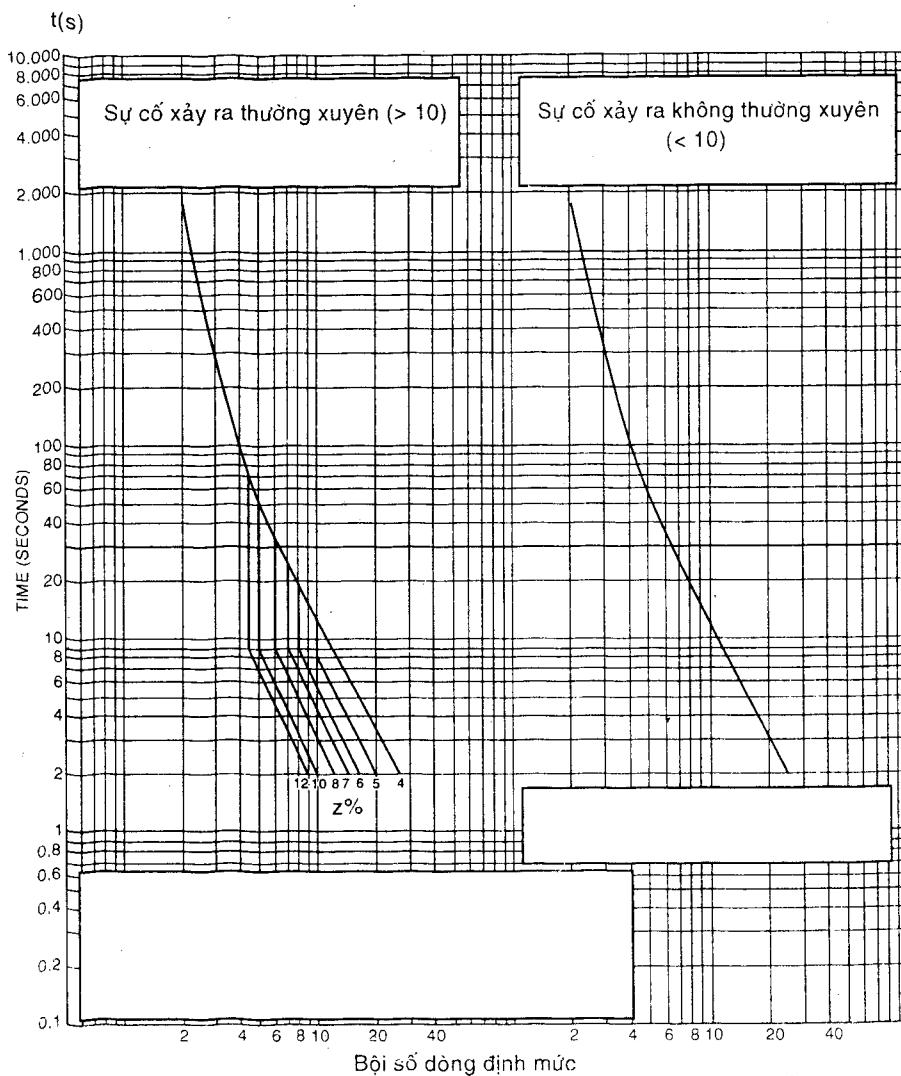
PL.22. Đường cong phá hủy máy biến áp: 5 - 500 kVA đơn pha, 15 - 500 kVA ba pha.



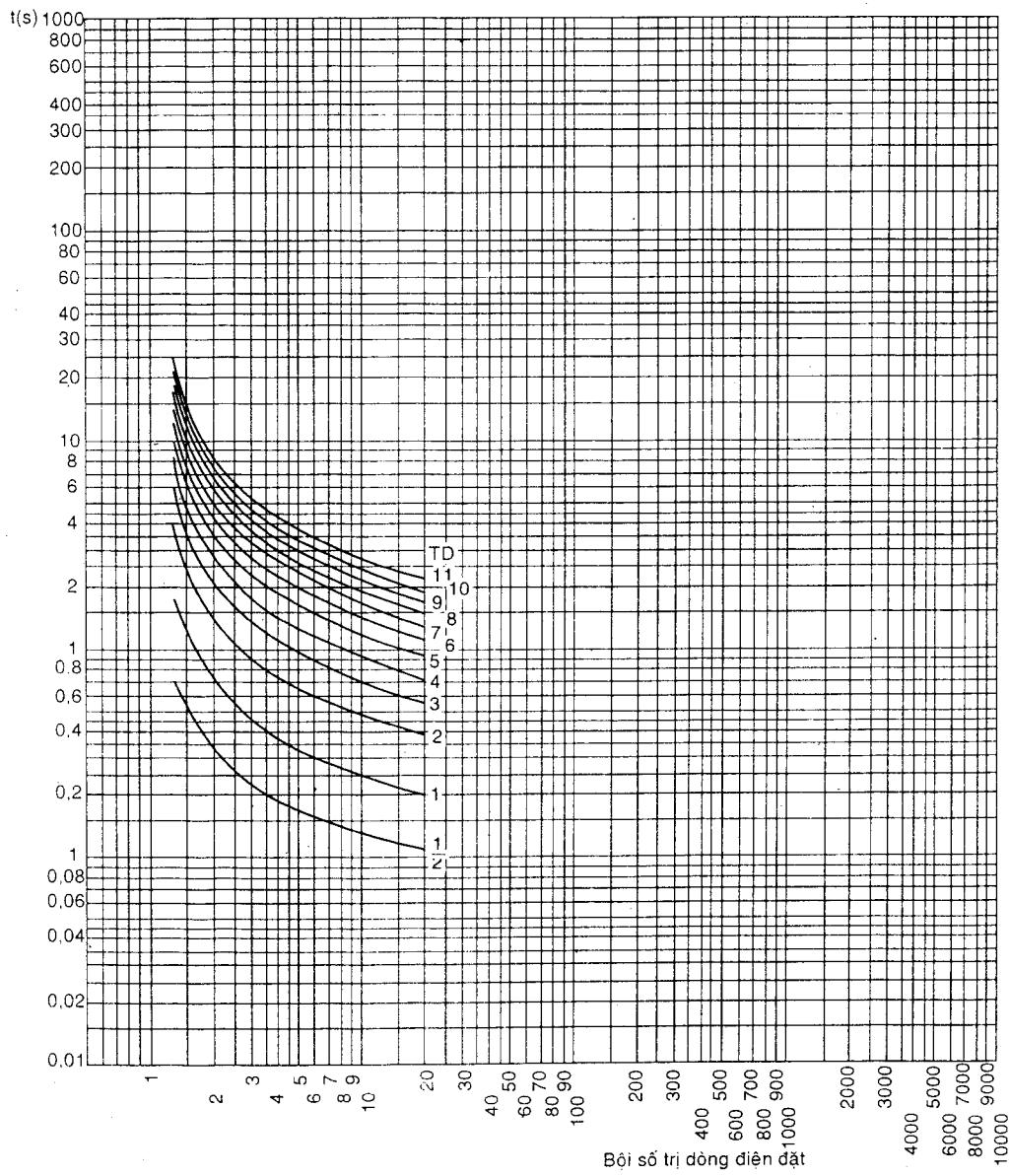
PL.23. Đường cong phá hủy máy biến áp: 501 – 1667 kVA đơn pha, 501 – 5000 kVA 3 pha.



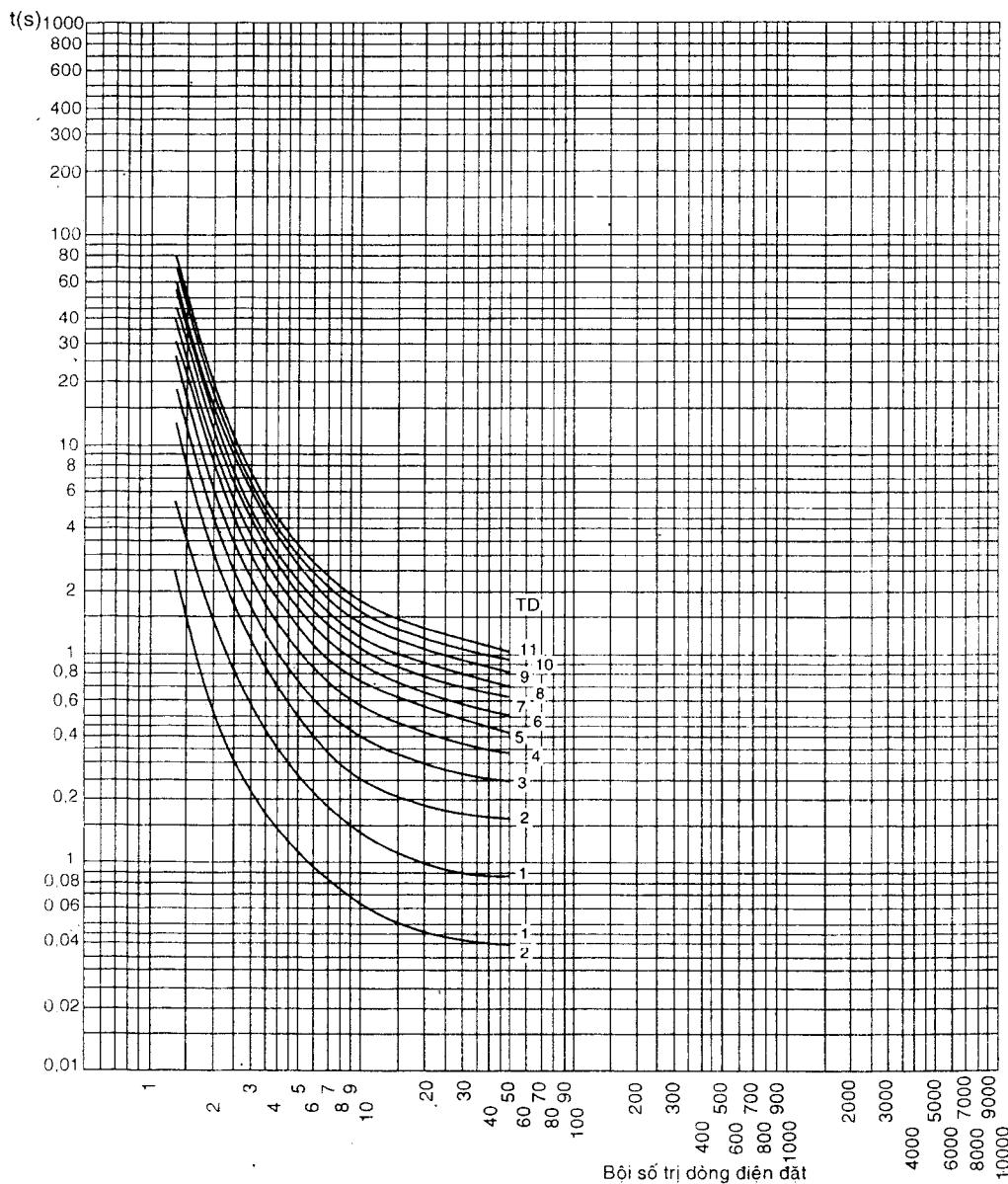
**PL.24. Đường cong phá hủy máy biến áp: 1668 – 10.000 kKVA đơn pha, 5001 – 30.000 kVA ba pha.**



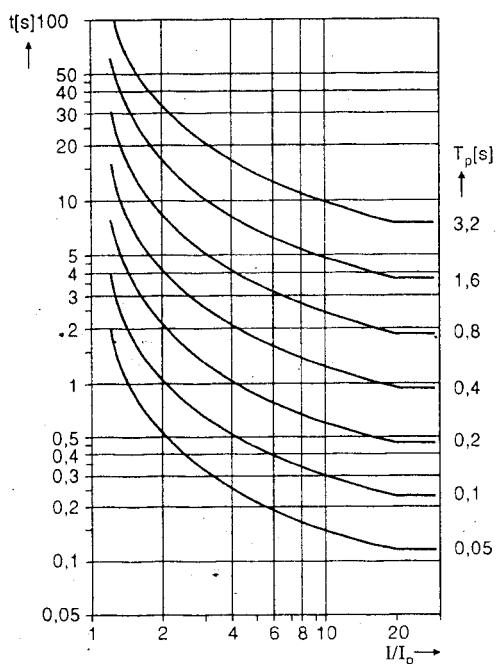
## **Phụ lục 25. Đặc tuyển thời gian - dòng điện role CO - 7 - (Westing house) - độ dốc chuẩn**



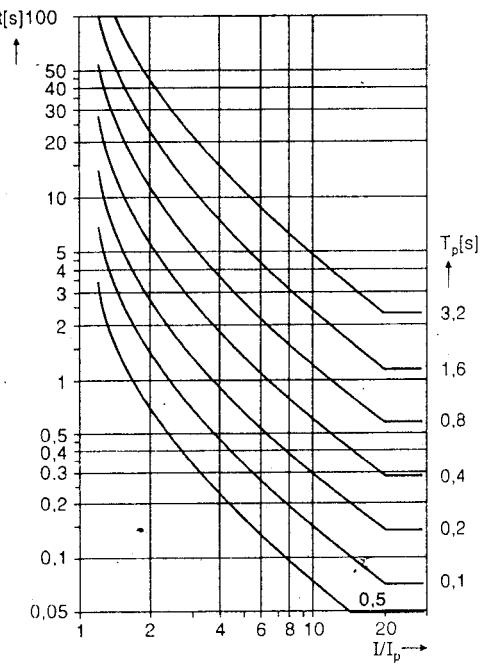
**Phụ lục 26. Đặc tuyến thời gian - dòng điện role CO - 9**  
**(Westing house - rất dốc)**



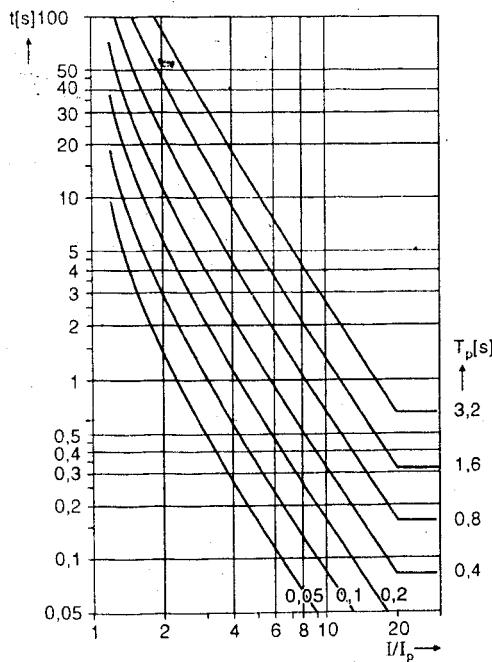
## Phụ lục 27. Đặc tuyến thời gian - dòng điện - 7SJ511 (Siemens)



dốc chuẩn:  $t = \frac{0.14}{(I/I_p)0.02 - 1} - T_p$  [s]

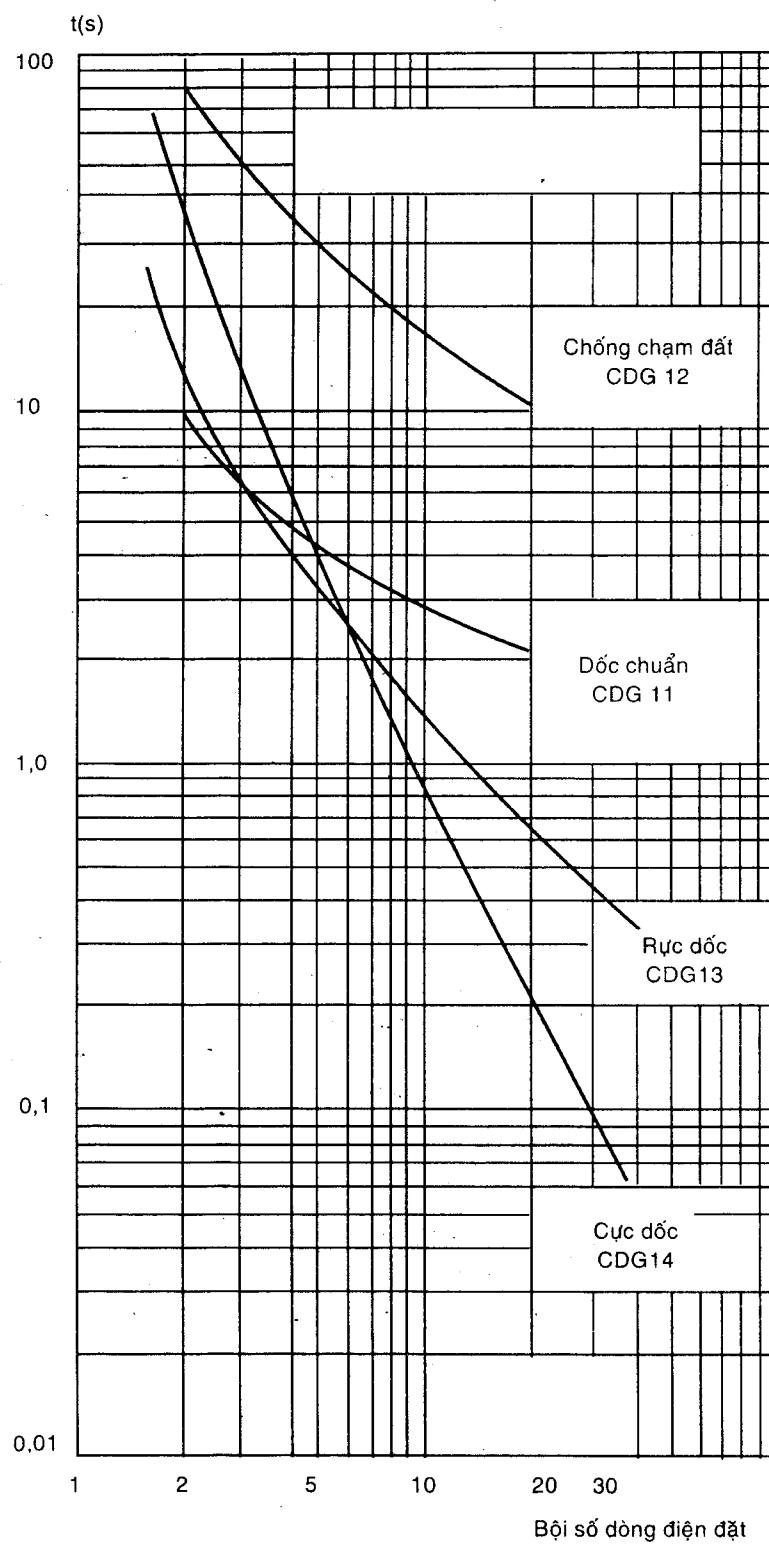


rất dốc:  $t = \frac{13.5}{(I/I_p) - 1} - T_p$  [s]

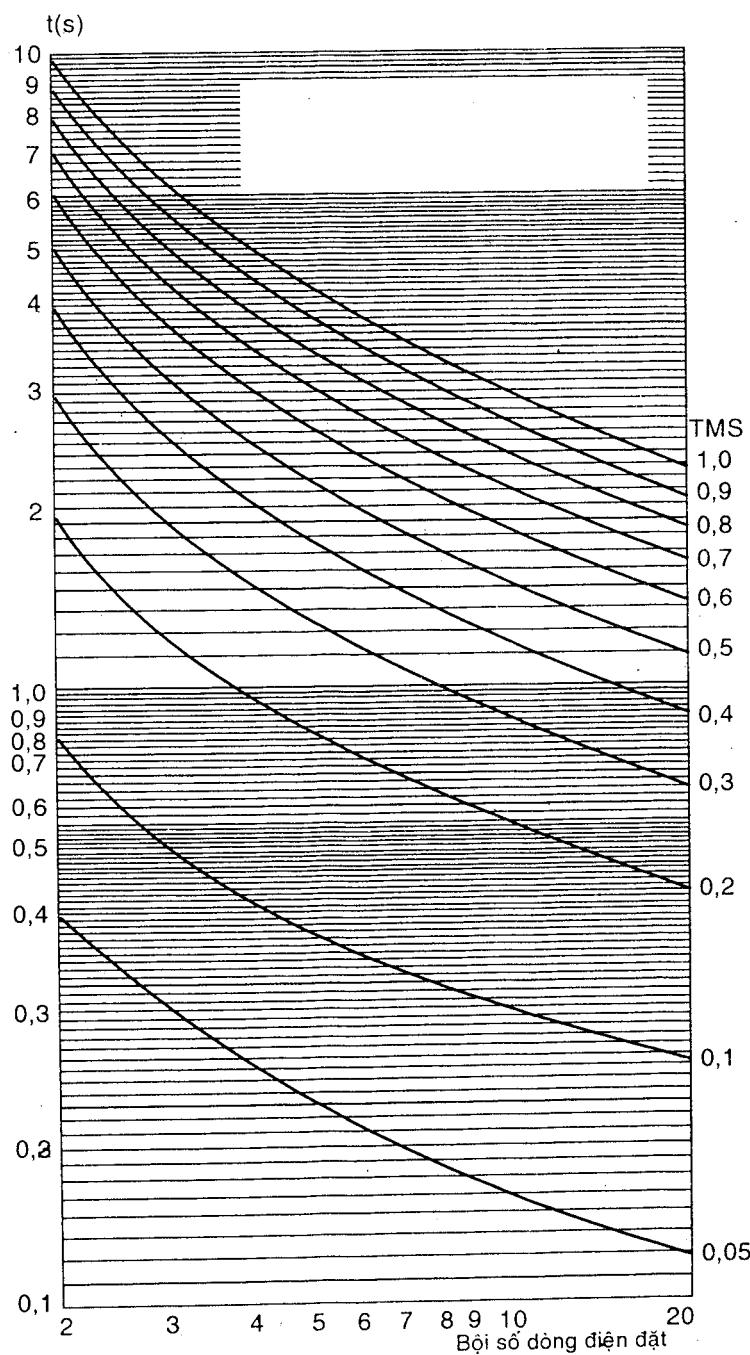


cực dốc:  $t = \frac{80}{(I/I_p)^2 - 1} - T_p$  [s]

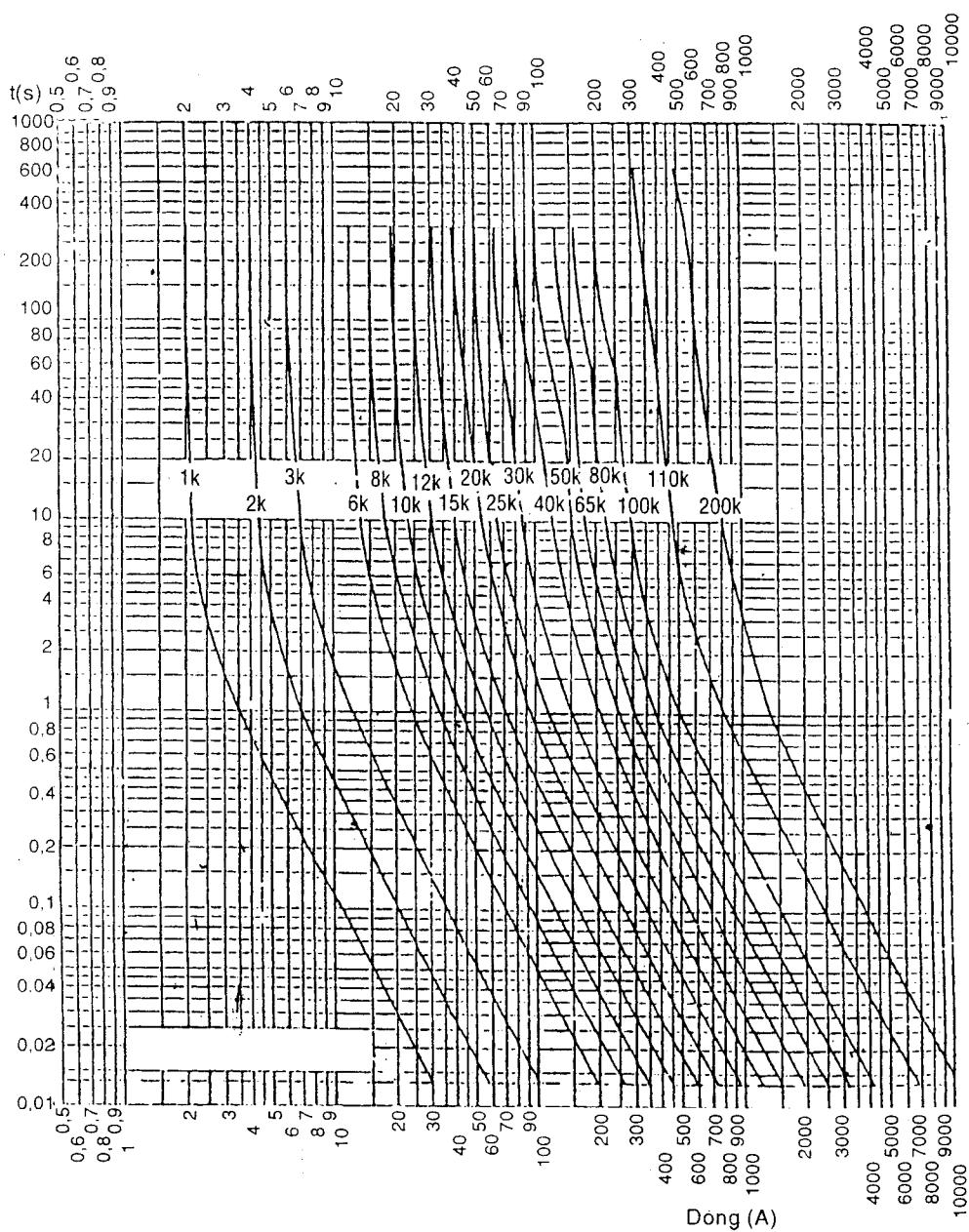
$t$  = thời gian tác động cắt  
 $T_p$  = trị đặt thời gian  
 $I$  = dòng ngắn mạch  
 $T_p$  = trị đặt dòng điện khởi động

**Phụ lục 28. Đặc tuyến thời gian - dòng điện ròle (Gec - Athom)**

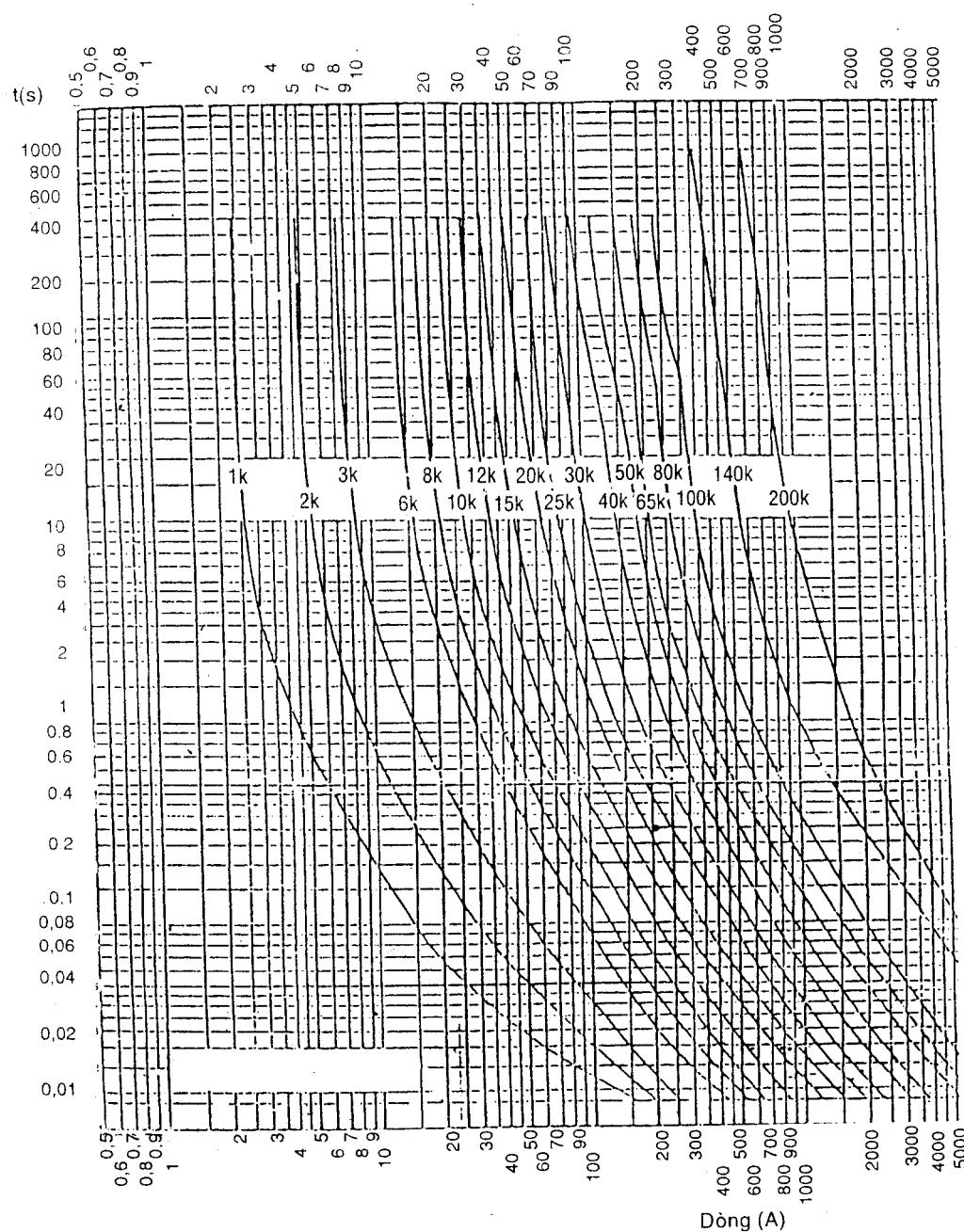
**Phụ lục 29. Đặc tuyến thời gian - dòng điện role CDG 11  
(Gec - (Athom) - đặc dốc chuẩn.**



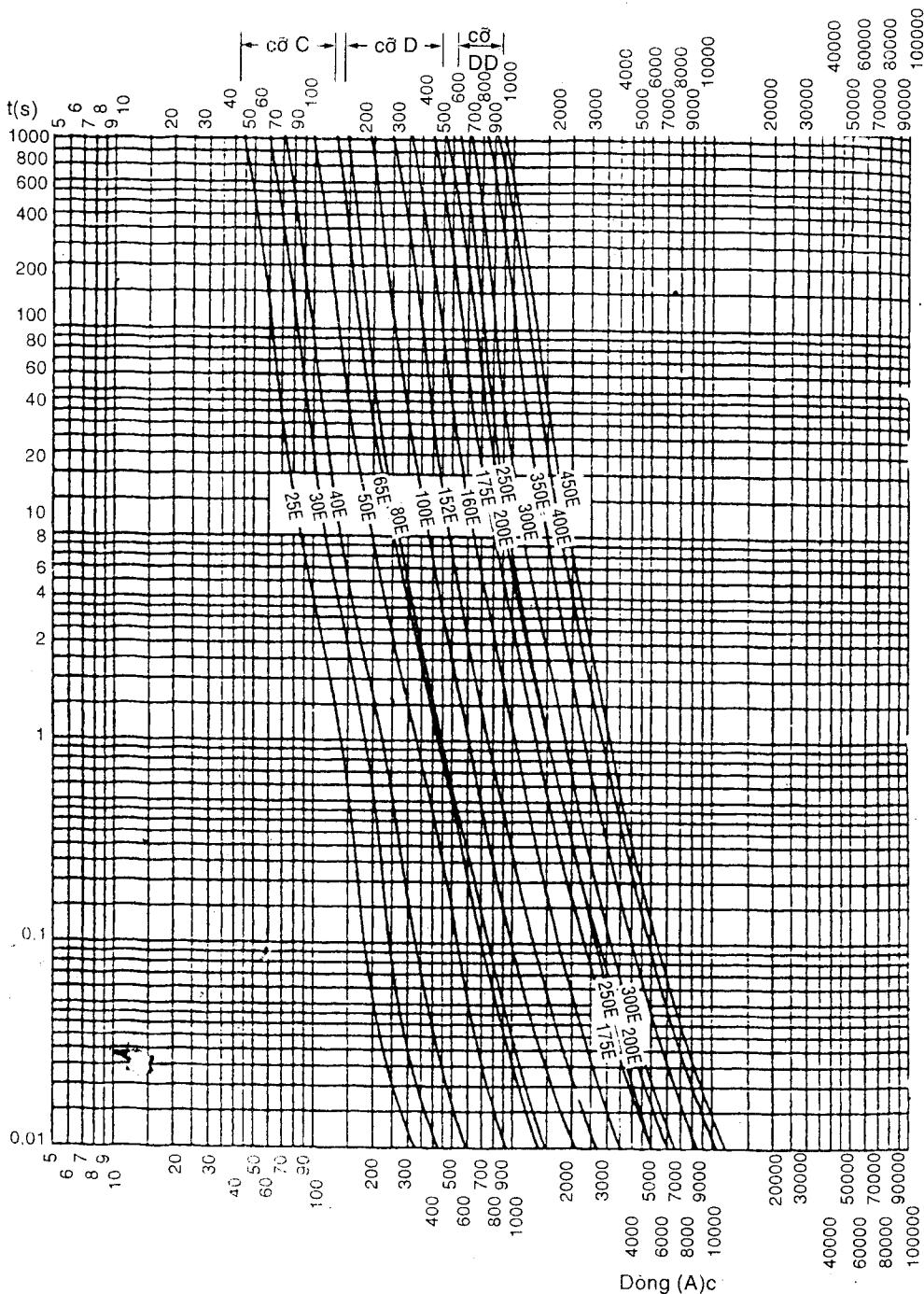
**Phụ lục 30. Đường cong đặc tính T-C dây chì loại K thời gian nóng chảy nhỏ nhất**



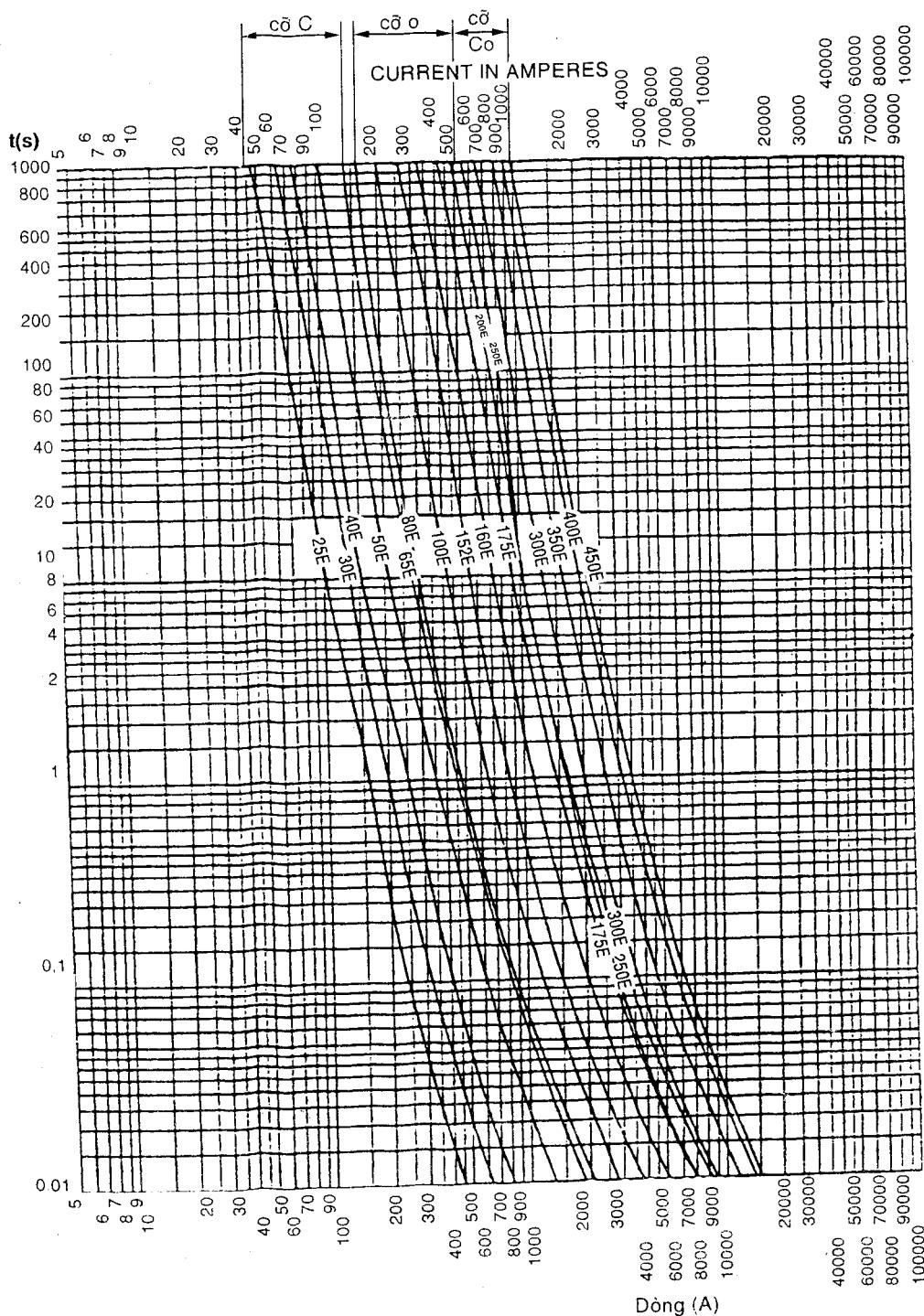
**Phụ lục 31. Đường cong đặc tính T-C dây chì loại K  
thời gian nóng chảy lớn nhất**



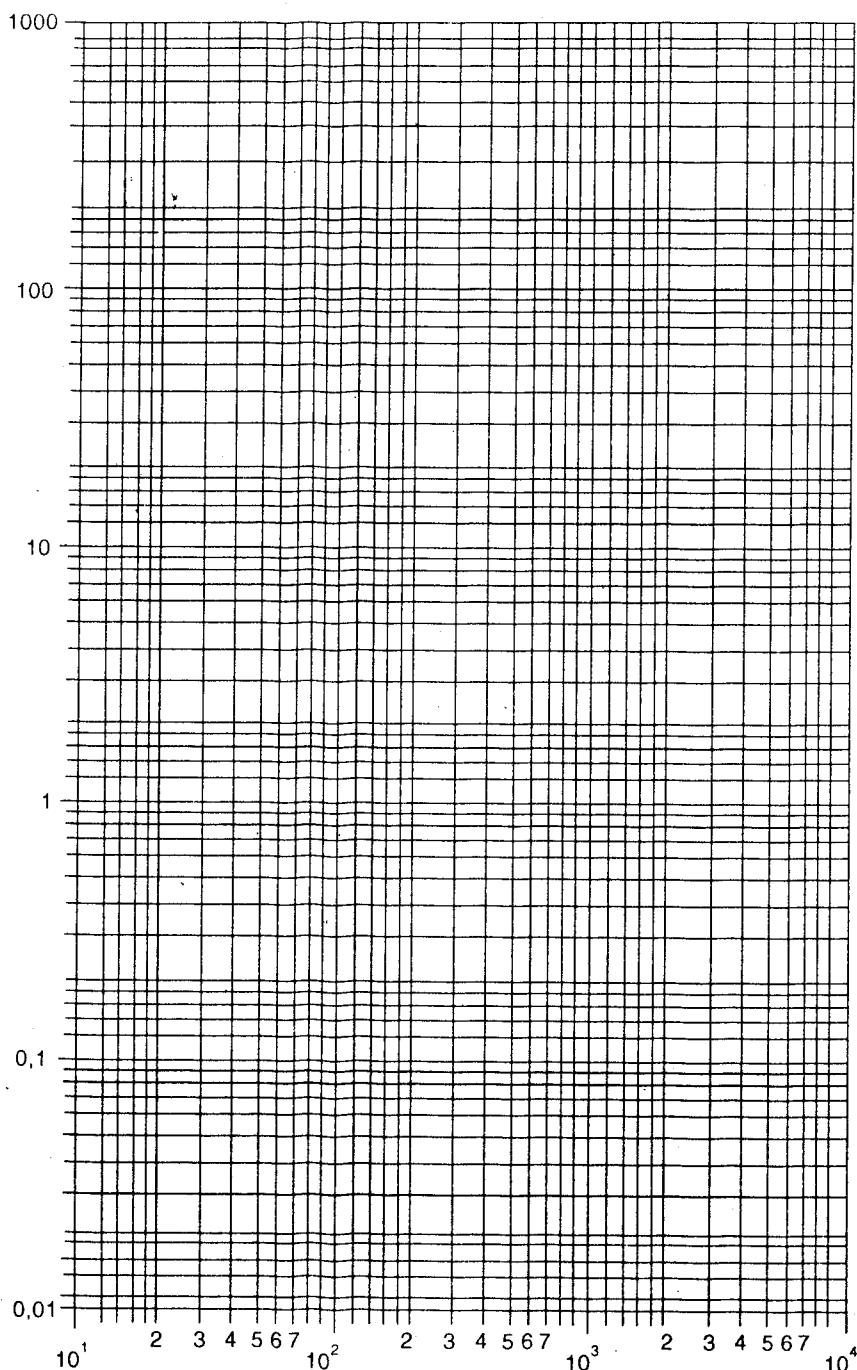
**Phụ lục 32. Đường cong đặc tính T-C dây chì E thời gian nóng chảy nhỏ nhất**



**Phụ lục 33. Đường cong đặc tính T-C dây chì loại E  
thời gian nóng chảy lớn nhất**



## Phụ lục 34. Giấy kẻ logaric.



## MÃ SỐ ROLE VÀ CÁC KÝ HIỆU

2	Role thời gian, $RT$ .
21	Role bảo vệ khoảng cách, $RZ$ .
21N	Bảo vệ khoảng cách chống chạm đất
24	Role quá từ
25	Role hóa điện hoặc kiểm tra đồng bộ
27	Role điện áp thấp $RU <$
30	Role chỉ thị vùng bảo vệ, role tín hiệu, $R_h$ .
32F	Role định hướng công suất thứ tự thuận, $\overline{RW}$
32R	Role định hướng công suất thứ tự nghịch, $\overline{RW}$
37	Dòng điện thấp và công suất thấp
40	Role phát hiện mất kích thích máy phát, $R\Phi$
46	Role dòng cân bằng pha hay ngược pha (bảo vệ dòng thứ tự nghịch)
47	Role thứ tự pha
48	Mất gia tốc
49	Role nhiệt độ, $R\theta^\circ$
49R	Bảo vệ nhiệt độ roto
49S	Bảo vệ nhiệt độ stato
50	Role quá dòng cắt nhanh, $RI >>$
50N	Quá dòng cắt nhanh, chống chạm đất
51	Role dòng điện cực đại, $RI >$
51G	Quá dòng chống chạm đất
51GS	Quá dòng chạm đất stato
51N	Quá dòng cực đại chống chạm đất
51V	Quá dòng có kiểm tra áp, $R\Delta U, R\Delta I$ .
52	Máy cắt
59	Role quá điện áp, $RU >$
59N	Bảo vệ điện áp dư (thứ tự không) chống chạm đất, $RU_o$
60	Role cân bằng dòng và điện áp
63	Role áp suất
64	Role chống chạm đất
64R	Bảo vệ chống chạm đất rotor máy phát
67	Role dòng định hướng
67N	Role dòng định hướng chống chạm đất
68	Role liên động
71	Role hơi
74	Role xóa báo động
76	Role quá dòng DC
78	Role mất đồng bộ hay đo góc lệch pha, $R\delta$

79	<i>Role tự động đóng trở lại</i>
80	<i>Role phát hiện mất nguồn DC</i>
81	<i>Role tần số</i>
85	<i>Role phát nhận tín hiệu (tần số cao, vi ba, cáp quang)</i>
86	<i>Role khóa</i>
87	<i>Role so lệch, RSL, RΔI.</i>
87G	<i>So lệch máy phát</i>
87T	<i>So lệch máy biến áp</i>
87B	<i>So lệch thanh góp</i>
87M	<i>So lệch động cơ</i>
87L	<i>So lệch đường dây</i>
87N	<i>So lệch chống chạm đất</i>
92	<i>Role định hướng công suất và điện áp</i>
95	<i>Role phát hiện đứt mạch thứ cấp BI</i>
BF	<i>Dự phòng máy cắt</i>
CB	<i>circuit breaker - mất cắt</i>
ACB	<i>air circuit breaker</i>
MCBs	<i>miniature circuit breakers</i>
MCCBs	<i>moulded case circuit breakers</i>
ELCBs	<i>earth leakage circuit breakers</i>
RCD	<i>residual current device</i>
RCCD	<i>residual current circuit breaker</i>
HRC fuse	<i>high rupturing capacity fuse</i>
PSM	<i>Plug setting multiplier</i>
TMS	<i>Time multiplier setting</i>
	<i>over - reach - quá tầm</i>
	<i>under - reach - dưới tầm</i>
FLA	<i>full load ampere - dòng đầy tải</i>
LRA	<i>load rating ampere - dòng tải định mức</i>
AF	<i>asynchronous factor - hệ số bất đối xứng</i>
TD	<i>Time dial setting</i>
ACSR	<i>aluminium conductor steel reinforced</i>
GMR	<i>geometric means radius</i>
GMD	<i>geometric mean distance</i>
SIT	<i>standard inverse time</i>
VIT	<i>very inverse time</i>
EIT	<i>extremely inverse time</i>
UIT	<i>ultra inverse time</i>
p.u	<i>per unit - đơn vị tương đối (đvtđ)</i>

## **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

1. Bài tập bảo vệ rôle  
V.L. FABRIKANT - 1971
2. Bài tập bảo vệ rôle  
A.M. AVERBUX - 1975
3. Electrical distribution system protection  
Cooper power system - 1990
4. Power system stability and control  
PRABNA A.ANTHONY - 1995
5. Electrical power system protection AND COORDINATION  
MICHAEL A.ANTHONY - 1995
6. Protective relays - Application Guide  
GEC ALSTHOM - 1995
- 7- Industrial and commercial power system Handbook  
F.S. PRABHAKARA - 1995
- 8- Power Engineering Guide - Transmission and distribution  
Siemens - 1997
- 9- Protection and system - Training manual  
Schneider - 1998
10. Training and development  
Westinghouse Engineering Services
11. Power system protection  
P.M. ANDERSON - 1999
12. Assignment-Department of Electrical and Electronic  
Engineering  
The University of Western Australia - 1999
13. Phản tử tự động trong hệ thống điện  
Nguyễn Hồng Thái - 200
14. Ngăn mạch trong hệ thống điện  
Lã Văn Út - 200
15. Một số đặc tính - đường cong của các hãng Westing house, Gec  
- Alstom, cooper, simens, group schneider...

# CÁC BÀI TOÁN TÍNH NGẮN MẠCH VÀ BẢO VỆ ROLE TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN

Nguyễn Hoàng Việt

**NHÀ XUẤT BẢN**  
**ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP HỒ CHÍ MINH**  
KP 6, P. Linh Trung, Q. Thủ Đức, TPHCM  
Số 3 Công trường Quốc tế, Q.3, TPHCM  
**ĐT: 38239172, 38239170**  
**Fax: 38239172; Email: vnuhp@vnuhcm.edu.vn**

☆☆☆

*Chịu trách nhiệm xuất bản*  
**TS HUỲNH BÁ LÂN**  
*Tổ chức bản thảo và chịu trách nhiệm về tác quyền*  
**TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA – ĐHQG TPHCM**

*Biên tập*  
**ĐẶNG THỊ TRÂM**  
**NGUYỄN HUỲNH**

*Sửa bản in*  
**VŨ QUANG HÀ**  
*Trình bày bìa*  
**TRƯƠNG NGỌC TUẤN**

---

In tái bản 1.000 cuốn, khổ 16 x 24 cm  
Số đăng ký KHXB: 191-2010/CXB/34-08/ĐHQG-TPHCM  
Quyết định xuất bản số: 608/QĐ-DHQG-TPHCM/TB  
ngày 06/12/2010 của Nhà xuất bản ĐHQG TPHCM  
In tại Xưởng in Đại học Bách khoa - ĐHQG TP.HCM  
Nộp lưu chiểu tháng 01 năm 2011.