

Chương 6: **BẢO VỆ KHOẢNG CÁCH**

I. NGUYÊN TẮC TÁC ĐỘNG:

Bảo vệ khoảng cách là loại bảo vệ dùng rơ le tổng trở có thời gian làm việc phụ thuộc vào quan hệ giữa điện áp U_R và dòng điện I_R đưa vào rơ le và góc φ_R giữa chúng :

$$t = f\left(\frac{U_R}{I_R}, \varphi_R\right)$$

thời gian này tự động tăng lên khi khoảng cách từ chỗ nối bảo vệ đến điểm hư hỏng tăng lên. Bảo vệ đặt gần chỗ hư hỏng nhất có thời gian làm việc bé nhất

Nếu nối rơ le tổng trở của bảo vệ khoảng cách (BVKC) vào hiệu các dòng pha và điện áp dây tương ứng (ví dụ, 2 pha A,B) thì khi ngắn mạch 2 pha A, B ta có:

Dòng vào rơ le:

$$I_R = \frac{1}{n_I}(I_A - I_B)$$

Áp đặt vào rơ le:

$$U_R = \frac{1}{n_U}(U_A - U_B) = \frac{1}{n_U}(I_A - I_B)Z_1 l$$

Như vậy :

$$\frac{U_R}{I_R} = Z_1 \cdot l$$

Trong đó :

- Z_1 : tổng trở thứ tự thuận của 1 km đường dây.
- n_I, n_U : tỷ số biến đổi của BI và BU cung cấp cho bảo vệ.
- I_A, I_B : dòng chạy qua cuộn sơ cấp của BI đặt ở pha A, B.
- U_A, U_B : áp pha A, B tại chỗ nối bảo vệ (chỗ nối BU).
- l : khoảng cách từ chỗ đặt bảo vệ đến điểm ngắn mạch

Khi ấy:

$$t = f\left(\frac{U_R}{I_R}, \varphi_R\right) = f(Z_1 \cdot l, \varphi_R)$$

Ban đầu để đơn giản, coi bảo vệ có thời gian làm việc không phụ thuộc vào góc φ_R :

$$t = f(Z_1 \cdot l) \quad (6.1)$$

Như vậy thời gian làm việc t của bảo vệ không phụ thuộc vào giá trị của áp và dòng đưa vào bảo vệ mà chỉ phụ thuộc vào khoảng cách từ chỗ nối bảo vệ đến điểm hư hỏng.

II. ĐẶC TÍNH THỜI GIAN:

Là quan hệ giữa thời gian tác động của bảo vệ với khoảng cách hay tổng trở đến chỗ hư hỏng.

Hiện nay thường dùng bảo vệ có đặc tính thời gian hình bậc thang (nhiều cấp). Số vùng và số cấp thời gian thường ≤ 3 để sơ đồ bảo vệ được đơn giản (hình 6.1).

- Vùng I có thời gian tác động t^I (t^I xác định bởi thời gian khởi động của các role, nếu không yêu cầu chỉnh định khởi thời gian tác động của chống sét ồng). Khi xét đến sai số của bộ phận khoảng cách, cũng như do một số yếu tố khác, vùng I được chọn khoảng 80% đến 85% chiều dài đoạn được bảo vệ.

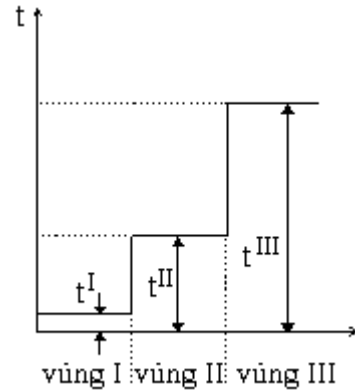
- Vùng II có thời gian tác động t^{II} , thời gian t^{II} của tất cả các bảo vệ đều bằng nhau và để đảm bảo chọn lọc t^{II} phải lớn hơn một bậc Δt so với thời gian làm việc của bảo vệ chính đặt ở các phần tử kề.

Chiều dài của vùng II phải có giá trị thế nào để đảm bảo bảo vệ tác động chắc chắn với thời gian t^{II} khi ngắn mạch ở cuối đoạn được bảo vệ. Khi thời gian t^{II} được chọn theo cách như trên thì chiều dài của vùng II bị giới hạn bởi yêu cầu chọn lọc của các bảo vệ. Xét đến các sai số đã nêu và tính đến chiều dài của vùng I, vùng II chiếm khoảng 30% đến 40% chiều dài đoạn kề.

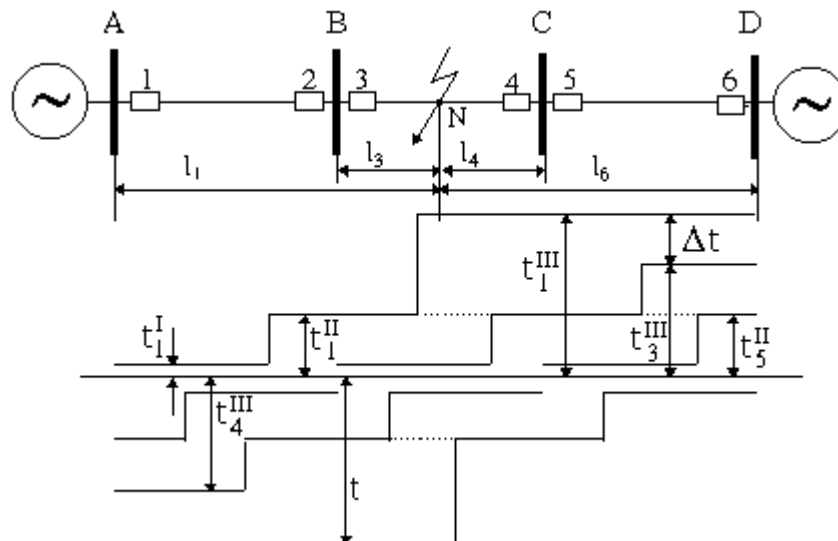
- Vùng III có thời gian tác động t^{III} dùng làm dự trữ cho các đoạn tiếp theo và bọc lấy toàn bộ những đoạn này. Thời gian t^{III} của các bảo vệ được chọn theo nguyên tắc bậc thang ngược chiều.

Khi ngắn mạch qua điện trở trung gian r_{qd} thời gian tác động của các vùng có thể tăng lên. Ví dụ, ngắn mạch ở vùng I qua r_{qd} , bảo vệ khoảng cách có thể làm việc với thời gian của cấp II hoặc cấp III (các đường nét chấm trên hình 6.1).

Sau đây xét một ví dụ cụ thể về đặc tính thời gian làm việc hình bậc thang có 3 cấp của bảo vệ khoảng cách (hình 6.2).



Hình 6.1 : Đặc tính thời gian nhiều cấp của bảo vệ khoảng cách



Hình 6.2 : Bảo vệ khoảng cách trong mạng hở có nguồn cung cấp từ 2 phía
 a) Sơ đồ mạng được bảo vệ
 b) Đặc tính thời gian nhiều cấp

Khi xảy ra ngắn mạch ở điểm N, các bảo vệ 3 và 4 của đường dây hư hỏng BC ở gần điểm ngắn mạch nhất (có khoảng cách l_3 và l_4) sẽ tác động với thời gian bé nhất t^I . Các bảo vệ 1 và 6 cũng khởi động nhưng chúng ở xa điểm ngắn mạch hơn ($l_1 > l_3$ và $l_6 > l_4$) nên chúng chỉ có thể tác động như là một bảo vệ dự trữ trong trường hợp đoạn BC không được cắt ra bởi các bảo vệ 3 và 4.

Các bảo vệ 2 và 5 cũng cách điểm ngắn mạch một khoảng l_3 và l_4 (giống như bảo vệ 3 và 4), muốn chúng không tác động thì các bảo vệ này cũng như tất cả các bảo vệ khác phải có tính định hướng, bảo vệ chỉ tác động khi hướng công suất ngắn mạch đi từ thanh góp về phía đường dây được bảo vệ. Tính định hướng tác động của bảo vệ được đảm bảo nhờ bộ phận định hướng công suất riêng biệt hoặc là nhờ một bộ phận chung vừa xác định khoảng cách đến điểm ngắn mạch vừa xác định hướng của dòng công suất ngắn mạch.

III. SƠ ĐỒ BẢO VỆ KHOẢNG CÁCH:

Trong trường hợp chung, bảo vệ khoảng cách có các bộ phận chính như sau:

* *Bộ phận khởi động*: có nhiệm vụ :

- Khởi động bảo vệ vào thời điểm phát sinh hư hỏng.
- Kết hợp với các bộ phận khác làm bậc bảo vệ cuối cùng.

Bộ phận khởi động thường được thực hiện nhờ role dòng cực đại hoặc role tổng trở cực tiểu.

* *Bộ phận khoảng cách* : đo khoảng cách từ chỗ nối bảo vệ đến điểm hư hỏng, thực hiện bằng role tổng trở.

* *Bộ phận tạo thời gian*: tạo thời gian làm việc tương ứng với khoảng cách đến điểm hư hỏng, được thực hiện bằng một số role thời gian khi bảo vệ có đặc tính thời gian nhiều cấp.

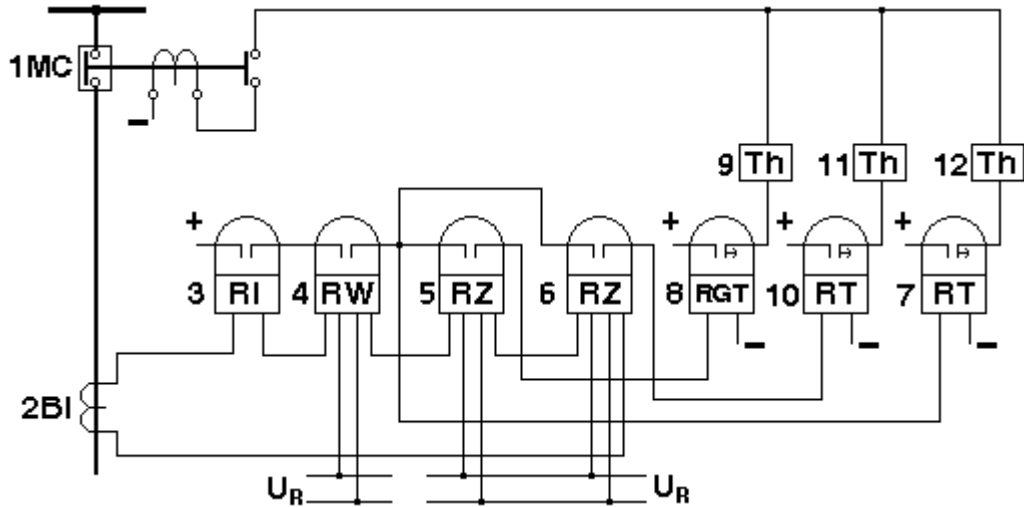
* *Bộ phận định hướng công suất*: để ngăn ngừa bảo vệ tác động khi hướng công suất ngắn mạch từ đường dây được bảo vệ đi vào thanh góp của trạm, được thực hiện bằng role định hướng công suất riêng biệt hoặc kết hợp trong bộ phận khởi động và khoảng cách, nếu các bộ phận này thực hiện bằng role tổng trở có hướng.

Trên hình 6.3 là sơ đồ nguyên lý một pha của bảo vệ khoảng cách có đặc tính thời gian nhiều cấp, có bộ phận khởi động dòng điện, không có các phần tử nào thực hiện chung nhiệm vụ của một số bộ phận.

Bộ phận khởi động dùng role dòng 3RI, bộ phận định hướng công suất - 4RW, bộ phận khoảng cách - cấp I: 5RZ, cấp II: 6RZ, và bộ phận tạo thời gian - cấp I: 8RGT, cấp II: 10RT, cấp III: 7RT.

Khi ngắn mạch trong vùng bảo vệ, 3RI và 4RW sẽ khởi động và khép tiếp điểm của chúng, cực (+) của nguồn thao tác được đưa đến tiếp điểm của 5RZ, 6RZ và đến cuộn dây của 7RT.

Nếu ngắn mạch xảy ra trong phạm vi vùng I, các role 5RZ, 8RGT sẽ khởi động và qua role 9Th sẽ đưa xung đi cắt IMC với thời gian t^I . Nếu xảy ra hư hỏng ở xa hơn trong vùng II, role 5RZ không khởi động, các role 6RZ và 10RT tạo thời gian t^{II} của cấp thứ II sẽ khởi động và cho xung đi cắt IMC qua role 11Th. Khi ngắn mạch xa hơn nữa trong vùng III, các role 5RZ và 6RZ sẽ không khởi động, IMC bị cắt với thời gian t^{III} tạo nên bởi 7RT qua 12Th. Như vậy, trong sơ đồ đang xét bộ phận khoảng cách không kiểm soát vùng III và khi ngắn mạch trong vùng đó bảo vệ (theo hình 6.3) sẽ làm việc như là một bảo vệ dòng cực đại có hướng.



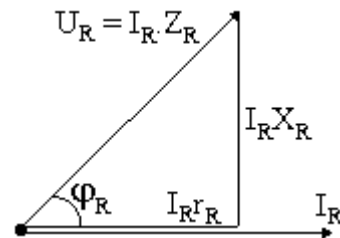
Hình 6.3 : Sơ đồ nguyên lý 1 pha của bảo vệ khoảng cách

IV. TỔNG TRỞ TRÊN CÁC CỰC CỦA BỘ PHẬN KHOẢNG CÁCH:

Để thuận tiện cho tính toán và phân tích sự làm việc của các bộ phận khoảng cách, người ta đưa ra khái niệm về tổng trở trên các cực role.

Tổng trở giả tưởng này trong trường hợp chung không có ý nghĩa vật lý, nó chính là tỷ số giữa áp U_R và dòng I_R đưa vào role. Thực tế, khái niệm này được áp dụng rộng rãi do khi chọn đúng U_R & I_R (ví dụ, áp dư của nhánh ngắn mạch và dòng gây nên áp dư đó) thì tổng trở giả tưởng trên các cực của role sẽ tỷ lệ với khoảng cách từ thanh góp của trạm có đặt bảo vệ đến điểm ngắn mạch trên đường dây.

Tương tự như quan hệ vật lý đặc trưng bởi tam giác điện áp rơi, người ta phân ra (hình 6.4) tổng trở giả tưởng $Z_R = U_R/I_R$, điện trở giả tưởng tác dụng $r_R = U_R/I_R \cos\varphi_R$ và phản kháng $x_R = U_R/I_R \sin\varphi_R$. Tùy thuộc vào việc thực hiện bộ phận khoảng cách mà người ta dùng một trong các đại lượng giả tưởng nói trên.



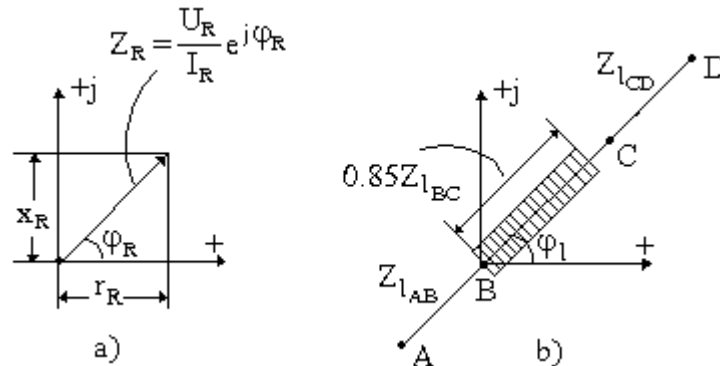
Hình 6.4 : Đồ thị vectơ áp và dòng đưa vào các cực của bộ phận khoảng cách

Các bộ phận khoảng cách và khởi động luôn luôn dùng các role thứ cấp mà áp và dòng đưa đến chúng thông qua các máy biến đổi đo lường. Liên hệ giữa tổng trở sơ và thứ cấp, ví dụ đối với role tổng trở, như sau :

$$Z_{RT} = \frac{U_{RT}}{I_{RT}} = \frac{n_I}{n_U} \cdot \frac{U_{RS}}{I_{RS}} = \frac{n_I}{n_U} Z_{RS} \quad (6.2)$$

Khi $n_I = n_U$ thì $Z_{RT} = Z_{RS}$. Để đơn giản, coi tổng trở thứ cấp bằng tổng trở sơ cấp, tức là coi các hệ số biến đổi n_I và n_U bằng nhau (coi $n_I = n_U = 1$).

V. SỬ DỤNG MẶT PHẪNG PHỨC TỔNG TRỞ ĐỂ PHÂN TÍCH SỰ LÀM VIỆC CỦA ROLE TỔNG TRỞ :



Hình 6.5 : Biểu diễn trong mặt phẳng phức tổng trở
a) tổng trở ở đầu cực role b) đường dây được bảo vệ

Việc nghiên cứu sự làm việc của role tổng trở nối vào một điện áp và một dòng điện được tiến hành rất tiện lợi trong mặt phẳng phức tổng trở $Z_R = (U_R/I_R) \cdot e^{j\phi_R}$ (hình 6.5a). Góc ϕ_R được tính từ trục (+) theo hướng ngược chiều kim đồng hồ, lúc đó vector I_R xem như là gắn chặt trên trục (+). Hình chiếu của vector Z_R lên trục j là thành phần phản kháng $x_R = Z_R \sin \phi_R$ và lên trục (+) là thành phần tác dụng $r_R = Z_R \cos \phi_R$.

Đường dây BC được bảo vệ có tổng trở mang tính cảm, biểu diễn trong phần tư thứ 1 bằng số phức $Z_{l_{BC}} = Z_1 \cdot l_{BC} \cdot e^{j\phi_1}$. Role tổng trở đang xét đặt ở đầu đường dây BC về phía trạm B được xem như nằm ở góc tọa độ (hình 6.5 b). Đường dây CD có tổng trở $Z_{l_{CD}} = Z_1 \cdot l_{CD} \cdot e^{j\phi_1}$ nằm ở phần tư thứ 1 trên đường kéo dài của số phức $Z_{l_{BC}}$, còn đường dây AB có tổng trở $Z_{l_{AB}} = Z_1 \cdot l_{AB} \cdot e^{j\phi_1}$ nằm ở phần tư thứ 3 trên đường kéo dài về phía ngược lại.

Vùng I của bảo vệ đường dây BC được đặc trưng bởi tổng trở $\approx 0,85 Z_{l_{BC}}$, khi không có những yếu tố làm sai lệch nhiều đến sự làm việc của bảo vệ thì role tổng trở cần có đặc tính khởi động bọc lấy số phức $0,85 Z_{l_{BC}}$ như vùng gạch chéo trên hình 6.5b. Thực tế để đảm bảo sự làm việc chắc chắn của bảo vệ, vùng khởi động của role tổng trở được mở rộng đáng kể (tất nhiên vị trí xác định điểm cuối của vùng bảo vệ thì không thể mở rộng).

Đặc tính khởi động $Z_{KD} = f(\phi_R)$ biểu diễn trong mặt phẳng phức là đường cong bọc lấy vùng khởi động. Theo dạng đặc tính khởi động người ta phân ra một số loại role tổng trở sau :

V.1. Role tổng trở vô hướng:

$$Z_{KD} = k = \text{const} \quad (6.3)$$

Đặc tính của role là vòng tròn có tâm ở gốc tọa độ (hình 6.6 a). Trị số tổng trở khởi động của role này không phụ thuộc góc ϕ_R giữa U_R và I_R .

V.2. Role tổng trở có hướng có đặc tính vòng tròn:

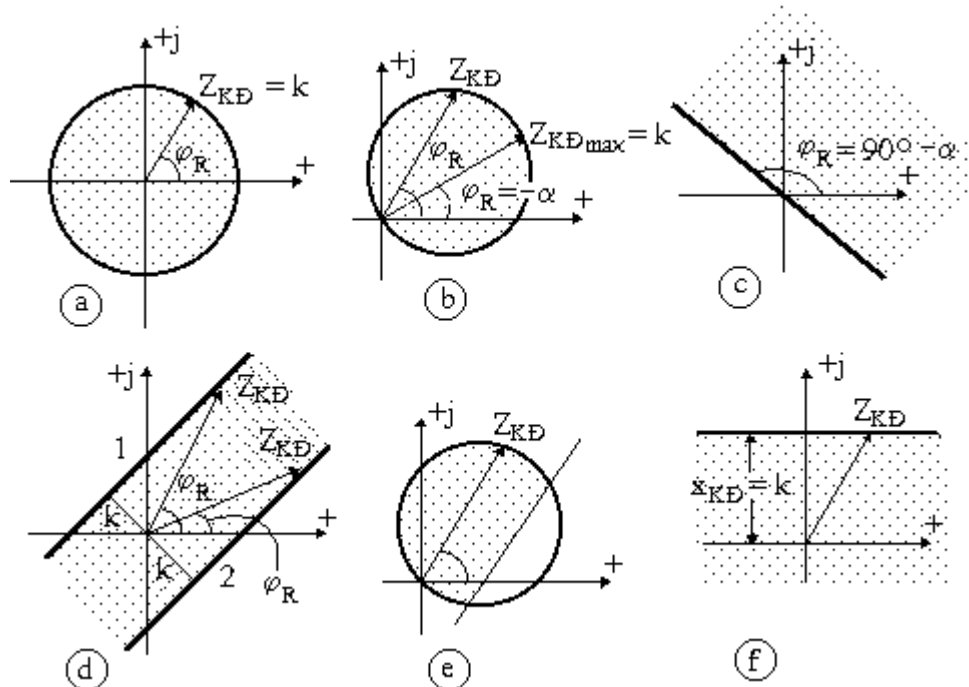
$$Z_{KD} = k \cos(\phi_R + \alpha) \quad (6.4)$$

Đặc tính của role là vòng tròn đi qua gốc tọa độ (hình 6.6 b). Role sẽ có độ nhạy lớn nhất đặc trưng bằng $Z_{KD_{\max}} = k$ khi $\alpha = -\phi_R$. Thường chọn $\alpha = -\phi_1$ do vậy

khi xảy ra ngắn mạch trực tiếp trên đường dây, tương ứng với $\varphi_R = \varphi_l$, bảo vệ sẽ có độ nhạy lớn nhất.

Role định hướng công suất được xem như là role tổng trở có hướng có đặc tính vòng tròn với bán kính bằng vô cùng (hình 6.6c). Đặc tính như vậy là đường thẳng qua góc tọa độ và tạo với trục (+) một góc $(90^\circ - \alpha)$.

Nhược điểm của role tổng trở có hướng và role định hướng công suất là tồn tại vùng chết không những khi ngắn mạch ba pha mà cả khi ngắn mạch hai pha. Nguyên do là để role tổng trở làm việc đúng và để nhận được Z_R tỷ lệ với khoảng cách đến chỗ ngắn mạch, người ta đưa vào role dòng các pha hư hỏng và áp dụng của các nhánh hư hỏng, nếu ngắn mạch trực tiếp ở gần chỗ đặt bảo vệ thì áp dụng vào role có thể tiến đến 0.



Hình 6.6 : Đặc tính khối động của role tổng trở trong mặt phẳng phức
 a) vô hướng b) có hướng c) định hướng công suất
 d) hỗn hợp e) kết hợp role tổng trở có hướng và hỗn hợp
 f) phản kháng

V.3. Role hỗn hợp (tác dụng - phản kháng):

$$Z_{KD} = k \frac{1}{\cos(\varphi_R + \alpha)} \quad (6.5)$$

Đặc tính của role là các đường thẳng cách góc tọa độ một khoảng bằng k (đường 1 và 2 - hình 6.6d). Đường 1 ứng với giá trị α nằm trong khoảng $(-\pi, -\pi/2)$, đường 2 - trong khoảng $(0, \pi/2)$. Góc độ nhạy bé nhất của role là $\varphi_R = -\alpha$. Đặc tính của role cắt các trục (+) và (+j) một khoảng tương ứng bằng

$$\frac{k}{\cos \alpha} \text{ và } \frac{k}{\sin \alpha}$$

Role loại này thường không sử dụng độc lập để làm bộ phận đo khoảng cách. Có thể dùng nó cho bảo vệ đường dây dài tải nặng để cắt bớt một phần vùng khối động, ví dụ như cắt bớt một phần vùng khối động của role tổng trở có hướng (hình 6.6 e).

V.4. Role tổng trở phản kháng:

$$X_{KD} = k = \text{const} \quad (6.6)$$

Đặc tính của role là đường thẳng song song với trục (+) (hình 6.6 f). Đây là trường hợp riêng của role hỗn hợp khi $\alpha = -\pi/2$.

Role tổng trở có thể là cực đại hoặc cực tiểu. Loại role tổng trở cực tiểu thích hợp hơn để làm bộ phận khởi động và khoảng cách.

Chế độ làm việc của đường dây được bảo vệ có thể đặc trưng bằng tổng trở phức Z_R trên đầu cực role tổng trở. Số phức Z_R này được biểu diễn ở một vị trí xác định trên mặt phẳng phức tổng trở. Vì vậy phân tích sự làm việc của role tổng trở nối vào một áp và một dòng có thể thực hiện bằng phương pháp đồ thị khi so sánh vùng có chứa Z_R với vùng khởi động của bảo vệ.

VI. SƠ ĐỒ NỐI ROLE TỔNG TRỞ VÀO ÁP DÂY VÀ HIỆU DÒNG PHA :

Tổ hợp các dòng và áp ở đầu cực của 3 role tổng trở nối theo sơ đồ hình 6.9 được đưa ra trong bảng 6.1

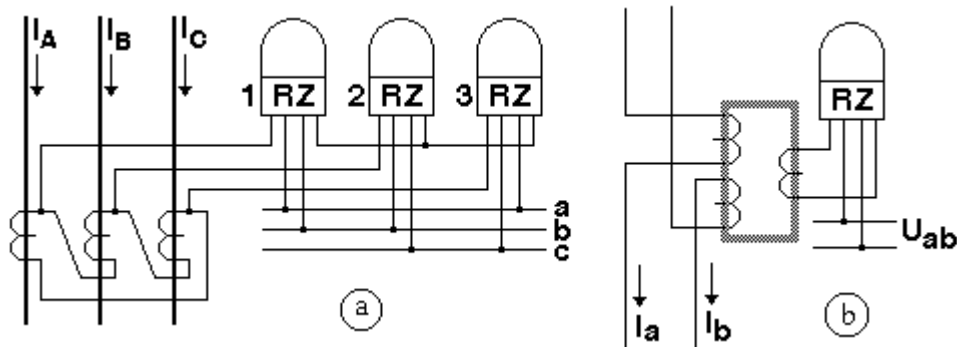
Khi $N^{(3)}$ tại điểm N (hình 6.10) cách chỗ đặt bảo vệ một khoảng l, ta có :

$$I_R^{(3)} = \sqrt{3}I^{(3)}, \quad U_R^{(3)} = \sqrt{3}.I^{(3)}.Z_1.l, \quad Z_R^{(3)} = \frac{U_R^{(3)}}{I_R^{(3)}} = Z_1.l$$

Trong đó: Z_1 - tổng trở tự thuận của 1 Km đường dây quy về phía thứ cấp của các máy biến đổi đo lường theo (6.2).

Khi $N^{(2)}$, ví dụ B và C, chỉ có role 2RZ nhận điện áp của nhánh ngắn mạch là làm việc đúng. Đối với nó :

$$I_{R2}^{(2)} = 2I^{(2)}, \quad U_{R2}^{(2)} = U_{bc}^{(2)} = 2I^{(2)}Z_1l, \quad Z_{R2}^{(2)} = Z_1l = Z_R^{(3)}$$



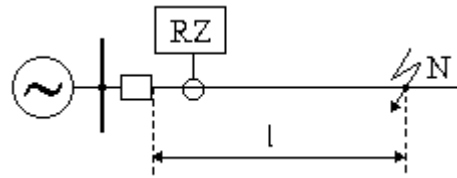
Hình 6.9 : Sơ đồ nối role tổng trở vào áp dây và hiệu dòng pha
a) khi các BI nối Δ b) khi dùng BI trung gian không bảo hòa

Bảng 6.1

Role	\dot{I}_R	\dot{U}_R
1RZ	$\dot{I}_a - \dot{I}_b$	\dot{U}_{ab}
2RZ	$\dot{I}_b - \dot{I}_c$	\dot{U}_{bc}
3RZ	$\dot{I}_c - \dot{I}_a$	\dot{U}_{ca}

Đưa vào đầu cực các role 1RZ và 3RZ là dòng điện $I^{(2)}$ và điện áp lớn hơn $U_{bc}^{(2)}$. Vì vậy, tổng trở trên các cực của role 1RZ và 3RZ tăng lên và bảo vệ sẽ không tác động nhầm.

Khi ngắn mạch 2 pha chạm đất (ví dụ B và C) trong mạng có dòng chạm đất lớn, cũng chỉ có 2RZ làm việc đúng. Đối với nó:



Hình 6.10 : Ngắn mạch trên đường dây được bảo vệ

$$U_{R2}^{(1,1)} = \left| \dot{U}_b^{(1,1)} - \dot{U}_c^{(1,1)} \right|$$

trong đó :

$$\dot{U}_b^{(1,1)} = \dot{I}_b^{(1,1)} \cdot Z_L \cdot l + \dot{I}_c^{(1,1)} \cdot Z_M \cdot l$$

$$\dot{U}_c^{(1,1)} = \dot{I}_c^{(1,1)} \cdot Z_L \cdot l + \dot{I}_b^{(1,1)} \cdot Z_M \cdot l$$

Khi thay $Z_L - Z_M = Z_1$, ta có :

$$Z_{R2}^{(1,1)} = \frac{U_{R2}^{(1,1)}}{I_{R2}^{(1,1)}} = \frac{\left| \dot{I}_b^{(1,1)} - \dot{I}_c^{(1,1)} \right|}{\left| \dot{I}_b^{(1,1)} - \dot{I}_c^{(1,1)} \right|} Z_1 l = Z_1 l = Z_R^{(3)}$$

Như vậy, sơ đồ đang xét đảm bảo tổng trở Z_R giống nhau đối với tất cả các dạng ngắn mạch nhiều pha ở một điểm. Sơ đồ nối role vào hiệu dòng pha còn được thực hiện qua máy biến dòng trung gian không bảo hòa có 2 cuộn sơ (hình 6.9b).

Nhược điểm chủ yếu của sơ đồ là phải dùng 3 role tổng trở chỉ để chống ngắn mạch nhiều pha ở một điểm. Để khắc phục, người ta dùng chỉ 1 role tổng trở và thiết bị tự động chuyển mạch áp và dòng đối với các dạng ngắn mạch khác nhau.

VII. SƠ ĐỒ NỐI ROLE TỔNG TRỞ VÀO ÁP PHA VÀ DÒNG PHA CÓ BÙ THÀNH PHẦN THỨ TỰ KHÔNG - SƠ ĐỒ BÙ DÒNG :

Tổ hợp các dòng và áp ở đầu cực ba role tổng trở cho trong bảng 6.2. Khi $N^{(1)}$ chạm đất, ví dụ pha A, tại điểm N của đường dây (hình 6.10), chỉ có role 1RZ (hình 6.11) nối vào áp của nhánh ngắn mạch U_a là tác động đúng. Với:

$$\dot{U}_a = \dot{U}_1 + \dot{U}_2 + \dot{U}_0$$

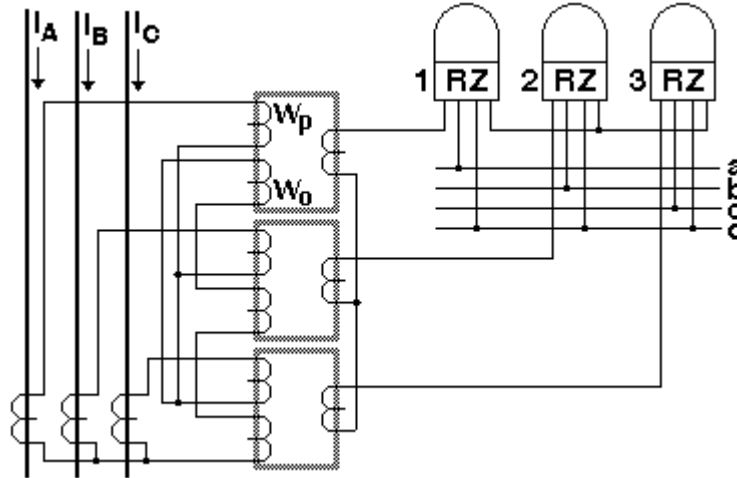
Áp của một thứ tự bất kỳ được xác định bằng tổng của áp ở điểm ngắn mạch N và áp rơi trên chiều dài l, ví dụ:

$$\dot{U}_0 = \dot{U}_{0N} + \dot{I}_0 Z_0 l$$

$$\text{Vì vậy: } \dot{U}_a = \dot{U}_{1N} + \dot{I}_1 Z_1 l + \dot{U}_{2N} + \dot{I}_2 Z_2 l + \dot{U}_{0N} + \dot{I}_0 Z_0 l$$

Tổng $\dot{U}_N = \dot{U}_{1N} + \dot{U}_{2N} + \dot{U}_{0N} = 0$ vì đó là áp tại điểm hư hỏng. Đối với đường dây thì $Z_1 = Z_2$. Do vậy :

$$\begin{aligned}\dot{U}_a &= \dot{I}_1 Z_1 l + \dot{I}_2 Z_1 l + \dot{I}_0 Z_0 l \\ &= \dot{I}_1 Z_1 l + \dot{I}_2 Z_1 l + \dot{I}_0 Z_0 l + (\dot{I}_0 Z_1 l - \dot{I}_0 Z_1 l) \\ &= \dot{I}_a Z_1 l + \dot{I}_0 (Z_0 - Z_1) l.\end{aligned}$$



Hình 6.11 : Sơ đồ nối role tổng trở vào áp pha và dòng pha có bù thành phần dòng điện thứ tự không

Bảng 6.2

Role	I_R	U_R
1RZ	$\dot{I}_a + k \cdot \dot{I}_0$	\dot{U}_a
2RZ	$\dot{I}_b + k \cdot \dot{I}_0$	\dot{U}_b
3RZ	$\dot{I}_c + k \cdot \dot{I}_0$	\dot{U}_c

Nếu chọn hệ số bù $k = \frac{Z_0 - Z_1}{Z_1}$ thì tổng trở trên các cực của role 1RZ sẽ là:

$$Z_{R1}^{(1)} = \frac{|\dot{U}_a|}{|\dot{I}_a + k \dot{I}_0|} = \frac{\left| \dot{I}_a + \frac{Z_0 - Z_1}{Z_1} \dot{I}_0 \right|}{|\dot{I}_a + k \dot{I}_0|} \cdot Z_1 l = Z_1 l$$

Tổng trở trên các cực của role tổng trở 2RZ, 3RZ của các pha không hư hỏng tăng lên, vì vậy bảo vệ sẽ không tác động nhầm.

Góc tổng trở Z_0 và Z_1 là không như nhau, do vậy trong trường hợp tổng quát hệ số k là một số phức. Để thuận tiện, người ta bỏ qua sự khác biệt của góc tổng trở Z_1 , Z_0 và chọn $k = (Z_0 - Z_1)/Z_1$ hay $k = (x_0 - x_1)/x_1$. Trường hợp này tương ứng với sơ đồ hình 6.11, role tổng trở được cung cấp bằng dòng điện qua BI trung gian không bão hòa. Ví dụ: lấy $Z_0 \approx 3,5Z_1$ (đối với đường dây trên không có dây chống sét), ta sẽ có $k = 2,5$. Để tạo nên lực từ hóa tổng tỷ lệ với $I_p + kI_0$, quan hệ của số vòng W_p và W_0 của hai cuộn sơ có dòng I_p và $3I_0$ cần phải tương ứng với biểu thức :

$$W_p: W_0 = 1 : k/3 \approx 1 : 0,83.$$

Sơ đồ có thể tác động đúng không những khi ngắn mạch một pha mà cả khi ngắn mạch hai pha chạm đất và khi chạm đất kép ở các phần tử có $I_0 \neq 0$ trong mạng có dòng chạm đất bé.

Để kết luận, cần lưu ý rằng khi loại trừ sự bù dòng khỏi sơ đồ đã xét trên, tức là I_R là dòng pha thì : $Z_R = Z_1.l + (I_0/I_R).(Z_0 - Z_1).l$. Lúc đó tổng trở Z_R phụ thuộc không những vào khoảng cách l mà còn vào tỷ số I_0/I_p . Tỷ số này có thể thay đổi trong phạm vi rộng khi thay đổi chế độ làm việc của hệ thống. Chính điều đó làm cho hạn chế khả năng ứng dụng của sơ đồ.

VIII. SƠ ĐỒ SỬ DỤNG MỘT ROLE TỔNG TRỞ CÓ CHUYỂN MẠCH Ở MẠCH ĐIỆN ÁP ĐỂ TÁC ĐỘNG KHI NGẮN MẠCH NHIỀU PHA :

Sơ đồ được thực hiện nhờ role tổng trở 1RZ nối vào hiệu dòng hai pha (theo hình 6.12, $\dot{I}_R = \dot{I}_a - \dot{I}_c$) và điện áp tỷ lệ hoặc bằng áp dư của nhánh ngắn mạch khi ngắn mạch giữa các pha. Các bộ phận khởi động dòng 2RI và 3RI nối vào dòng pha làm nhiệm vụ xác định dạng ngắn mạch và tự chuyển mạch điện áp.

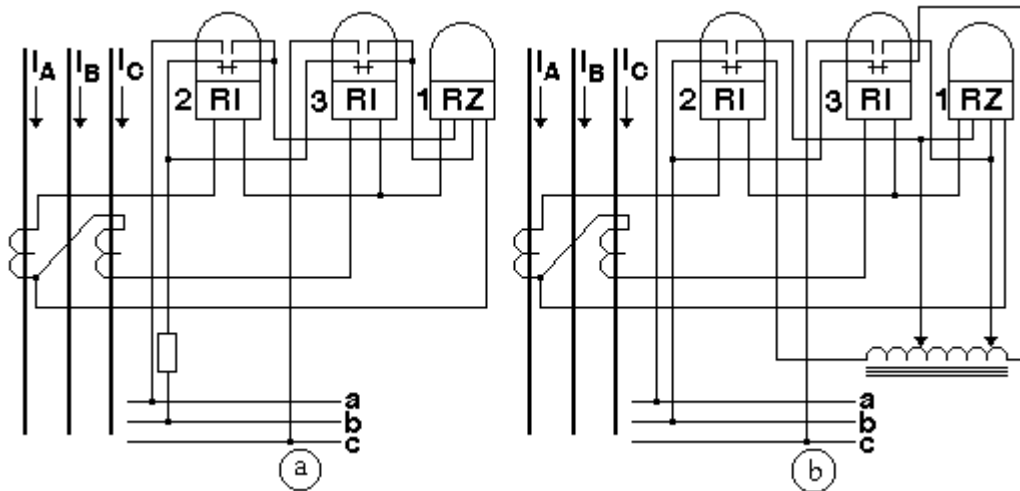
Khi $N^{(3)}$ hay $N_{AC}^{(2)}$, role 2RI và 3RI khởi động đưa áp U_{ac} đến role 1RZ. Vì vậy:

$$Z_R^{(3)} = \frac{\sqrt{3}I^{(3)}Z_1l}{\sqrt{3}I^{(3)}} = Z_1l.$$

$$Z_{Rac}^{(2)} = \frac{2I^{(2)}Z_1l}{2I^{(2)}} = Z_1l.$$

Khi $N_{AB}^{(2)}$, $N_{BC}^{(2)}$ đưa đến 1RZ là dòng 1 pha, tương ứng là \dot{I}_a , $-\dot{I}_c$.

Để Z_R có được giá trị tỷ lệ với khoảng cách l , áp đưa đến role phải giảm 2 lần nhờ điện trở phụ (hình 6.12a) hoặc biến áp tự ngẫu (hình 6.12b). Sơ đồ hình 6.12b cần thiết đối với những role tổng trở làm việc theo cả giá trị và góc lệch pha giữa U_R và I_R (ví dụ role tổng trở có hướng, hình 6.6b).



Hình 6.12 : Sơ đồ nối một role tổng trở có chuyển mạch ở mạch điện áp để tác động khi ngắn mạch giữa các pha.
a. dùng điện trở phụ b. dùng biến áp tự ngẫu

Như vậy, khi $N_{AB}^{(2)}$ ta có:

$$Z_{Rab}^{(2)} = \frac{0,5U_{ab}^{(2)}}{I_a^{(2)}} = 0,5 \frac{2I_a^{(2)} Z_1 l}{I_a^{(2)}} = Z_1 l$$

Như vậy, có thể đảm bảo Z_R như nhau đối với tất cả những dạng ngắn mạch giữa các pha. Tuy nhiên, khi $N_{AB}^{(2)}$ hoặc $N_{BC}^{(2)}$ thì dòng phụ tải qua pha không hư hỏng (tương ứng là dòng pha C hoặc A) sẽ ảnh hưởng đến sự làm việc của role.

Trị số Z_R cũng có thể sai lệch do bộ phận khởi động làm việc không đúng (chỉ có một role RI khởi động) trong trường hợp dòng ngắn mạch gần với dòng khởi động của chúng. Lúc đó, tổng trở Z_R có thể giảm nhiều do đưa tới role tổng trở một điện áp giảm thấp (trường hợp giới hạn giảm hai lần).

Ưu điểm của sơ đồ là tương đối đơn giản và chỉ dùng một role tổng trở. Tuy nhiên, xét đến những nhược điểm nêu trên và nhiều nhược điểm khác, sơ đồ chỉ hạn chế áp dụng, chẳng hạn như, cho bảo vệ chống ngắn mạch nhiều pha đường dây cắt.

IX. CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN SỰ LÀM VIỆC CỦA BẢO VỆ KHOẢNG CÁCH:

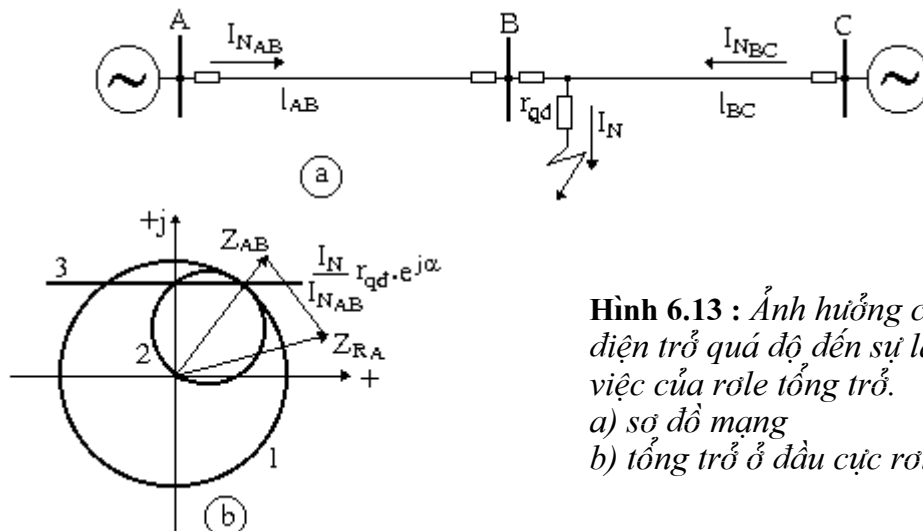
IX.1. Ảnh hưởng của điện trở quá độ đến đến sự làm việc của bộ phận khoảng cách :

Ảnh hưởng của điện trở quá độ r_{qd} đến sự làm việc của bộ phận khoảng cách được xét đối với mạng hở có nguồn cấp từ hai phía (hình 6.13)

Ở đầu cực role tổng trở đặt ở đường dây AB về phía trạm A (ví dụ, nối với áp dây và hiệu dòng pha) khi $N^{(2)}$ qua r_{qd} ở đầu đường dây BC sẽ có tổng trở bằng :

$$\begin{aligned} Z_{RA} &= \frac{\dot{U}_d}{\dot{I}_d} = \frac{\dot{I}_{NAB} Z_1 l_{AB} + \dot{I}_N r_{qd}}{\dot{I}_{NAB}} = Z_1 l_{AB} + \frac{\dot{I}_N}{\dot{I}_{NAB}} r_{qd} \\ &= Z_1 l_{AB} + \frac{I_N}{I_{NAB}} r_{qd} e^{j\alpha} \end{aligned} \quad (6.13)$$

trong đó: α - góc lệch pha giữa dòng I_N ở điểm hư hỏng và dòng I_{NAB} .



Hình 6.13 : Ảnh hưởng của điện trở quá độ đến đến sự làm việc của role tổng trở.

a) sơ đồ mạng

b) tổng trở ở đầu cực role

Tương tự đối với role tổng trở nối vào đường dây BC về phía trạm C khi hư hỏng ở cùng điểm đó :

$$Z_{RC} = Z_1 I_{BC} + \frac{\dot{I}_N}{\dot{I}_{NBC}} r_{qd} = Z_1 I_{BC} + \frac{I_N}{I_{NBC}} r_{qd} e^{j\beta}$$

β - góc lệch pha giữa dòng I_N và dòng I_{NBC} trong đường dây BC, nếu β dương và I_N vượt trước I_{NBC} , thì góc α sẽ âm vì I_N chậm sau I_{NAB} .

Tổng trở ở đầu cực role của đường dây BC đặt về phía trạm B, dù khoảng cách từ nó đến điểm ngắn mạch bằng 0, vẫn có một giá trị hữu hạn:

$$Z_{RB} = \frac{\dot{I}_N}{\dot{I}_{NAB}} r_{qd}$$

Các biểu thức nói trên cho thấy điện trở quá độ r_{qd} trong trường hợp chung làm sai lệch sự làm việc của các role tổng trở, tổng trở Z_R ở đầu cực của chúng sẽ không còn tỷ lệ với khoảng cách l đến điểm hư hỏng.

Tổng trở ở đầu cực role tăng lên do r_{qd} làm cho điểm ngắn mạch như là lùi xa hơn và bảo vệ có thể tác động với thời gian lớn hơn của cấp sau, ví dụ cấp II thay vì cấp I. Như vậy, do ảnh hưởng của r_{qd} bảo vệ khoảng cách sẽ có thể tác động chậm hơn nhưng vẫn không mất tính chọn lọc.

IX.2. Ảnh hưởng của trạm trung gian:

Trên hình 6.17a là một phần của mạng điện, xét ngắn mạch xảy ra ở đoạn BD cách thanh góp B một khoảng l . Qua các đoạn AB và CB có dòng I_{AB} và I_{CB} . Dòng ngắn mạch trên đoạn hư hỏng BD là:

$$\dot{I}_{BD} = \dot{I}_{AB} + \dot{I}_{CB}$$

Khi ngắn mạch nhiều pha, tổng trở ở đầu cực role tổng trở đặt về phía trạm A của đường dây AB là :

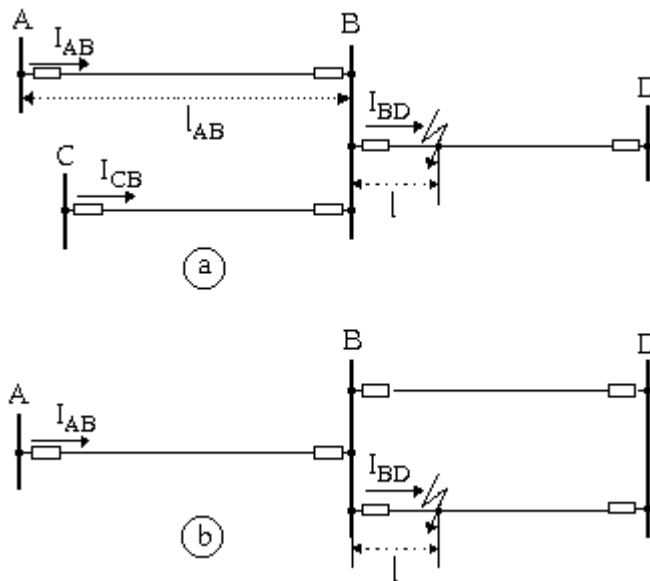
$$\begin{aligned} Z_{RA} &= \frac{\dot{I}_{AB} \cdot Z_1 \cdot l_{AB} + \dot{I}_{BD} \cdot Z_1 \cdot l}{\dot{I}_{AB}} = Z_1 \cdot l_{AB} + \frac{\dot{I}_{BD}}{\dot{I}_{AB}} \cdot Z_1 \cdot l \\ &= Z_1 \cdot l_{AB} + \frac{1}{K_I} \cdot Z_1 \cdot l \end{aligned} \quad (6.14)$$

trong đó:

$$K_I = \dot{I}_{AB} / \dot{I}_{BD}$$

Như vậy, tổng trở ở đầu cực role A được xác định không những bằng vị trí của điểm hư hỏng, mà còn bằng hệ số phân bố dòng, hệ số này đặc trưng cho phần dòng của đoạn hư hỏng đi qua đoạn không hư hỏng.

Trong tính toán thực tế, thường bỏ qua góc lệch pha giữa các dòng và coi K_I là số thực. Lúc ấy, nếu $K_I < 1$ thì tổng trở Z_{RA} sẽ tăng lên, nghĩa là role tại trạm A sẽ đo được một tổng trở lớn hơn tổng trở thực tế và bảo vệ sẽ không tác động nhầm. Tuy nhiên nếu $K_I > 1$, ví dụ khi đường dây đơn nối với hai đường dây song song (hình 6.17b), bảo vệ A có thể tác động nhầm; để đảm bảo tác động chọn lọc của bảo vệ A trong trường hợp này, tổng trở khởi động của role tổng trở cấp II cần được tính chọn có xét đến sự giảm thấp của Z_{RA} do ảnh hưởng của trạm trung gian.

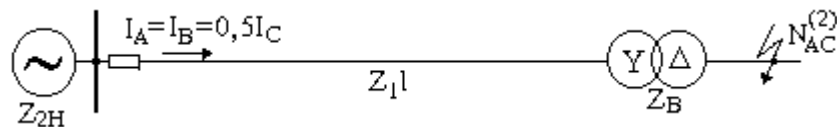


Hình 6.17 : Ảnh hưởng của hệ số phân bố dòng K_I đến sự làm việc của role tổng trở đặt tại trạm A.
a) $K_I < 1$ b) $K_I > 1$

IX.3. Ảnh hưởng của tổ nối dây máy biến áp:

Khi giữa chỗ nối bảo vệ và điểm ngắn mạch có thêm các máy biến áp có tổ nối dây Y/Y (hay máy biến áp tự ngẫu), role tổng trở sẽ làm việc đúng, chỉ khác là giá trị Z_R ở đầu cực role là tổng của tổng trở các đoạn đường dây và các máy biến áp tương ứng.

Vấn đề đáng quan tâm ở đây là trường hợp các máy biến áp có tổ nối dây Y/ Δ hoặc Δ /Y, chúng sẽ có ảnh hưởng lớn đến sự làm việc của các role tổng trở khi xảy ra ngắn mạch hai pha.



Hình 6.18 : Ảnh hưởng của máy biến áp có tổ nối dây Y/ Δ đến sự làm việc của role tổng trở.

Khi ngắn mạch giữa các pha A và C sau máy biến áp nối Y/ Δ -11 (hình 6.18), ta có thể tính được tổng trở ở đầu cực các role nối vào dòng và áp giữa các pha đặt trên đường dây về phía nguồn cung cấp như sau :

$$Z_{Rab} = \infty \text{ (dòng các pha A,B bằng nhau, } I_{ab} = 0)$$

$$Z_{Rbc} = Z_1l + Z_B - j \frac{\sqrt{3}}{3} (Z_{2H} + Z_1l + Z_B)$$

$$Z_{Rca} = Z_1l + Z_B + j \frac{\sqrt{3}}{3} (Z_{2H} + Z_1l + Z_B)$$

trong đó : Z_{2H} - tổng trở thứ tự nghịch của nguồn cung cấp

Z_B - tổng trở của máy biến áp

Z_1l - tổng trở đường dây (coi $Z_1 = Z_2$).

Các biểu thức trên cho thấy, role tổng trở của bảo vệ đường dây có Z_R tăng lên (so với $Z_1l + Z_B$) và bảo vệ sẽ không tác động nhầm.

IX.4. Ảnh hưởng của sai số BI và BU:

Sai số của BI là do mạch từ BI bị bão hòa, làm giảm dòng thứ cấp so với giá trị xác định theo tỷ số biến đổi định mức. Điều đó làm giảm chiều dài vùng bảo vệ. Vì vậy, BI được kiểm tra theo đường cong sai số 10% đối với giá trị cực đại của dòng điện khi ngắn mạch ở cuối vùng bảo vệ thứ nhất.

Sai số về áp được quyết định bởi độ chính xác của bản thân BU cũng như do áp rơi trên các dây nối. Thường dùng các BU có công suất khá lớn, sai số của chúng nằm trong phạm vi cho phép. Tuy nhiên, nếu từ BU đến chỗ đặt bảo vệ có khoảng cách lớn thì thường phải dùng các dây dẫn phụ tiết diện lớn để giảm tổn thất điện áp trong chúng.

X. ĐÁNH GIÁ VÀ LÃNH VỰC ỨNG DỤNG CỦA BẢO VỆ KHOẢNG CÁCH :

X.1. Tính chọn lọc :

Theo nguyên tắc tác động của mình, bảo vệ đảm bảo cắt chọn lọc hư hỏng trong các mạng có hình dáng bất kỳ với số nguồn cung cấp tùy ý.

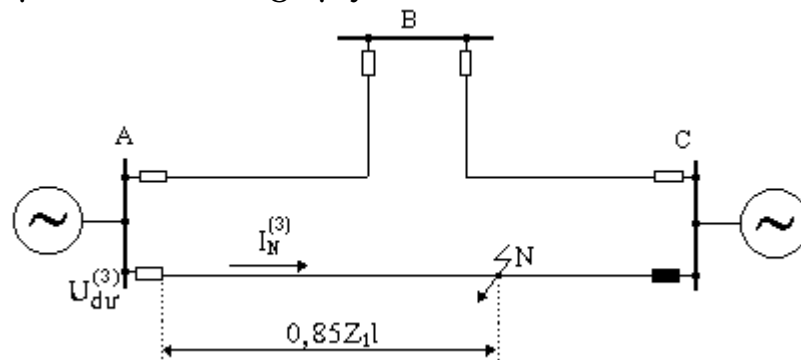
X.2. Tác động nhanh :

Tác động không thời gian chỉ được thực hiện đối với cấp I của bảo vệ, bao bọc không quá 85% chiều dài phần tử được bảo vệ. Khi tính đến tác động của các bảo vệ về hai phía của đường dây, sẽ có không ít hơn 30% chiều dài của đường dây mà khi hư hỏng xảy ra trong đó được cắt về một trong hai phía với thời gian của cấp II (thường là vào khoảng 0,5 sec). Thời gian cắt ngắn mạch kéo dài như vậy, dù là ngắn mạch ở xa thanh góp của trạm, đôi khi là không cho phép. Để đánh giá khả năng cho phép cắt ngắn mạch với thời gian làm việc của cấp II, có thể sử dụng tiêu chuẩn điện áp dư $U_{dư}$ trên thanh góp của trạm. Cắt với thời gian cấp II được coi là cho phép, nếu trong tình trạng cắt không đồng thời ngắn mạch 3 pha (hình 6.27) ở đầu vùng II của bảo vệ có :

$$U_{dư}^{(3)} = 0,85 \cdot \sqrt{3} \cdot Z_1 \cdot I_N^{(3)} \geq 0,6 \cdot U_{dm}$$

X.3. Độ nhạy :

Độ nhạy của bảo vệ trước hết được xác định bởi các bộ phận khởi động của nó. Trong đa số trường hợp, độ nhạy đối với ngắn mạch trên đoạn được bảo vệ là đảm bảo được. Tuy nhiên, độ nhạy của bảo vệ khi làm nhiệm vụ dự trữ cho các hư hỏng ở đoạn kề có thể không đạt yêu cầu.



Hình 6.27 : Điều kiện tính toán để kiểm tra điện áp dư khi có ngắn mạch trong mạng điện

X.4. Tính đảm bảo :

Ngay cả những sơ đồ bảo vệ hiện đại đều bao gồm một số lượng đáng kể các bộ phận phức tạp cần thiết cho việc khởi động nhằm để bảo vệ làm việc đúng đắn. Điều đó sẽ làm phức tạp sự vận hành các bảo vệ và có thể làm mất khả năng làm việc đúng đắn của bảo vệ.

Mặc dù có một số nhược điểm đã phân tích ở trên, nguyên tắc khoảng cách vẫn được sử dụng rộng rãi trong thực tế để thực hiện các bảo vệ chống ngắn mạch nhiều pha. Điều này được giải thích là do chỉ có sử dụng nguyên tắc này mới có thể thực hiện được các bảo vệ cắt chọn lọc các đoạn đường dây và thanh góp của các trạm kề khi ngắn mạch nhiều pha trong các mạng có hình dáng bất kỳ. Bảo vệ khoảng cách cũng được dùng làm dự trữ khi sử dụng các bảo vệ dọc (như bảo vệ so lệch dọc, bảo vệ tần số cao) làm nhiệm vụ bảo vệ chính tác động không thời gian trên toàn bộ chiều dài của phần tử được bảo vệ.