

A. Giới thiệu chung về bảo vệ đường dây

Phương pháp và chủng loại thiết bị bảo vệ các đường dây (ĐZ) tải điện phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố như: ĐZ trên không hay ĐZ cáp, chiều dài ĐZ, phương thức nối đất của hệ thống, công suất truyền tải và vị trí của ĐZ trong cấu hình của hệ thống, cấp điện áp của ĐZ...

I. Phân loại các đường dây.

Hiện nay có nhiều cách để phân loại các ĐZ, theo cấp điện áp người ta có thể phân biệt:

- ~ ĐZ hạ áp (low voltage: LV) tương ứng với cấp điện áp $U < 1 \text{ kV}$.
- ~ ĐZ trung áp (medium voltage: MV): $1 \text{ kV} \leq U \leq 35 \text{ kV}$.
- ~ ĐZ cao áp (high voltage: HV): $60 \text{ kV} \leq U \leq 220 \text{ kV}$.
- ~ ĐZ siêu cao áp (extra high voltage: EHV): $330 \text{ kV} \leq U \leq 1000 \text{ kV}$.
- ~ ĐZ cực cao áp (ultra high voltage: UHV): $U > 1000 \text{ kV}$.

Thông thường các ĐZ có cấp điện áp danh định từ 110 kV trở lên được gọi là ĐZ truyền tải và dưới 110 kV trở xuống gọi là ĐZ phân phối.

Theo cách bố trí ĐZ có: ĐZ trên không (overhead line), ĐZ cáp (cable line), ĐZ đơn (single line), ĐZ kép (double line)...

II. Các dạng sự cố và bảo vệ để bảo vệ đường dây tải điện.

Những sự cố thường gặp đối với ĐZ tải điện là ngắn mạch (một pha hoặc nhiều pha), chạm đất một pha (trong lưới điện có trung tính cách đất hoặc nối đất qua cuộn dập hồ quang), quá điện áp (khí quyển hoặc nội bộ), đứt dây và quá tải.

Để chống các dạng ngắn mạch trong lưới hạ áp thường người ta dùng cầu chảy (fuse) hoặc aptomat.

- ~ Để bảo vệ các ĐZ trung áp chống ngắn mạch, người ta dùng các loại bảo vệ:
 - Quá dòng cắt nhanh hoặc có thời gian với đặc tính thời gian độc lập hoặc phụ thuộc.
 - Quá dòng có hướng.
 - Bảo vệ khoảng cách.
 - Bảo vệ so lệch sử dụng cáp chuyên dùng.

Đối với ĐZ cao áp và siêu cao áp, người ta thường dùng các bảo vệ:

- ~ So lệch dòng điện.
- ~ Bảo vệ khoảng cách.
- ~ So sánh biên độ, so sánh pha.
- ~ So sánh hướng công suất hoặc dòng điện.

Sau đây chúng ta sẽ đi xét cụ thể các bảo vệ thường được dùng để bảo vệ ĐZ trong hệ thống điện.

B. Các loại bảo vệ thường dùng để bảo vệ đường dây

I. Bảo vệ quá dòng

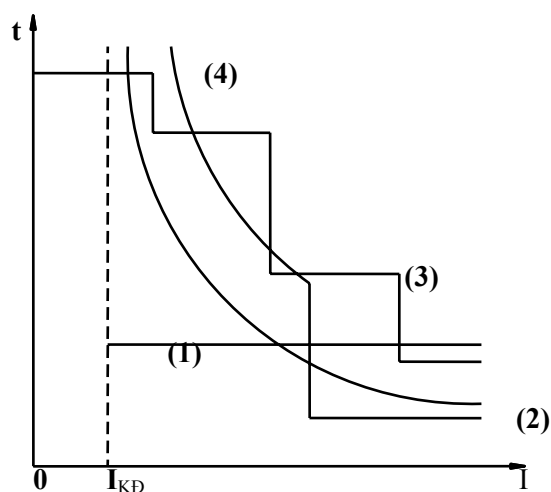
I.1. Bảo vệ quá dòng có thời gian (51):

Bảo vệ quá dòng có thể làm việc theo đặc tính thời gian độc lập (đường 1) hoặc phụ thuộc (đường 2) hoặc hỗn hợp (đường 3;4). Thời gian làm việc của bảo vệ có đặc tính thời gian độc lập không phụ thuộc vào trị số dòng ngắn mạch hay vị trí ngắn mạch, còn đối với bảo vệ có đặc tính thời gian phụ thuộc thì thời gian tác động tỉ lệ nghịch với dòng điện chạy qua bảo vệ, dòng ngắn mạch càng lớn thì thời gian tác động càng bé.

I.1.1. Bảo vệ quá dòng với đặc tuyến thời gian độc lập:

Ưu điểm của dạng bảo vệ này là cách tính toán và cài đặt của bảo vệ khá đơn giản và dễ áp dụng. Thời gian đặt của các bảo vệ phải được phối hợp với nhau sao cho có thể cắt ngắn mạch một cách nhanh nhất mà vẫn đảm bảo được tính chọn lọc của các bảo vệ.

Hiện nay thường dùng 3 phương pháp phối hợp giữa các bảo vệ quá dòng liên kế là phương pháp theo thời gian, theo dòng điện và phương pháp hỗn hợp giữa thời gian và dòng điện.



Hình 4.1: Đặc tính thời gian của bảo vệ quá dòng độc lập (1), phụ thuộc (2) và hỗn hợp (3, 4)

I.1.1.1. Phối hợp các bảo vệ theo thời gian:

Đây là phương pháp phổ biến nhất thường được đề cập trong các tài liệu bảo vệ rơle hiện hành. Nguyên tắc phối hợp này là nguyên tắc bậc thang, nghĩa là chọn thời gian của bảo vệ sao cho lớn hơn một khoảng thời gian an toàn Δt so với thời gian tác động lớn nhất của cấp bảo vệ liền kề trước nó (tính từ phía phụ tải về nguồn).

$$t_n = t_{(n-1)\max} + \Delta t \quad (4-1)$$

- Trong đó:
- ~ t_n : thời gian đặt của cấp bảo vệ thứ n đang xét.
 - ~ $t_{(n-1)\max}$: thời gian tác động cực đại của các bảo vệ của cấp bảo vệ đứng trước nó (thứ n).

Δt : bậc chọn lọc về thời gian được xác định bởi công thức:

$$\begin{aligned} \Delta t &= E_R \cdot 10^{-2} \cdot [t_{(n-1)\max} + t_n] + t_{MC(n-1)} + t_{dp} \\ &\approx 2 \cdot 10^{-2} \cdot E_R \cdot t_{(n-1)\max} + t_{MC(n-1)} + t_{qt} + t_{dp} \end{aligned} \quad (4-2)$$

Với:

E_R : sai số thời gian tương đối của chức năng quá dòng cấp đang xét (có thể gây tác động sớm hơn) và cấp bảo vệ trước (kéo dài thời gian tác động của bảo vệ), đối với role số thường $E_R = (3 \div 5)\%$ tùy từng role.

$t_{MC(n-1)}$: thời gian cắt của máy cắt cấp bảo vệ trước, thường có giá trị lấy bằng $(0,1 \div 0,2)$ sec đối với MC không khí, $(0,06 \div 0,08)$ sec với MC chân không và $(0,04 \div 0,05)$ sec với MC khí SF₆.

t_{qt} : thời gian sai số đo quán tính khiến cho role vẫn ở trạng thái tác động mặc dù ngắn mạch đã bị cắt, với role số t_{qt} thường nhỏ hơn 0,05 sec.

t_{dp} : thời gian dự phòng.

Đối với role điện cơ bậc chọn lọc về thời gian Δt thường được chọn bằng 0,5 sec, role tĩnh khoảng 0,4 sec còn đối với role số $\Delta t = (0,2 \div 0,3)$ sec tùy theo loại máy cắt được sử dụng.

Giá trị dòng điện khởi động của bảo vệ I_{KDB} trong trường hợp này được xác định bởi:

$$I_{KAB} = \frac{K_{at} \cdot K_{mm} \cdot I_{lv \max}}{K_{tv}} \quad (4-3)$$

Trong đó:

K_{at} : hệ số an toàn để đảm bảo cho bảo vệ không cắt nhầm khi có ngắn mạch ngoài do sai số khi tính dòng ngắn mạch (kể đến đường cong sai số 10% của BI và 20% do tổng trở nguồn bị biến động).

K_{mm} : hệ số mở máy, có thể lấy $K_{mm} = (1,5 \div 2,5)$.

K_{tv} : hệ số trở về của chức năng bảo vệ quá dòng, có thể lấy trong khoảng $(0,85 \div 0,95)$. Sở dĩ phải sử dụng hệ số K_{tv} ở đây xuất phát từ yêu cầu đảm bảo sự làm việc ổn định của bảo vệ khi có các nhiễu loạn ngắn (hiện tượng tự mở máy của các động cơ sau khi TĐL đóng thành công) trong hệ thống mà bảo vệ không được tác động.

Giá trị dòng khởi động của bảo vệ cần phải thỏa mãn điều kiện:

$$I_{lv \max} < I_{KDB} < I_{N \min} \quad (4-4)$$

Với:

$I_{lv \max}$: dòng điện cực đại qua đối tượng được bảo vệ, thường xác định trong chế độ cực đại của hệ thống, thông thường:

$$I_{lv \max} = (1,05 \div 1,2) \cdot I_{dm} \quad (4-5)$$

Trong trường hợp không thỏa mãn điều kiện (4-4) thì phải sử dụng bảo vệ quá dòng có kiểm tra áp.

$I_{N \min}$: dòng ngắn mạch nhỏ nhất khi ngắn mạch trong vùng bảo vệ.

Khi yêu cầu phải cài đặt giá trị dòng khởi động cho role, giá trị này sẽ được tính theo công thức:

$$I_{KAR} = \frac{K_{sa}^{(3)} \cdot I_{KAB}}{n_l} \quad (4-6)$$

Trong đó:

n_l : tỷ số biến đổi của BI.

$K_{sa}^{(3)}$: hệ số sơ đồ, phụ thuộc vào cách mắc sơ đồ BI $K_{sa}^{(3)} = \frac{I_R^{(3)}}{I_T^{(3)}}$. Đối với sơ đồ sao hoàn toàn hoặc sao khuyết thì $K_{sa}^{(3)} = 1$, còn sơ đồ số 8 thì $K_{sa}^{(3)} = \sqrt{3}$.

1.1.1.2. Phối hợp các bảo vệ theo dòng điện:

Thông thường ngắn mạch càng gần nguồn thì dòng ngắn mạch càng lớn và dòng ngắn mạch này sẽ giảm dần khi vị trí điểm ngắn mạch càng xa nguồn. Yêu cầu đặt ra ở đây là phải phối hợp các bảo vệ tác động theo dòng ngắn mạch sao cho role ở gần điểm ngắn mạch nhất sẽ tác động cắt máy cắt mà thời gian tác động giữa các bảo vệ vẫn chọn theo đặc

Phương pháp này tính theo dòng ngắn mạch pha và lựa chọn giá trị đặt của bảo vệ sao cho role ở gần điểm sự cố nhất sẽ tác động. Giả sử xét ngắn mạch 3 pha $N^{(3)}$ tại điểm N_2 trên hình 4.3, giá trị dòng ngắn mạch tại N_2 được xác định theo công thức:

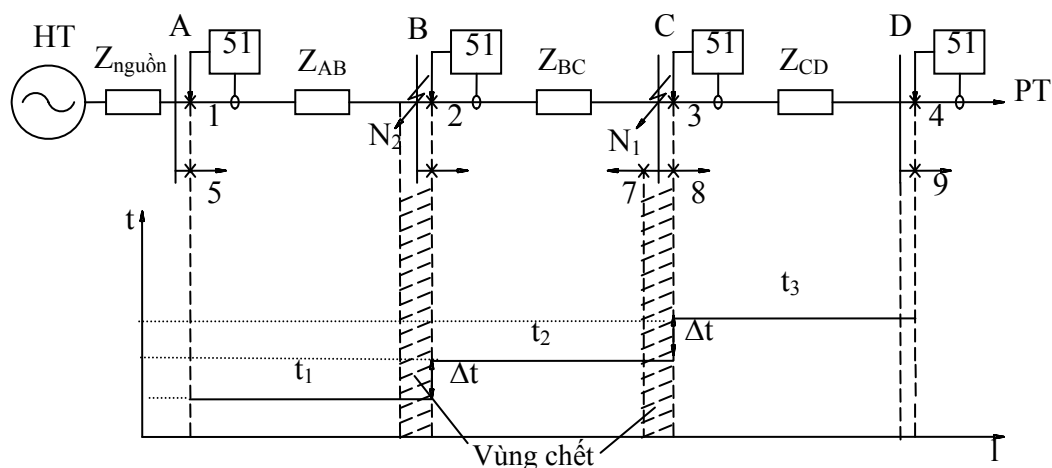
$$I_{N_2} = \frac{c \cdot U_{\text{nguồn}}}{\sqrt{3}(Z_{\text{nguồn}} + Z_{AB})} \quad (4-7)$$

Trong đó:

- ~ $U_{\text{nguồn}}$: điện áp dây của nguồn.
- ~ c : hệ số thay đổi điện áp nguồn, có thể lấy $c = 1,1$.
- ~ $Z_{\text{nguồn}}$: tổng trở nguồn, được xác định bằng:

$$Z_{\text{nguồn}} = \frac{U_{\text{nguồn}}^2}{S_{\text{NM}}} \quad (4-8)$$

với S_{NM} là công suất ngắn mạch của nguồn.



Hình 4.3: Đặc tuyến thời gian của bảo vệ quá dòng trong lưới điện hình tia cho trường hợp phối hợp theo dòng điện

Chúng ta nhận thấy các dòng ngắn mạch phía sau điểm N_2 (tính về phía tải) sẽ có giá trị nhỏ hơn I_{N_2} (bỏ qua trường hợp ngắn mạch qua một tổng trở lớn) do đó giá trị đặt của dòng điện cho bảo vệ đặt tại A có thể chọn lớn hơn dòng I_{N_2} . Trong trường hợp tổng quát, giá trị của dòng điện ở cấp thứ n (tính về phía phụ tải) chọn theo phương pháp phối hợp dòng điện sẽ được tính theo công thức:

$$I_{K\Delta n} = \frac{K_{\text{at}} \cdot c \cdot U_{\text{nguồn}}}{\sqrt{3}(Z_{\text{nguồnmax}} + \sum_{n=1}^m Z_{(n-1)})} \quad (4-9)$$

Trong đó:

$\sum_{n=1}^m Z_{(n-1)}$: tổng trở ĐZ tính từ nguồn đến cấp bảo vệ thứ (n - 1).

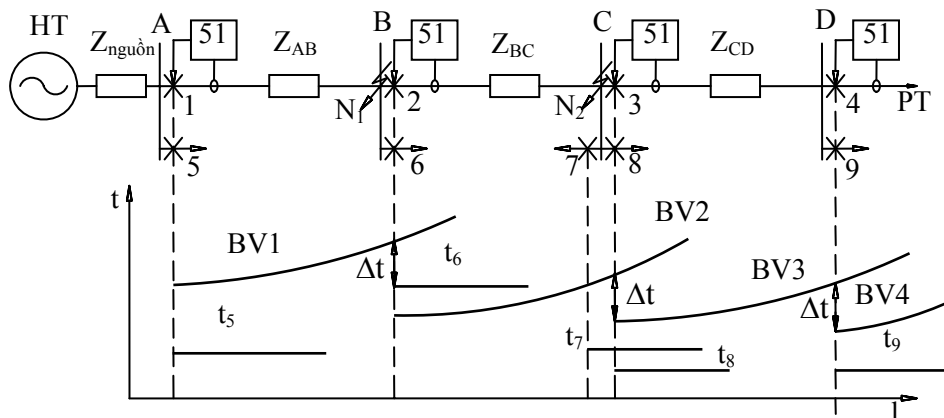
m: số cấp bảo vệ của toàn ĐZ.

$K_{at} = (1,1 \div 1,3)$: hệ số an toàn để đảm bảo không cắt nhầm khi có ngắn mạch ngoài do sai số tính dòng ngắn mạch (kể đến đường cong sai số 10% của BI và 20% do tổng trở nguồn bị biến động).

Chúng ta thấy do có hệ số an toàn $K_{at} > 1$ nên bảo vệ sẽ tồn tại vùng chết khi xảy ra ngắn mạch tại các thanh góp. Ưu điểm của phương pháp này là ngắn mạch càng gần nguồn thì thời gian cắt ngắn mạch càng nhỏ.

I.1.2. Bảo vệ quá dòng cực đại với đặc tuyến thời gian phụ thuộc:

Bảo vệ quá dòng có đặc tuyến thời gian độc lập trong nhiều trường hợp khó thực hiện được khả năng phối hợp với các bảo vệ liên kề mà vẫn đảm bảo được tính tác động nhanh của bảo vệ. Một trong những phương pháp khắc phục là người ta sử dụng bảo vệ quá dòng với đặc tuyến thời gian phụ thuộc. Hiện nay các phương thức tính toán chỉnh định role quá dòng số với đặc tính thời gian phụ thuộc do đa dạng về chủng loại và tiêu chuẩn nên trên thực tế vẫn chưa được thống nhất về mặt lý thuyết điều này gây khó khăn cho việc thẩm kế và kiểm định các giá trị đặt.



Hình 4.4: Phối hợp đặc tuyến thời gian của bảo vệ quá dòng trong lưới điện hình tia cho trường hợp đặc tuyến phụ thuộc

Role quá dòng với đặc tuyến thời gian phụ thuộc được sử dụng cho các ĐZ có dòng sự cố biến thiên mạnh khi thay đổi vị trí ngắn mạch. Trong trường hợp này nếu sử dụng đặc tuyến độc lập thì nhiều khi không đảm bảo các điều kiện kỹ thuật: thời gian cắt sự cố, ổn định của hệ thống... Hiện nay người ta có xu hướng áp dụng chức năng bảo vệ quá dòng với đặc tuyến thời gian phụ thuộc như một bảo vệ thông thường thay thế cho các role có đặc tuyến độc lập.

Đối với các role quá dòng có đặc tuyến thời gian phụ thuộc có giới hạn loại điện cơ của Liên Xô (cũ) không có các đường đặc tuyến tiêu chuẩn thống nhất, nó thay đổi theo các role. Trong tất cả các role quá dòng số hiện nay của SIEMENS, ALSTOM, SEL, ABB..., đều tích hợp cả hai đặc tuyến độc lập và phụ thuộc. Giá trị đặt dòng phụ thuộc thời gian có thể được xác định bằng một trong ba cách sau:

- ~ Dưới dạng các bảng giá trị số “dòng - thời gian”.
- ~ Dưới dạng các đồ thị logarit cơ số 10 (lg).
- ~ Dưới dạng các công thức đại số.

Hiện nay trên thực tế tồn tại nhiều tiêu chuẩn đường cong đặc tuyến thời gian phụ thuộc của bảo vệ quá dòng số như: tiêu chuẩn của Ủy ban kỹ thuật điện quốc tế (IEC), của

$$t_{\text{tđ}} = TD \frac{K}{m^n - 1}; \quad t_{\text{tv}} = TD \frac{K_1}{m^2 - 1} \quad (4-10)$$

Trong đó:
 $t_{\text{tđ}}, t_{\text{tv}}$: tương ứng là thời gian tác động và thời gian trở về của bảo vệ ứng với bội số dòng m.

$$\text{Giá trị } m \text{ được xác định bằng công thức: } m = \frac{I_N}{I_{\text{KAB}}}$$

với I_N : giá trị dòng ngắn mạch chạy qua bảo vệ.

I_{KDB} : dòng điện khởi động của bảo vệ được xác định theo giá trị dòng điện tải, có thể tính theo biểu thức:

$$I_{\text{KAB}} = (1,1 \div 1,5) \frac{P_{\text{dd}}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} \quad (4-11)$$

Trong đó:
 P_{dd} : là công suất tác dụng danh định của tải chạy qua đối tượng được bảo vệ.
 U : điện áp dây danh định của lưới điện.
 TD : hệ số thời gian (Time Dial) của mỗi đường cong trong bộ đường cong tiêu chuẩn, và là giá trị đặt khi ta chọn đường cong đó trong bộ nhớ của rơle.
 K, K_1, n : các giá trị phụ thuộc vào loại đường cong đặc tuyến có độ dốc khác nhau. Ví dụ tương ứng với các tiêu chuẩn ta có các giá trị sau: IEC255-3A: $K = 0,14, K_1 = 1,08, n = 0,02$; IEC255-3B: $K = 13,5, K_1 = 13,5, n = 1$; IEC255-3B: $K = 80, K_1 = 80, n = 2$.

Dưới đây sẽ giới thiệu một số đường cong đặc tuyến theo tiêu chuẩn IEC255:
 Đường cong dốc chuẩn SIT (standard inverse time): hình 4.5.

$$t_{\text{tđ}} = TD \frac{0,14}{m^{0,02} - 1}; \quad t_{\text{tv}} = -TD \frac{1,08}{m^2 - 1} \quad (4-12)$$

Đường cong rất dốc VIT (very inverse time) IEC255-3B: hình 4.6

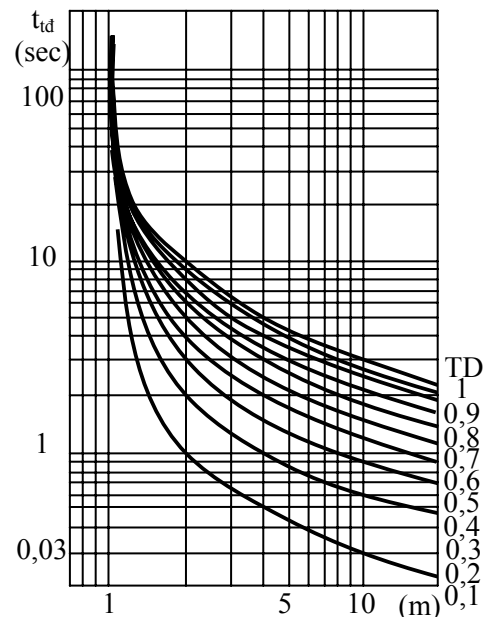
$$t_{\text{tđ}} = TD \frac{135}{m - 1}; \quad t_{\text{tv}} = -TD \frac{135}{m^2 - 1} \quad (4-13)$$

Đường cong cực dốc EIT (extremely inverse time): hình 4.7

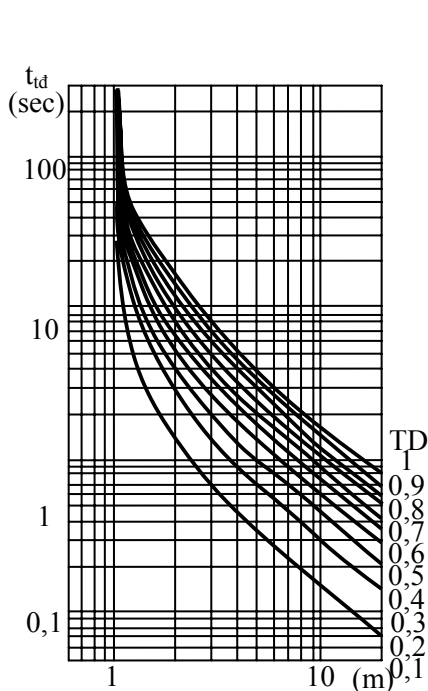
$$t_{\text{tđ}} = TD \frac{80}{m^2 - 1};$$

$$t_{\text{tđ}} = -TD \frac{80}{m^2 - 1} \quad (4-14)$$

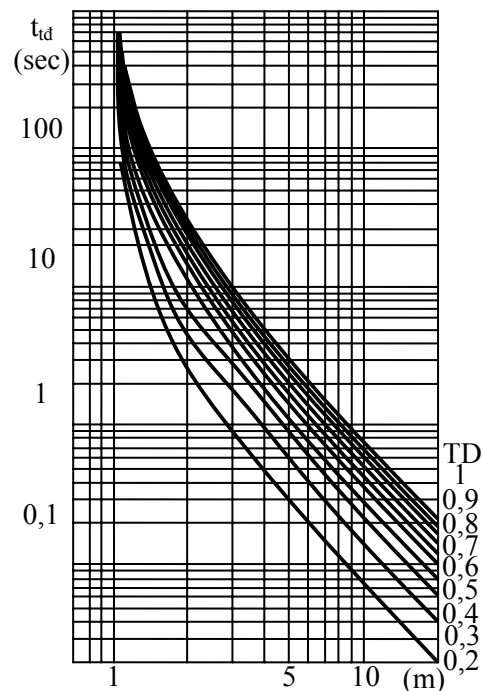
Cần chú ý là các hệ số thời gian đặt TD thường chỉ dao động trong khoảng $(0,05 \div 3)$, trên đồ thị các đặc tuyến được cho với giá trị TD bằng $(0,1 \div 1)$. Ngoài ra tiêu chuẩn IEC255 còn có các họ đặc tuyến khác như họ đường cong siêu dốc UIT, đường cong tác động nhanh ST (short time)... nhưng ít được sử dụng.



Hình 4.5: Đường cong dốc chuẩn (SIT) theo tiêu chuẩn IEC255-3A



Hình 4.6: Đường cong rất dốc (VIT) theo tiêu chuẩn IEC255-3B



Hình 4.7: Đường cong cực dốc (EIT) theo tiêu chuẩn IEC255-3C

I.2. Bảo vệ quá dòng cắt nhanh (50):

Chúng ta nhận thấy rằng đối với bảo vệ quá dòng thông thường càng gần nguồn thời gian cắt ngắn mạch càng lớn, thực tế cho thấy ngắn mạch gần nguồn thường thì mức độ nguy hiểm cao hơn và cần loại trừ càng nhanh càng tốt. Để bảo vệ các ĐZ trong trường hợp này người ta dùng bảo vệ quá dòng cắt nhanh (50), bảo vệ cắt nhanh có khả năng làm việc chọn lọc trong lưới có cấu hình bất kỳ với một nguồn (hình 4.8) hay nhiều nguồn (hình 4.9) cung cấp. Ưu điểm của nó là có thể cách ly nhanh sự cố với công suất ngắn mạch lớn ở gần nguồn. Tuy nhiên vùng bảo vệ không bao trùm được hoàn toàn ĐZ cần bảo vệ, đây chính là nhược điểm lớn nhất của loại bảo vệ này.

Để đảm bảo tính chọn lọc, giá trị đặt của bảo vệ quá dòng cắt nhanh phải được chọn sao cho lớn hơn dòng ngắn mạch cực đại (ở đây là dòng ngắn mạch 3 pha trực tiếp) đi qua chỗ đặt role khi có ngắn mạch ở ngoài vùng bảo vệ. Sau đây chúng ta sẽ đi tính toán giá trị đặt của bảo vệ cho một số mạng điện thường gặp.

I.2.1. Mạng điện hình tia một nguồn cung cấp:

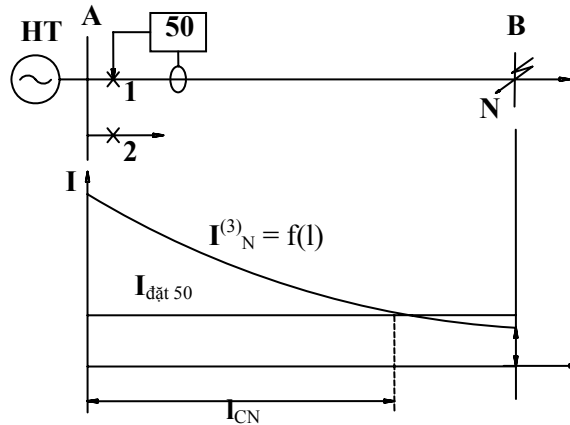
Đối với mạng điện hình tia một nguồn cung cấp (hình 4.8), giá trị dòng điện khởi động của bảo vệ đặt tại thanh góp A được xác định theo công thức:

$$I_{KA50}^A = K_{at} \cdot I_{N\text{ngoài max}} \quad (4-15)$$

Trong đó:

K_{at} : hệ số an toàn, tính đến ảnh hưởng của các sai số do tính toán ngắn mạch, do cấu tạo của role, thành phần không chu kỳ trong dòng ngắn mạch và của các biến dòng. Với role điện cơ $K_{at} = (1,2 \div 1,3)$, còn với role số $K_{at} = 1,15$.

$I_{N\text{ngoài max}}$: dòng ngắn mạch 3 pha trực tiếp lớn nhất qua bảo vệ khi ngắn ngoài vùng bảo vệ. Ở đây là dòng ngắn mạch 3 pha trực tiếp tại thanh góp B.



Hình 4.8: Bảo vệ dòng điện cắt nhanh ĐZ một nguồn cung cấp

I.2.2. ĐZ có hai nguồn cung cấp:

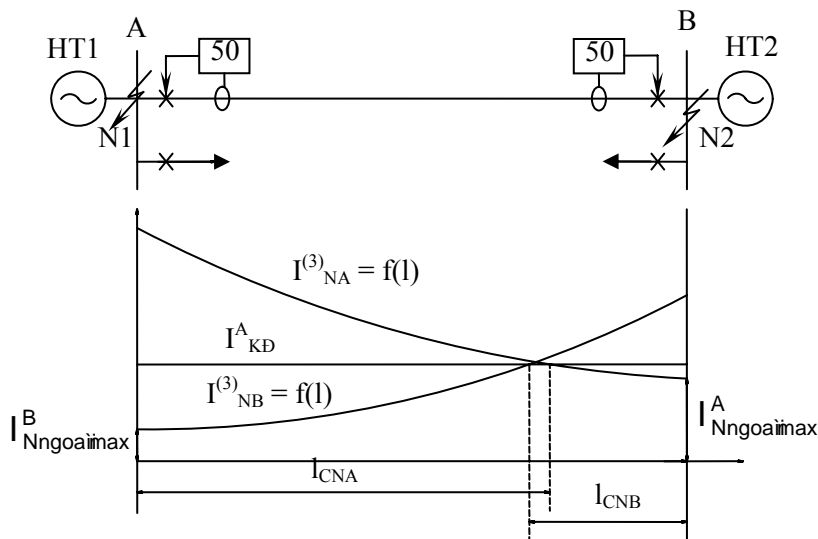
Xét ĐZ có hai nguồn cung cấp như hình 4.9, để đảm bảo cho bảo vệ 1 (đặt tại thanh góp A) và bảo vệ 2 (đặt tại thanh góp B) tác động đúng thì giá trị dòng điện khởi động của hai bảo vệ này ($I_{K\hat{A}50}^A, I_{K\hat{A}50}^B$) phải được chọn theo điều kiện:

$$I_{K\hat{A}50}^A = I_{K\hat{A}50}^B = K_{at} \cdot \text{Max}\{I_{N\text{ngoài}}^A; I_{N\text{ngoài}}^B\} \quad (4-16)$$

Trong đó:

$I_{N\text{ngoài}}^A$: giá trị dòng ngắn mạch lớn nhất khi ngắn mạch 3 pha trực tiếp tại thanh góp B do nguồn HT1 cung cấp.

$I_{N\text{ngoài}}^B$: giá trị dòng ngắn mạch lớn nhất khi ngắn mạch 3 pha trực tiếp tại thanh góp A do nguồn HT2 cung cấp.



Hình 4.9: Bảo vệ dòng điện cắt nhanh ĐZ có hai nguồn cung cấp

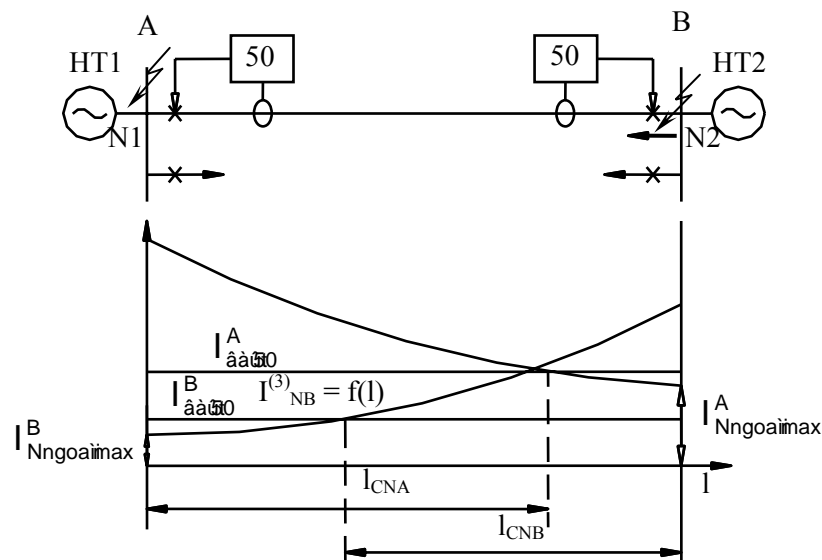
Nhược điểm của cách chọn dòng điện đặt trong trường hợp này là khi có sự chênh lệch công suất khá lớn giữa hai nguồn A và B thì vùng tác động của bảo vệ đặt ở nguồn có công suất bé hơn sẽ bị thu hẹp lại rất bé thậm chí có thể tiến tới 0. Để khắc phục người ta có

$$I_{K\dot{A}50}^A = K_{at} \cdot I_{N\text{goai}max}^A \quad (4-17)$$

$$I_{K\dot{A}50}^B = K_{at} \cdot I_{N\text{goai}max}^B \quad (4-18)$$

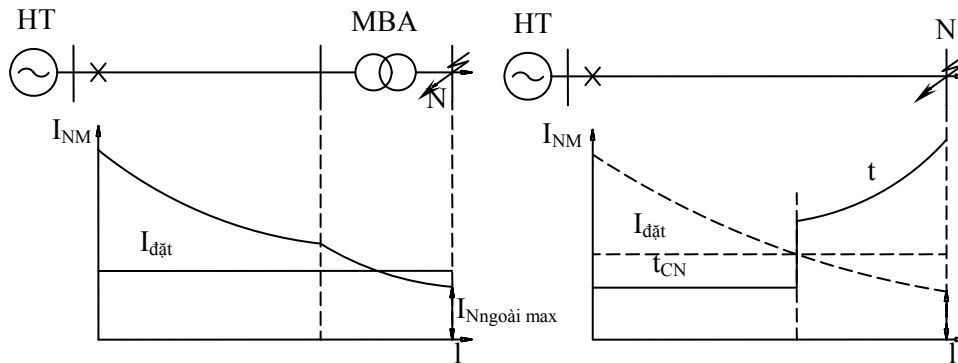
Từ hình 4.10 chúng ta thấy chiều dài vùng cắt nhanh của bảo vệ đặt tại thanh góp B đã được mở rộng ra rất nhiều. Bảo vệ cắt nhanh là bảo vệ có tính chọn lọc tuyệt đối nghĩa là nó chỉ tác động khi xảy ra ngắn mạch trong vùng mà nó bảo vệ nên khi tính toán giá trị dòng điện khởi động, trong biểu thức không có mặt của hệ số trở về K_{tv} .

Về lý thuyết, thời gian tác động của bảo vệ quá dòng cắt nhanh có thể bằng 0 sec. Tuy nhiên trên thực tế để ngăn chặn bảo vệ có thể làm việc sai khi có sét đánh vào ĐZ gây ngắn mạch tạm thời do van chống sét hoạt động hoặc khi đóng MBA không tải (dòng từ hoá không tải của MBA có thể vượt quá trị số đặt của bảo vệ cắt nhanh) hoặc trong các chế độ nhiễu loạn thành phần sóng hài khác với sóng hài có tần số 50Hz lớn, thông thường người ta cho bảo vệ làm việc với thời gian trễ khoảng (0,05 ÷ 0,08) sec đối với rơle cơ và (0,03 ÷ 0,05) sec với rơle số.



Hình 4.10: Bảo vệ dòng điện cắt nhanh có hướng ĐZ có hai nguồn cung cấp

Do vùng tác động của bảo vệ quá dòng cắt nhanh không bao trùm được hoàn toàn ĐZ cần bảo vệ nên nó không thể làm bảo vệ chính hoặc bảo vệ duy nhất. Trong một số trường hợp, ví dụ trong mạng hình tia cung cấp cho một MBA (hình 4.11a) làm việc hợp bộ (ĐZ-MBA), có thể dùng bảo vệ quá dòng cắt nhanh để bảo vệ toàn bộ chiều dài ĐZ nếu ta cho nó tác động khi có sự cố bên trong MBA. Dòng điện đặt của bảo vệ được chọn theo dòng ngắn mạch ba pha cực đại khi ngắn mạch sau MBA (hình 4.11a). Đối với rơle quá dòng cắt nhanh số có tích hợp cả chức năng của bảo vệ quá dòng thông thường (khi đó người ta gọi chức năng cắt nhanh là ngưỡng cao còn chức năng quá dòng thông thường là ngưỡng thấp) nên có thể phối hợp hai chức năng này để bảo vệ cho ĐZ như hình 4.11b.



Hình 4.11: Bảo vệ quá dòng cắt nhanh cho sơ đồ hợp bộ ĐZ-MBA (a) và kết hợp với chức năng bảo vệ quá dòng thông thường theo thời gian phụ thuộc (b) trong role số

Trên thực tế bảo vệ quá dòng cắt nhanh có thể kết hợp với các thiết bị tự động đóng lặp lại TĐL để vừa có thể cắt nhanh sự cố vừa tăng khả năng tự động hoá trong hệ thống điện, đảm bảo yêu cầu cung cấp điện.

Một nhược điểm cơ bản khác của bảo vệ quá dòng cắt nhanh là nó không áp dụng được nếu dòng sự cố qua bảo vệ khi có ngắn mạch ở đầu ĐZ phía nguồn (ví dụ nguồn HT1 trên hình 4.9 trong chế độ cực tiểu nhỏ hơn dòng sự cố khi ngắn mạch ở cuối ĐZ trong chế độ cực đại, nghĩa là: $I_{N1 \min} < I_{N2 \max}$. Khi đó ta có:

$$\frac{I_{N1 \max}}{I_{N2 \max}} \approx \frac{I_{N1 \min}}{I_{N2 \min}} < \frac{I_{N2 \max}}{I_{N2 \min}} \quad (4-19)$$

Điều này có nghĩa là bảo vệ không áp dụng được nếu tỷ số dòng ngắn mạch khi có sự cố ở hai đầu ĐZ trong chế độ cực đại nhỏ hơn tỷ số dòng ở đầu xa nguồn trong chế độ cực đại (ứng với $Z_{\text{nguồn max}}$) và chế độ cực tiểu, tức là:

Như vậy, khi nguồn điện hệ thống biến động mạnh hay có dao động điện lớn trong hệ thống do ngắn mạch ngoài, bảo vệ quá dòng cắt nhanh hoặc sẽ không thể tác động hoặc sẽ tác động không chọn lọc tùy theo giá trị cài đặt của nó trong chế độ làm việc nào. Trong trường hợp ĐZ quá ngắn, nếu giá trị dòng điện khởi động I_{KD50} theo công thức (4-15) lớn hơn dòng ngắn mạch cực đại trong ĐZ, tức là:

$$I_{N1 \max} \leq I_{K\hat{A}} = K_{at} \cdot I_{N\text{ngoài max}} \quad (4-20)$$

với $I_{N1 \max}$ là dòng ngắn mạch cực đại tại N_1 do nguồn HT1 cung cấp khi có ngắn mạch ba pha trên thanh góp A.

Khi đó chức năng quá dòng cắt nhanh sẽ không bảo vệ được ĐZ. Như vậy khi sử dụng cấp cắt nhanh cần kiểm tra điều kiện (4-19), nếu không thỏa mãn điều kiện trên thì chỉ nên đặt cấp quá dòng ngưỡng thấp (quá dòng thông thường) với đặc tính thời gian phụ thuộc. Việc áp dụng các công thức trên còn phụ thuộc vào ĐZ được cung cấp từ một hay hai nguồn và bảo vệ thuộc loại có hướng hay vô hướng. Nếu giữa hai nguồn cung cấp (hình 4.9) ngoài ĐZ liên lạc chính còn có ĐZ liên lạc phụ khác (mạch vòng) thì sau khi bảo vệ một đầu đã tác động cắt máy cắt, dòng ngắn mạch qua bảo vệ ở đầu còn lại có thể tăng lên và bảo vệ sẽ tác động, nghĩa là vùng tác động của bảo vệ cắt nhanh ở đầu này có thể được mở rộng ra (hiện tượng khởi động không đồng thời).

I.3. Bảo vệ quá dòng có kiểm tra áp:

Trong nhiều trường hợp bảo vệ quá dòng có thời gian có thể không đủ độ nhạy vì dòng làm việc cực đại chạy qua phần tử được bảo vệ có trị số quá lớn, chẳng hạn khi tách mạch vòng của lưới điện, cắt một số ĐZ hoặc MBA làm việc song song, khi xảy ra quá tải... Trong một số lưới điện có nguồn công suất ngắn mạch yếu, nếu xác định giá trị dòng điện khởi động cho bảo vệ theo công thức:

$$I_{KAB} = \frac{K_{at} \cdot K_{mm} \cdot I_{lv \max}}{K_{tv}} \quad (4-21)$$

thì nhiều khi không thể đảm bảo điều kiện về độ nhạy. Khi đó để nâng cao độ nhạy của bảo vệ quá dòng có thời gian đồng thời đảm bảo cho bảo vệ có thể phân biệt được ngắn mạch và quá tải người ta thêm vào bảo vệ bộ phận khoá điện áp thấp (hình 4.12).

Bộ phận khoá điện áp sử dụng role điện áp giảm 27 sẽ phối hợp với bộ phận quá dòng 51 theo logic “VÀ”. Khi có ngắn mạch, dòng điện chạy qua chỗ đặt bảo vệ tăng cao đồng thời điện áp tại thanh góp bị giảm thấp làm cho đầu ra của bộ tổng hợp “VÀ” có tín hiệu, bảo vệ sẽ tác động. Còn khi quá tải, dòng điện chạy qua đối tượng được bảo vệ có thể giá trị tác động của role tuy nhiên giá trị điện áp tại thanh góp đặt bảo vệ giảm không lớn do đó role điện áp giảm 27 không tác động, bảo vệ sẽ không tác động. Như vậy khi dùng bảo vệ quá dòng có kiểm tra áp, dòng điện khởi động cho bảo vệ được xác định theo công thức:

$$I_{KAB} = \frac{K_{at} \cdot I_{lv \max}}{K_{tv}} \quad (4-22)$$

rõ ràng khi đó độ nhạy của bảo vệ đã tăng lên do trong biểu thức I_{KDB} không còn hệ số K_{mm} . Điện áp khởi động của bộ khoá điện áp thấp U_{KDR} chọn theo điều kiện:

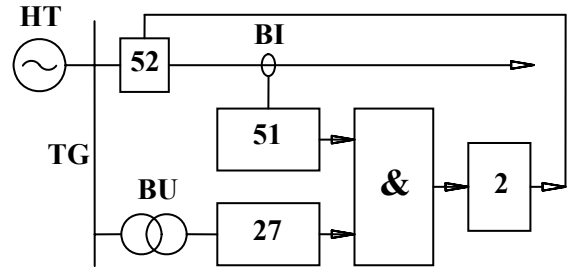
$$\frac{U_{N \max}}{n_U} < U_{KARU} < \frac{U_{lv \min}}{n_U} \quad (4-23)$$

Trong đó:

$U_{lv \min}$: điện áp làm việc tối thiểu cho phép tại chỗ đặt bảo vệ.
 $U_{N \max}$: điện áp dư lớn nhất tại chỗ đặt bảo vệ khi có ngắn mạch ở cuối vùng bảo vệ của bảo vệ quá dòng.

n_U : tỷ số biến đổi của máy biến điện áp BU.

Thời gian làm việc của bảo vệ quá dòng có kiểm tra áp chọn như đối với bảo vệ quá dòng thông thường.



Hình 4.12: Bảo vệ quá dòng có kiểm tra áp

I.4. Bảo vệ quá dòng có hướng 67:

Đối với một số cấu hình lưới điện như mạng vòng, mạng hình tia có nhiều nguồn cung cấp..., bảo vệ quá dòng điện với thời gian làm việc chọn theo nguyên tắc bậc thang không đảm bảo được tính chọn lọc hoặc thời gian tác động của các bảo vệ gần nguồn quá lớn không cho phép. Để khắc phục người ta dùng bảo vệ quá dòng có hướng. Thực chất đây cũng là một bảo vệ quá dòng thông thường nhưng có thêm bộ phận định hướng công suất để phát hiện chiều công suất qua đối tượng được bảo vệ. Bảo vệ sẽ tác động khi dòng điện qua bảo vệ lớn hơn dòng điện khởi động I_{KD} và hướng công suất ngắn mạch đi từ thanh góp vào đường dây. Sơ đồ nguyên lý của bảo vệ quá dòng có hướng được trình bày trên hình 4.13a.

Ngày nay hầu hết các role quá dòng có hướng số được tích hợp thêm nhiều chức năng như: chức năng cắt nhanh, quá dòng với đặc tuyến thời gian độc lập và phụ thuộc, nhờ đó một số role quá dòng có hướng có cả tính chọn lọc tuyệt đối và tương đối, nghĩa là có thể vừa đảm bảo chức năng cắt nhanh vừa đóng vai trò như một bảo vệ dự trữ. Một trong những role vừa nêu trên là role quá dòng có hướng ba cấp tác động. Để hiểu rõ hơn về loại role này chúng ta sẽ đi phân tích chọn thời gian làm việc và dòng điện khởi động của bảo vệ quá dòng có hướng ba cấp tác động cho một số mạng điện điển hình trong hệ thống điện.

I.4.1. Mạng điện hình tia có hai nguồn cung cấp:

Chúng ta sẽ xét từng cấp tác động cho sơ đồ mạng điện hình 4.13.

I.4.1.1. Bảo vệ quá dòng có hướng cấp I:

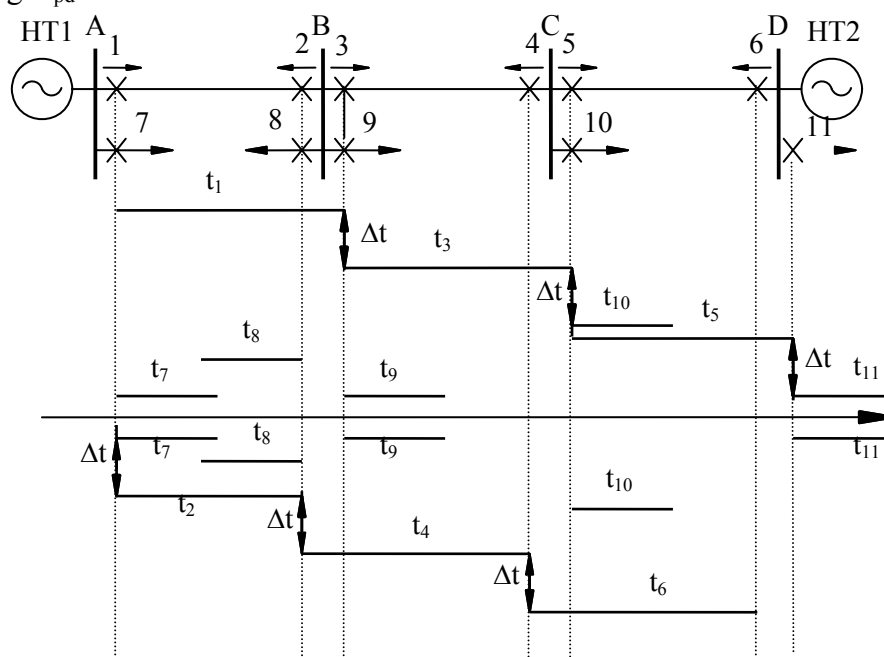
Bảo vệ dòng điện có hướng cấp I làm việc như một bảo vệ quá dòng cắt nhanh có hướng, do đó dòng điện khởi động $I_{KD\ 67}$ của bảo vệ role cho cấp này được xác định theo công thức:

$$I_{KD\ 67} = K_{at} \cdot I_{Ngoài\ max} \quad (4-24)$$

Vì bảo vệ cấp I có tính chọn lọc tuyệt đối nên thời gian tác động của bảo vệ ($t_{đặt}^I$) có thể chọn 0 sec. Tuy nhiên để tránh trường hợp bảo vệ có thể tác động nhầm khi có sét đánh vào ĐZ gây ngắn mạch tạm thời hoặc ngắn mạch ngoài vùng bảo vệ có xung dòng lớn người ta cho bảo vệ tác động có thời gian trễ khoảng (0,01 ÷ 0,05) sec.

I.4.1.2. Bảo vệ quá dòng có hướng cấp II:

Vùng bảo vệ cấp II đóng vai trò dự trữ cho bảo vệ cấp I. Dòng điện đặt của role $I_{đặt}^{II}$ được chọn theo sự phối hợp với dòng khởi động cấp I của bảo vệ kế tiếp (liên kề) thông qua hệ số phân dòng K_{pd} .



Hình 4.13: Phối hợp thời gian các bảo vệ quá dòng có hướng theo đặc tuyến thời gian độc lập cho trường hợp ĐZ có hai nguồn cung cấp.

Xét bảo vệ 1 đặt tại thanh góp A. Dòng điện khởi động cấp II của bảo vệ tại thanh góp A được chọn phụ thuộc vào sự phân bố dòng điện tại thanh góp B.

Trường hợp tại thanh góp B có rẽ nhánh, dòng điện khởi động cấp II của bảo vệ 1 xác định theo công thức:

$$I_{K\hat{A}67}^{II} = K_{at} \cdot K_{pd} \cdot I_{NT} \quad (4-25)$$

Trong đó:

- K_{pd} : hệ số phân dòng.
- I_{NT} : dòng ngắn mạch khi ngắn mạch sau MBA tại nhánh rẽ thanh góp B.

Trường hợp tại thanh góp B có nguồn công suất nối vào, dòng điện khởi động lúc đó được xác định theo công thức:

$$I_{K\hat{A}67}^{II} = K_{at} \cdot K_{pdf} \cdot I_{K\hat{A}(3)}^I \quad (4-26)$$

với $I_{K\hat{A}(3)}^I$: dòng điện đặt cấp I của bảo vệ 3 tại thanh góp B; K_{pdf} : hệ số phân dòng do nguồn máy phát nối vào thanh góp B cung cấp.

Thời gian tác động cấp II được chọn theo điều kiện:

$$t_{\hat{a}\hat{a}utBV}^{II} = t_{\hat{a}\hat{a}utBV}^I + \Delta t \quad (4-27)$$

Thông thường thời gian đặt cấp II bảo vệ được chọn trong khoảng (0,3 ÷ 0,5) sec.

1.4.1.3. Bảo vệ quá dòng có hướng cấp III:

Thực chất ở vùng này bảo vệ làm việc như một bảo vệ quá dòng cực đại có hướng dự trữ cho cấp I và cấp II. Dòng điện khởi động cấp bảo vệ này được chọn theo công thức:

$$I_{K\hat{A}67}^{III} = \frac{K_{at} \cdot K_{mm} \cdot I_{lvmax}}{K_{tv}} \quad (4-28)$$

Với mạng điện hình 4.13. Để chọn thời gian làm việc của vùng bảo vệ cấp III, theo hướng tác động chúng ta chia ra làm hai nhóm:

- Nhóm 1: gồm các bảo vệ có hướng tác động từ trái sang phải: 1, 3, 5.
- Nhóm 2: gồm các bảo vệ có hướng tác động từ phải sang trái: 2, 4, 6. Thời gian làm việc của mỗi nhóm được chọn theo nguyên tắc bậc thang giống như với một bảo vệ quá dòng thông thường, nghĩa là thời gian làm việc của bảo vệ thứ n được xác định theo công thức (4-1).

$$t_{\hat{a}\hat{a}ut}^{III} = t_{(n-1)max} + \Delta t \quad (4-29)$$

Trong đó:

- $t_{\hat{a}\hat{a}ut}^{III}$: thời gian đặt của bảo vệ thứ n đang xét.
- $t_{(n-1)max}$: thời gian làm việc lớn nhất của các bảo vệ liền kề trước bảo vệ đang xét.
- Δt : bậc chọn lọc về thời gian, với role số $\Delta t = (0,2 \div 0,3)$ sec.

Đối với role số thường tích hợp cả hai chức năng của quá dòng có thời gian độc lập và phụ thuộc nên tùy vào từng trường hợp và từng chế độ vận hành mà chúng ta sử dụng một trong hai hoặc kết hợp cả hai đặc tuyến trên cho hợp lý. Trên hình 4.13 trình bày phương án phối hợp thời gian tác động cấp III cho các bảo vệ theo đặc tuyến thời gian độc lập.

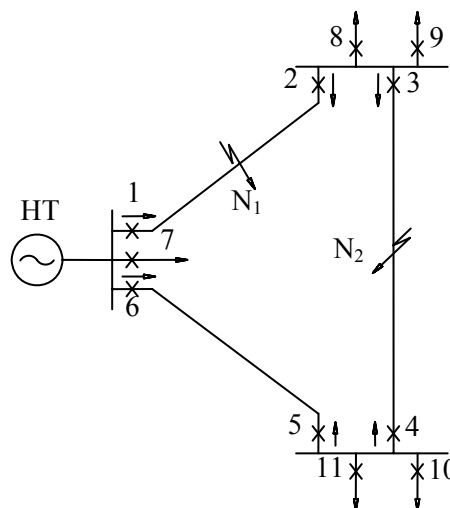
1.4.2. Mạng điện vòng có một nguồn cung cấp:

Đối với mạng điện vòng một nguồn cung cấp (hình 4.14) chúng ta chọn thời gian cho bảo vệ như với mạng hình tia hai nguồn cung cấp, nhưng ở đây thời gian tác động của bảo vệ 2 và 5 (t_2, t_5) không cần phải phối hợp thời gian với bất kì bảo vệ khác vì khi ngắn mạch ở nhánh nguồn (nhánh 7) thì không có dòng ngắn mạch chạy trong mạch vòng.

Dòng điện khởi động của bảo vệ trong trường hợp này phải phối hợp với nhau giữa các bảo vệ cùng hướng để tránh trường hợp bảo vệ có thể tác động nhầm. Ví dụ với mạng điện hình 4.14, dòng điện khởi động của các bảo vệ phải thỏa mãn điều kiện:

$$\begin{aligned} I_{\text{đặt } 1} &> I_{\text{đặt } 3} > I_{\text{đặt } 5} \\ I_{\text{đặt } 6} &> I_{\text{đặt } 4} > I_{\text{đặt } 2} \end{aligned} \quad (4-30)$$

Khi ngắn mạch xảy ra gần thanh góp nguồn thì có thể xảy ra hiện tượng khởi động không đồng thời, hiện tượng này sẽ làm cho thời gian cắt sự cố tăng lên. Vì bảo vệ sử dụng bộ phận định hướng công suất nên tồn tại “vùng chết” mà khi ngắn mạch tại đó giá trị điện áp đưa vào bảo vệ thấp hơn ngưỡng điện khởi động tối thiểu và khi đó bảo vệ sẽ không thể tác động. Khi tính toán dòng điện khởi động cho bảo vệ trong mạng vòng phải chú ý đến các trường hợp khi có bất kỳ một máy cắt nào mở, mạng sẽ trở thành sơ đồ hình tia một nguồn cung cấp, lúc đó sự phân bố công suất trong mạng sẽ khác và bảo vệ có thể tác động nhầm.

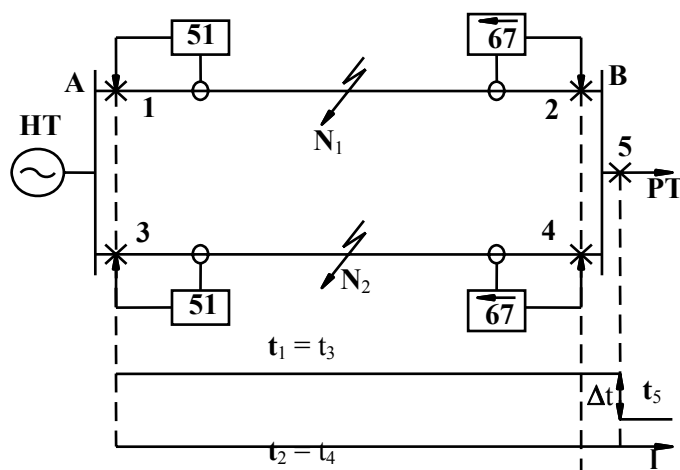


Hình 4.14: Bảo vệ quá dòng có hướng cho mạng điện vòng một nguồn cung cấp

I.4.3. Đường dây song song:

Khi các bảo vệ được trang bị bộ phận định hướng công suất với chiều tác động ứng với luồng công suất đi từ thanh góp vào ĐZ thì không cần phối hợp thời gian tác động giữa bảo vệ 2 và 4 với bảo vệ 5 (hình 4.15), vì khi ngắn mạch trên ĐZ D3 (điểm N₃) các bảo vệ 2 và 4 không làm việc. Trong trường hợp này bảo vệ 1 và 3 sẽ phối hợp thời gian trực tiếp với bảo vệ 5:

$$t_1 = t_3 = t_5 + \Delta t \quad (4-31)$$



Hình 4.15: Bảo vệ quá dòng có hướng cho ĐZ kép và phối hợp thời gian cho các bảo vệ

Chỉ cần đặt bộ định hướng công suất cho bảo vệ 2 và 4, thời gian tác động của bảo vệ 2 và 4 có thể chọn nhỏ tùy ý (nhưng yêu cầu t_2, t_4 phải nhỏ hơn t_1 và t_3).

Dòng điện khởi động của các bảo vệ được chọn phải đảm bảo sao cho khi cắt một ĐZ thì dòng điện làm việc lớn nhất qua các bảo vệ của ĐZ còn lại không làm bảo vệ tác động, nghĩa là:

$$\begin{aligned} I_{\text{KD}} &> I_{\text{lv max}} \\ \text{hay} \quad I_{\text{KD}} &= K_{\text{at}} \cdot I_{\text{lv max}} \end{aligned} \quad (4-32)$$

Trong đó:

I_{lvmax} : dòng điện làm việc lớn nhất qua bảo vệ khi chỉ vận hành một nhánh ĐZ song song.

K_{at} : hệ số an toàn, $K_{at} = 1,2 \div 1,3$.

1.5. Bảo vệ quá dòng chạm đất (50/51N):

Độ lớn của dòng chạm đất phụ thuộc vào chế độ làm việc của điểm trung tính hệ thống điện. Trong lưới điện có trung tính cách điện với đất, dòng chạm đất thường không vượt quá vài chục ampe (thường ≤ 30 A). Còn trong lưới có điểm trung tính nối đất qua cuộn dập hồ quang (cuộn Peterson), dòng chạm đất được giảm đi rất nhiều. Sự nguy hiểm của tình trạng chạm đất của lưới có trung tính cách đất hoặc nối đất qua cuộn dập hồ quang là điện áp ở hai pha còn lại không chạm đất tăng lên bằng điện áp dây và có thể chuyển thành sự cố ngắn mạch nhiều pha tại những chỗ có vấn đề về cách điện trên ĐZ. Tuy nhiên ở lưới này khi xảy ra chạm đất người ta vẫn cho phép vận hành nhưng bảo vệ phải báo tín hiệu để nhân viên vận hành tìm biện pháp khắc phục. Vì dòng chạm đất của mạng có trung tính cách đất hoặc nối đất qua cuộn dập hồ quang có giá trị khá nhỏ nên đòi hỏi bảo vệ dòng thứ tự không phải có độ nhạy khá cao.

Trong hệ thống có trung tính trực tiếp nối đất, khi xảy ra chạm đất một pha cũng chính là ngắn mạch một pha, dòng thứ tự không (TTK) phần lớn đến từ điểm trung tính của hai trạm ở hai đầu ĐZ, còn từ các trạm khác thì khá bé. Điều này cho phép đảm bảo sự phối hợp tốt theo dòng của bảo vệ TTK. Các bảo vệ trong trường hợp này thường được phối hợp theo nguyên tắc phân cấp như đối với bảo vệ quá dòng pha.

Trong role số tồn tại ba dạng sơ đồ sử dụng biến dòng đối với bảo vệ quá dòng chống sự cố chạm đất. Đó là các biến dòng pha mắc theo sơ đồ tổng ba pha, biến dòng TTK cho bảo vệ chống dòng chạm đất lớn và biến dòng TTK có độ nhạy cao.

Sơ đồ thứ nhất thường dùng cho lưới có trung tính nối đất trực tiếp hay qua tổng trở thấp, khi dòng chạm đất qua các pha có giá trị lớn nên gọi là bảo vệ dòng TTK cho lưới có dòng chạm đất lớn. Khi đó role thường được nối với tổng các dòng pha từ ba biến dòng riêng biệt nên có độ chính xác thấp.

Bảo vệ dùng biến dòng TTK thường được sử dụng cho mọi trường hợp có sự cố chạm đất, đặc biệt sử dụng trong các lưới có dòng chạm đất bé (lưới có trung tính cách đất hoặc nối đất qua cuộn dập hồ quang).

Biến dòng TTK độ nhạy cao phát hiện dòng chạm đất thường có giá trị danh định nhỏ hơn nhiều so với biến dòng TTK cho bảo vệ có dòng chạm đất lớn và được nối với role số theo các đầu vào riêng biệt.

Trong role số ngoài các biến dòng người ta có thể sử dụng thêm các biến điện áp với các sơ đồ khác nhau. Sơ đồ biến điện áp kiểu Y_0-Y_0 thường để xác định chiều công suất của dòng ngắn mạch dùng trong bảo vệ có hướng. Còn sơ đồ tam giác hở là để xác định điện áp TTK, nó thường làm việc kết hợp với chức năng quá dòng chạm đất độ nhạy cao trong lưới có trung tính cách đất hoặc nối đất qua một tổng trở.

Dòng TTK (I_0) chỉ có thể chạy từ điểm trung tính nối đất của MBA phía nguồn tới điểm có sự cố chạm đất. Giá trị của dòng chạm đất có thể xác định theo biểu thức:

$$I_0 = \frac{E}{Z_0 + Z_1 + Z_2} \quad (4-33)$$

với: Z_0, Z_1, Z_2 : tương ứng là tổng trở TTK, thứ tự thuận (TTT) và thứ tự nghịch (TTN) nhìn từ điểm sự cố.

Vì dòng TTK không thể đi qua cuộn tam giác của MBA nên việc phối hợp giữa các bảo vệ theo dòng TTK sẽ đơn giản hơn rất nhiều so với quá dòng pha. Nếu chọn dòng điện khởi động không chính xác thì bảo vệ quá dòng TTK có thể tác động nhầm nếu sử dụng sơ

Ở Việt Nam, trước đây lưới có trung tính cách đất thường là lưới phân phối trung áp nhỏ hơn 35 kV nhưng với việc đưa lưới 22 kV có trung tính nối đất trực tiếp vào vận hành sẽ làm cho các loại bảo vệ chống chạm đất ở lưới này sẽ đa dạng hơn. Tuy nhiên trong các role số hiện nay các chức năng bảo vệ này đã được tích hợp sẵn nên không gây khó khăn cho việc sử dụng.

Trong các sơ đồ bảo vệ ĐZ cao áp từ 110 kV trở lên dùng role điện cơ và role tĩnh của Liên Xô cũ, người ta hay sử dụng bảo vệ quá dòng TTK bốn cấp với đặc tuyến thời gian độc lập như một bảo vệ chính.

Trong đó:

Cấp I là cấp ngưỡng cao cắt nhanh, được xác định theo điều kiện chạm đất ở cuối ĐZ hay chế độ không toàn pha của máy cắt ĐZ đang bảo vệ.

Cấp II và III là cấp ngưỡng cao có thời gian, xác định theo điều kiện phối hợp với cấp một của ĐZ lân cận, theo dòng chạm đất sau MBA hoặc theo chế độ không toàn pha của máy cắt ĐZ lân cận cũng như các điều kiện bất thường khác như dao động điện, sự không đồng bộ...

Cấp IV là cấp ngưỡng thấp có thời gian xác định theo điều kiện dòng không cân bằng trong dây trung tính BI khi có ngắn mạch ba pha sau MBA hay ở cấp điện áp thấp MBA tự ngẫu.

Việc sử dụng nhiều cấp bảo vệ TTK theo trường phái Liên Xô cũ như trên xuất phát từ một thực tế là trong sơ đồ bảo vệ không có kiểu đặc tuyến phụ thuộc với thời gian tác động khác nhau cho các dòng chạm đất khác nhau. Do vậy, kiểu bốn cấp sẽ cho đặc tuyến dạng bậc thang có chất lượng bảo vệ tốt hơn so với loại hai cấp đặc tuyến độc lập, nhưng vẫn không đạt được chất lượng như của loại bảo vệ quá dòng TTK với đặc tuyến phụ thuộc. Mặt khác, do trong các bảo vệ ĐZ ở role số thường có kèm theo chức năng phát hiện các sự cố chạm đất nên bảo vệ quá dòng TTK bốn cấp chỉ đóng vai trò như bảo vệ dự phòng hoặc có thể thay nó bằng một bảo vệ quá dòng TTK hai ngưỡng.

Chức năng quá dòng chạm đất trong role số thường có hai ngưỡng là ngưỡng cao và ngưỡng thấp. Ngưỡng cao cắt nhanh thường được xác định tương tự như các role cô điển. Để giảm thiểu xác suất cắt nhầm do các cực máy cắt không đồng thời, người ta thường giới hạn thời gian tác động của cấp cắt nhanh khoảng dưới hai chu kỳ tần số công nghiệp đối với các máy cắt một pha. Còn cấp ngưỡng thấp cũng có thể có dạng đặc tuyến độc lập hay phụ thuộc, trong đó nên sử dụng loại đặc tuyến thứ hai để tăng khả năng bảo vệ. Khi sử dụng chức năng quá dòng chống chạm đất trong role số, ta cần phải phân biệt hai loại bảo vệ với các giá trị đặt được xác định xuất phát từ những cơ sở lập luận khác nhau. Bảo vệ quá dòng TTK cho lưới có dòng chạm đất lớn thường được hiệu chỉnh theo dòng không cân bằng cực đại và dòng thứ tự không đi qua chỗ đặt bảo vệ. Còn bảo vệ dòng TTK cho lưới có dòng chạm đất bé thường xác định theo dòng điện dung. Sau đây chúng ta sẽ lần lượt xét các loại bảo vệ này.

1.5.1. Bảo vệ quá dòng TTK cho lưới có dòng chạm đất lớn:

1.5.1.1. Đặc tuyến độc lập hai cấp:

Các role quá dòng số do có ứng dụng đa năng nên thường được tích hợp cả hai cấp bảo vệ là ngưỡng cao và ngưỡng thấp. Điều này có thể thấy rõ trong các loại role do Châu Âu sản xuất.

Trong chế độ tải bình thường và khi có ngắn mạch ngoài, trong dòng tổng ba pha thứ cấp ($I_{\Sigma T} = I_a + I_b + I_c$) chạy qua role thường chứa thành phần TTK và dòng không cân bằng đặc trưng bởi sự không đồng nhất của các biến dòng pha và do tải bất đối xứng:

$$I_{\Sigma T} = \frac{(I_A + I_B + I_C) - (I_{\mu A} + I_{\mu B} + I_{\mu C})}{n_I} = \frac{3 \cdot I_0}{n_I} - I_{KCBT} \quad (4-34)$$

Trong đó:

- ~ I_A, I_B, I_C : dòng điện ba pha sơ cấp chạy qua đối tượng được bảo vệ.
- ~ n_I : tỉ số biến đổi của biến dòng BI.
- ~ I_{KCBT} : dòng điện không cân bằng thứ cấp, phụ thuộc vào thành phần sóng hài có trong dòng ngắn mạch, sự không đồng nhất và sai số của BI. Dòng không cân bằng thứ có thể được xác định theo công thức sau:

$$I_{KCBT} = \frac{1}{n_I} \cdot K_{\text{ân}} \cdot K_{KCK} \cdot f_i \cdot I_{\text{Ngoài max}} \quad (4-35)$$

- ~ K_{KCK} gọi là hệ số không chu kỳ.
- ~ f_i : hệ số sai số (mức độ từ hoá) của các biến dòng ($f_i = 0,05 \div 0,1$).
- ~ $K_{\text{đn}}$: hệ số đồng nhất giữa các biến dòng ($K_{\text{đn}} = 0,5 \div 1$).
- ~ $I_{\text{Ngoài max}}$: thành phần chu kỳ của dòng ngắn mạch ngoài lớn nhất.

1. Giá trị đặt của bảo vệ ngưỡng thấp ($I_{0>}$) được chọn theo 3 điều kiện sau:

$$I_{0>} = K_{hc} \cdot (3 \cdot I_0 - k \cdot f_i \cdot I_1) \quad (4-36)$$

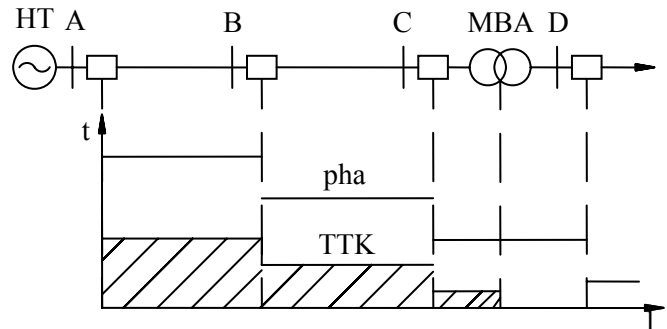
Trong đó:

- ~ K_{hc} : hệ số hiệu chỉnh, $K_{hc} = (1,5 \div 2)$.
 - ~ k : hệ số được cài đặt trong role số để tính đến thành phần sai số cực đại do dòng thứ tự thuận I_1 qua role trong chế độ tải bất đối xứng.
- Dòng điện đặt thứ cấp của bảo vệ cần phải chọn lớn hơn dòng I_{KCBT} nói trên.
2. Không được tác động đối với dòng làm việc lớn nhất chạy trên ĐZ do tải bất đối xứng, nghĩa là:

3. Phải tác động khi có chạm đất ở cuối ĐZ liền kề với độ nhạy vừa đủ (bằng 1,12 đối với role số) để đảm bảo việc dự phòng xa. Ví dụ role đặt tại thanh góp (TG) A phải tác động khi có chạm đất một pha tại TG C (hình 4.16), tức là giá trị dòng điện khởi động của nó phải thỏa mãn điều kiện:

$$\frac{3 \cdot I_{0C}}{I_{0>A}} \geq 1,15$$

$$\Rightarrow I_{0>A} \leq \frac{3 \cdot I_{0C}}{1,15} \quad (4-37)$$



Hình 4.16: Phân cấp thời gian tác động của bảo vệ quá dòng pha và quá dòng TTK.

Giá trị dòng điện đặt cấp ngưỡng thấp được chọn theo giá trị lớn nhất thỏa mãn 3 điều kiện trên và thường được lấy trong khoảng (0,2 ÷ 0,8) dòng danh định của biến dòng.

Thời gian tác động $t_{\text{đặt}}$ ở cấp bảo vệ này được phối hợp như đối với bảo vệ quá dòng pha. Tuy nhiên như đã nói ở phần đầu, bảo vệ TTK thường xét bắt đầu từ MBA có cuộn tam giác hoặc cuộn sao không nổi đất, nên bảo vệ quá dòng TTK cấp ngưỡng thấp trước MBA (ở đây là trạm C hình 4.16) có thể đặt loại cắt nhanh. Do vậy bảo vệ TTK với đặc tuyến độc lập thường có thời gian tác động nhỏ hơn so với bảo vệ quá dòng pha đặt trên cùng một trạm, tuy vậy điều này có thể sẽ không đúng đối với MBA tự ngẫu.

Giá trị đặt dòng ngưỡng cao ($I_{0>>}$) được chọn theo các điều kiện sau:

1. Theo điều kiện dòng TTK cực đại khi có chạm đất ngoài vùng bảo vệ:

$$I_{0>>} = K_{hc} \cdot 3 \cdot I_{\text{ngoài max}} \quad (4-38)$$

Hệ số hiệu chỉnh K_{hc} được cho bằng (1,15 ÷ 1,2) đối với role số.

2. Theo điều kiện không toàn pha (KTP) tạm thời do máy cắt đóng mạch không đồng nhịp hay do trình tự TĐL một pha của bảo vệ trên ĐZ đang xét:

$$I_{0>>} = K_{hc}.3.I_{0KTP} \quad (4-39)$$

Với I_{0KTP} là dòng TTK cực đại qua bảo vệ trong chế độ không toàn pha.
Giá trị dòng ngưỡng cao được chọn theo giá trị lớn nhất từ hai điều kiện trên.
Thời gian cắt nhanh của bảo vệ ngưỡng cao thường chọn bằng 0,05 sec.

1.5.1.2. Bảo vệ quá dòng chạm đất ba hay bốn cấp:

Trong một số loại role theo trường phái Mỹ, đặc biệt là các loại role bảo vệ tổng hợp ĐZ như SEL-321 (SEL) hay ALPS (GE Multilin), các chức năng bảo vệ quá dòng TTK với đặc tuyến độc lập như một bảo vệ dự phòng có thể có tới ba hay bốn cấp có hướng. Tuy nhiên khác với role của Liên Xô, chúng còn được tích hợp thêm đặc tính phụ thuộc. Điều này cho phép role bảo vệ ĐZ với các thời gian tác động khác nhau tùy theo cấu hình của lưới và vị trí sự cố mà loại bảo vệ hai cấp với thời gian độc lập không thực hiện được.

Các cấp I và IV thường được chọn giống như cấp ngưỡng cao và thấp đã đề cập ở trên. Sau đây chúng ta sẽ xét kỹ hơn các cấp II và III là loại bảo vệ quá dòng ngưỡng cao tác động có thời gian và chỉ giới hạn với dạng đặc tuyến độc lập.

Cấp II: dòng khởi động cấp II của trạm B (hình 4.17) được chọn theo các điều kiện sau:

1. Suy ra từ dòng tổng ba pha qua bảo vệ khi có chạm đất sau MBA tự ngẫu của bảo vệ liền kề về phía tải (ở cấp điện áp thấp hơn), tức là tại điểm N_1 :

$$I_{0>B}^{II} = K_{hc}.3.I_{0N1} \quad (4-40)$$

Ở đây hệ số K_{hc} có thể lấy bằng 1,15 đối với role số.

2. Từ điều kiện phối hợp với cấp một của bảo vệ liền kề:

$$I_{0>B}^{II} = K_{hc}.3.I_{0Btt} \quad (4-41)$$

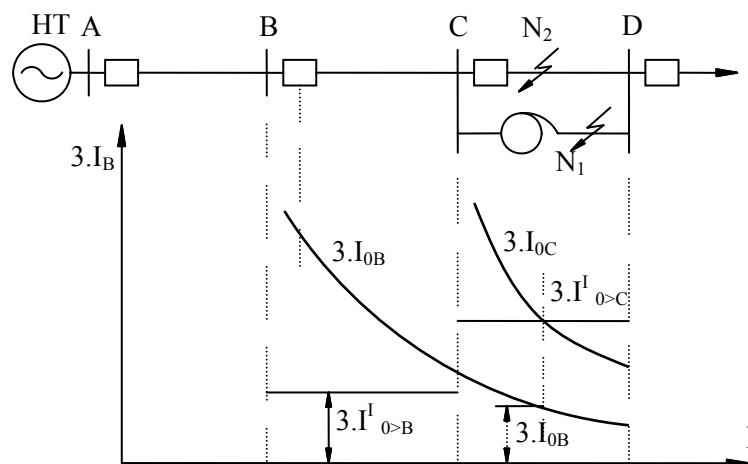
Trong đó:

K_{hc} có thể lấy bằng 1,1.

I_{0Btt} : dòng TTK tính toán, được xác định theo dòng TTK qua role B khi có chạm đất tại điểm tính toán N_2 trên ĐZ liền kề CD, N_2 là điểm mà dòng tổng ba pha qua role C bằng giá trị dòng điện đặt của nó (hình 4.17).

3. Theo điều kiện hiệu chỉnh từ dòng tổng ba pha của chế độ không toàn pha trong ĐZ liền kề, hay dòng KCB khi có dao động hay sự mất đồng bộ các máy phát (trong trường hợp thời gian tác động của bảo vệ lớn hơn 1 sec).

Cấp III: Được sử dụng khi cấp II tỏ ra không đủ độ nhạy (yêu cầu $K_n \approx 1,2$) khi có chạm đất một điểm hay chạm đất kép tại các vị trí nhạy cảm cấp III, được chọn giống như cấp II, ngoài ra còn có điều kiện tính toán theo dòng KCB trong dây trung tính các biến dòng khi có ngắn mạch ba pha sau MBA thường hoặc MBA tự ngẫu nối vào TG của các trạm hai đầu ĐZ được bảo vệ.



Hình 4.17: Các cách tính vùng II của bảo vệ quá dòng TTK 4 cấp

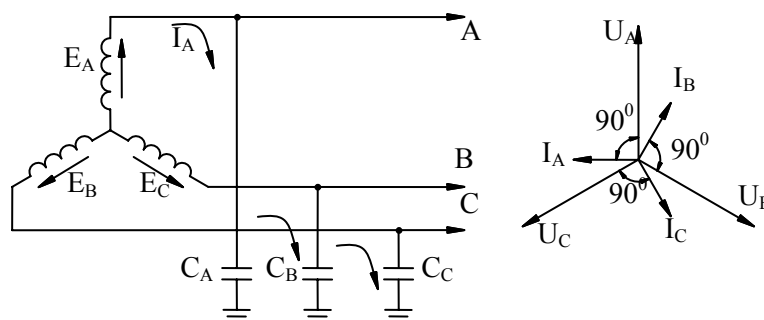
Thời gian tác động của bảo vệ được phối hợp giống như đối với bảo vệ quá dòng pha thông thường.

I.5.1.3. Đặc tuyến phụ thuộc:

Phương pháp phối hợp các bảo vệ quá dòng TTK theo đặc tuyến thời gian phụ thuộc tương tự như đối với bảo vệ quá dòng pha. Tuy nhiên cần chú ý là đối với bảo vệ quá dòng TTK còn có một số loại đặc tuyến phụ thuộc chỉ có cho bảo vệ chạm đất như đặc tuyến thời gian tác động lâu, đặc tuyến kiểu RI...

I.5.2. Bảo vệ quá dòng thứ tự không cho lưới có dòng chạm đất bé:

Các dòng đặt của bảo vệ quá dòng TTK cho lưới có dòng chạm đất bé thường có giá trị nhỏ vì chúng không chịu ảnh hưởng của các dòng điện tải mà chịu tác động của các dòng điện dung. Để hiểu rõ hơn về bản chất của dòng chạm đất liên quan đến dòng điện dung, sau đây chúng ta sẽ xem xét chế độ sự cố của hệ thống điện có trung tính cách đất khi chạm đất tại một điểm.



Hình 4.18: Các dòng dung kháng trong lưới trung tính cách đất (a) và vectơ dòng và áp (b) trong điều kiện bình thường

Trong lưới điện xoay chiều với chế độ làm việc bình thường, trên các pha ngoài các dòng tải còn có các dòng điện dung xác định bởi điện dung đối với đất phân bố theo dọc chiều dài ĐZ. Nếu không có dòng tải, điện áp của tất cả các điểm trên lưới có thể coi là bằng nhau vì dòng dung kháng này rất nhỏ do vậy sự sụt áp do chúng gây ra có thể bỏ qua. Khi đó điện áp các pha so với đất tương ứng sẽ bằng điện áp pha U_A , U_B , U_C và các điện dung phân tán của các pha có thể thay bằng các điện dung tập trung $C_A = C_B = C_C = C$ (hình 4.18a). Các vectơ dòng I_A , I_B , I_C và áp sẽ có dạng đối xứng như trên hình 4.18b. Như vậy, tổng các vectơ dòng và áp sẽ bằng không và không có dòng chạy qua đất.

Khi có một pha nào đó chạm đất, điện áp các pha so với đất sẽ thay đổi. Ví dụ khi pha A chạm đất trực tiếp, điện áp U_A của nó sẽ giảm xuống 0, còn điện áp hai pha kia sẽ tăng lên tới điện áp dây U_{BA} và U_{CA} . Vì điện áp dây không thay đổi nên điện áp các pha B, C so với đất sẽ tăng lên $\sqrt{3}$ lần, còn điện áp điểm trung tính N của hệ thống so với đất sẽ bằng $-U_A$.

Dòng chạm đất tại điểm sự cố khi đó sẽ bằng: (hình 4.19)

$$\dot{I}_D^{(1)} = -(\dot{I}_B^{(1)} + \dot{I}_C^{(1)}) = 3\omega C \dot{U}_{pha} \quad (4-42)$$

Khi tính toán dòng này người ta thường xét đến điện dung (C) của lưới theo điện dung đơn vị c ($\mu\text{F}/\text{km}$) đối với từng loại dây dẫn, do đó công thức (4-42) có thể viết thành:

$$\dot{I}_D^{(1)} = 3\omega c l \dot{U}_{pha} \cdot 10^{-6} = a l \quad (4-43)$$

Trong đó:

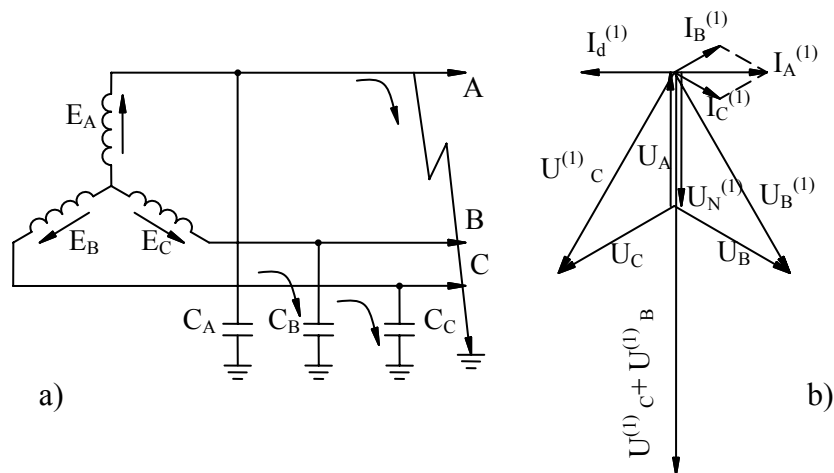
l : tổng chiều dài của lưới điện nối với nhau trực tiếp không qua MBA (lưới có cùng cấp điện áp).

$a=3\omega C U_{pha} 10^{-6}$ và điện dung đơn vị c phụ thuộc vào loại dây dẫn trên không hay cáp ngầm... thường dao động trong khoảng rộng. Tuy nhiên, khi tính toán sơ bộ chúng ta có thể lấy giá trị trung bình nào đó. Nếu thay $\omega = 2\pi \cdot 50$ rad/sec vào (4-43) thì có thể tính gần đúng:

□ Đối với ĐZ trên không:
$$I_D^{(1)} = \frac{U \cdot l}{350} \text{ (A)} \quad (4-44)$$

□ Đối với ĐZ cáp:
$$I_D^{(1)} = \frac{U \cdot l}{10} \text{ (A)} \quad (4-45)$$

Với U là điện áp dây của lưới đang xét.



Hình 4.19: Các dòng dung kháng trong lưới trung tính cách đất (a) và vectơ dòng và áp (b) khi có sự cố chạm đất

Khi tính dòng dung kháng để chỉnh định giá trị đặt cho role cần phải chú ý là dòng dung kháng của ĐZ được bảo vệ sẽ chạy quần bên trong phạm vi ĐZ này mà không qua chỗ đặt role (hình 4.20). Do đó ở các công thức (4-43), (4-44), (4-45), trong giá trị tổng độ dài đường dây l không được tính đến chiều dài ĐZ được bảo vệ. Điều này cũng có nghĩa là, nếu xuất tuyến của MBA hay máy phát chỉ có một ĐZ thì ở đây không được phép đặt bảo vệ quá dòng TTK có độ nhạy cao.

Để tính toán giá trị chỉnh định cho bảo vệ TTK ví dụ đường dây AB (hình 4.17), ta có thể xuất phát từ dòng dung kháng tổng cực tiểu I_{Cmin} của các ĐZ bên ngoài cùng nối vào trạm đặt role khi có chạm đất tại điểm N_1 theo công thức:

$$I_{0>} = \frac{I_{Cmin}}{K_{hc}} = \frac{a \cdot (l_{\Sigma} - l_{AB})}{K_{hc}} \quad (4-46)$$

Trong đó:

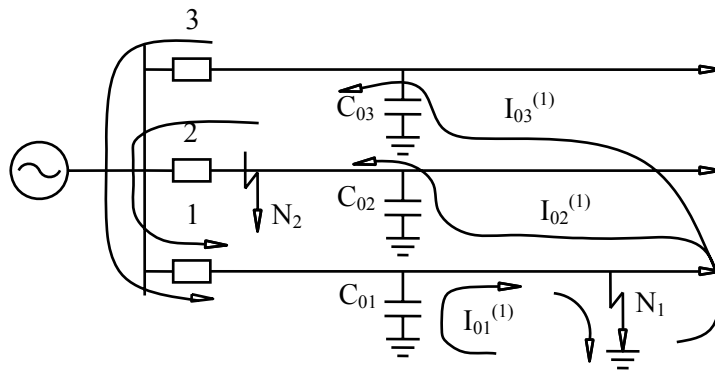
$$K_{hc} = (1,2 \div 1,5).$$

l_{Σ} : độ dài tổng của lưới nối với nhau trực tiếp không qua MBA cung cấp cho TG trạm trong cấu hình ngắn nhất của lưới.

Ngoài ra, nếu role là loại vô hướng thì nó không được phép tác động khi có chạm đất ngoài ĐZ được bảo vệ (điểm N_2), tức là khi có dòng dung kháng từ hướng ĐZ được bảo vệ chạy qua role theo chiều ngược lại. Vì vậy giá trị đặt của role phải thỏa mãn điều kiện:

$$I_{0>} = K_{at} \cdot a \cdot l_{AB} \quad (4-47)$$

$$\text{với } K_{at} = (2 \div 2,5).$$



Hình 4.20: Đường đi của các dòng dung kháng khi có ngắn mạch bên trong ĐZ

Nếu đây là một xuất tuyến, thì độ dài l_{AB} phải được coi là tổng các đoạn ĐZ cùng cấp điện áp về phía tải so với điểm đặt role, khi đó K_{at} có thể chọn nhỏ hơn từ $(1,5 \div 2)$. Tuy nhiên, nếu role là loại có hướng thì không phải kiểm tra điều kiện (4-47).

II. bảo vệ so lệch dòng điện (87)

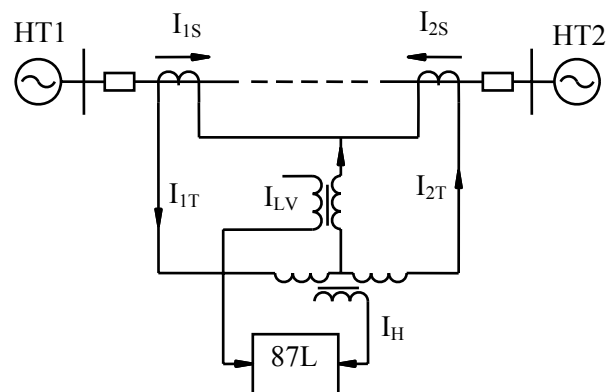
II.1. Giới thiệu chung:

Ngày nay ở Việt Nam bảo vệ so lệch dòng điện không chỉ sử dụng để bảo vệ máy phát, máy biến áp mà nó đã được sử dụng khá phổ biến để bảo vệ lưới truyền tải. Để nâng cao độ nhạy của bảo vệ so lệch dòng điện các hãng chế tạo role số đã phát minh ra loại role so lệch dòng điện có hãm, cộng với sự phát triển mạnh mẽ của hệ thống truyền tín hiệu mà loại role này đã dần khắc phục được các nhược điểm cơ bản của mình bằng phương pháp so sánh tín hiệu dòng điện ở hai đầu ĐZ thông qua các thiết bị truyền tin thay cho việc dùng dây dẫn phụ.

Điều này không những nâng cao độ tin cậy mà còn nâng cao độ nhạy của bảo vệ. Trên thực tế có nhiều mô hình sơ đồ nguyên lý của role so lệch có hãm, mỗi hãng có thể đưa ra một mô hình khác nhau sao cho từ đó họ có thể chế tạo ra phần cứng và chương trình hoá được các thuật toán logic để cài đặt vào bộ nhớ của role. Trên hình 4.21 trình bày một trong các dạng sơ đồ nguyên lý của bảo vệ so lệch dòng điện có hãm.

Ở đây chúng ta không đi sâu vào cấu tạo của role so lệch dòng điện mà chỉ từ nguyên lý làm việc của nó chúng ta sẽ ứng dụng để bảo vệ ĐZ trong hệ thống điện. Từ sơ đồ nguyên lý trên hình 4.21 ta có:

Trong chế độ làm việc bình thường hoặc khi ngắn mạch ngoài: Dòng điện so lệch I_{SL} (chính là dòng làm việc) của bảo vệ được xác định theo công thức:



Hình 4.21: Sơ đồ nguyên lý của bảo vệ so lệch có hãm

$$\begin{aligned}
\dot{I}_{SL} &= \Delta \dot{I} = \dot{I}_{1T} - \dot{I}_{2T} = \dot{I}_{LV} \\
&= \frac{1}{n_l} \cdot [(\dot{I}_{1S} - \dot{I}_{2S}) - (\dot{I}_{1\mu} - \dot{I}_{2\mu})] \\
&= \frac{1}{n_l} \cdot (\dot{I}_{1S} - \dot{I}_{2S}) - \dot{I}_{KCBT} \approx -\dot{I}_{KCBT}
\end{aligned}
\tag{4-48}$$

Dòng điện hãm:

$$\dot{I}_H = \dot{I}_{1T} + \dot{I}_{2T} = \frac{1}{n_l} \cdot [(\dot{I}_{1S} + \dot{I}_{2S}) - (\dot{I}_{1\mu} + \dot{I}_{2\mu})]
\tag{4-49}$$

Trong đó:

\dot{I}_{KCBT} : dòng không cân bằng thứ cấp BI, giá trị của dòng này phụ thuộc vào độ sai lệch giữa các BI và thành phần không chu kì trong dòng điện chạy qua đối tượng được bảo vệ. Dòng không cân bằng thứ cấp có thể được xác định theo biểu thức sau:

$$\dot{I}_{KCBT} = K_{\text{ân}} \cdot K_{KCK} \cdot f_i \cdot \dot{I}_{N\text{goai}\text{max}}
\tag{4-50}$$

BI. $\dot{I}_{1S}, \dot{I}_{2S}, \dot{I}_{1T}, \dot{I}_{2T}, \dot{I}_{1\mu}, \dot{I}_{2\mu}$: lần lượt là dòng điện sơ cấp, thứ cấp và dòng từ hoá của n_l : hệ số biến đổi của các BI.

Trong chế độ này dòng điện vào cuộn hãm I_H lớn hơn dòng vào cuộn làm việc I_{LV} nên bảo vệ không tác động (hình 4.22a).

Khi có ngắn mạch trong vùng bảo vệ:

Trường hợp ĐZ có một nguồn cung cấp: giả sử HT2 trên hình 4.21 được cắt ra. Khi đó:

$$\dot{I}_{LV} = \dot{I}_{1S} = \frac{1}{n_l} \cdot (\dot{I}_{1S} - \dot{I}_{1\mu})
\tag{4-51}$$

Để bảo vệ có thể làm việc đúng trong trường hợp này thì giá trị dòng điện khởi động của bảo vệ I_{LV} phải chọn lớn hơn giá trị dòng điện hãm I_H , nghĩa là:

$$I_{LV} = I_H / K_H
\tag{4-52}$$

Với K_H là hệ số hãm, thường chọn $K_H = (0,2 \div 0,5)$.

Giới hạn dưới của hệ số hãm được chọn cho miền có dòng ngắn mạch bé để nâng cao độ nhạy của bảo vệ, còn ở miền có dòng ngắn mạch lớn thường chọn hệ số K_H cao để ngăn chặn bảo vệ có thể tác động nhầm.

Trường hợp ĐZ có hai nguồn cung cấp: (hình 4.21)

Dòng điện \dot{I}_{1S} ngược hướng với \dot{I}_{2S} nên \dot{I}_{1T} cũng sẽ ngược hướng với \dot{I}_{2T} . Khi đó:

$$\dot{I}_{SL} = \frac{1}{n_l} \cdot [(\dot{I}_{1S} + \dot{I}_{2S}) - (\dot{I}_{1\mu} + \dot{I}_{2\mu})]
\tag{4-53}$$

$$\dot{I}_H = \frac{1}{n_l} \cdot [(\dot{I}_{1S} - \dot{I}_{2S}) - (\dot{I}_{1\mu} - \dot{I}_{2\mu})]
\tag{4-54}$$

Như vậy, trong trường hợp này dòng $I_{SL} \gg I_H$ (hình 4.22b) do đó bảo vệ sẽ tác động.

Độ nhạy của bảo vệ được xác định theo công thức:

$$K_n = \frac{I_{Nmin}}{I_{\text{đảm bảo}} \quad (4-55)$$

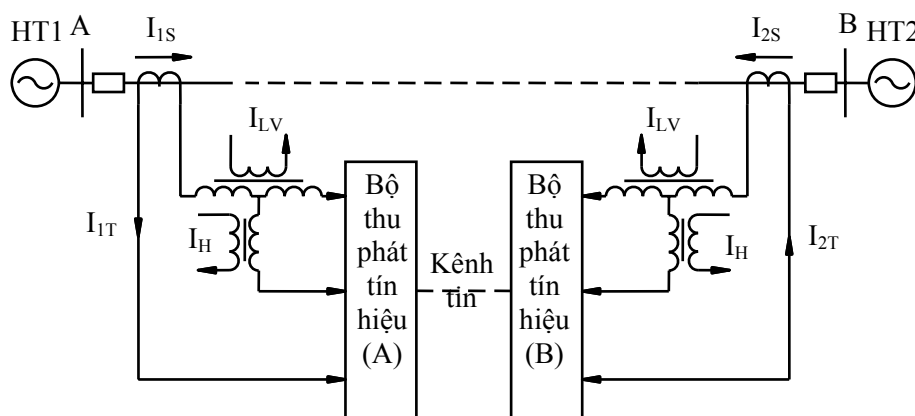
Bảo vệ so lệch dòng điện có tính chọn lọc tuyệt đối do đó yêu cầu độ nhạy của bảo vệ $K_n \geq 2$. Đối với rơle điện cơ để đảm bảo được yêu cầu về độ nhạy người ta phải sử dụng các biện pháp nhằm hạn chế thành phần dòng không cân bằng như mắc nối tiếp với cuộn dây rơle một điện trở phụ, sử dụng máy biến dòng bão hoà trung gian... Còn với rơle số do được trang bị bộ lọc số có thể lọc nhanh được thành phần sóng hài khác tần số cơ bản 50 Hz trong dòng sự cố kết hợp với chức năng khoá khi có sóng hài nên rơle so lệch số có độ nhạy khá cao.

Như đã nói ở trên, bảo vệ so lệch có tính chọn lọc tuyệt đối nên thời gian tác động của bảo vệ không cần phải phối hợp với các bảo vệ khác, tức là về nguyên tắc bảo vệ có thể tác động không thời gian.

Sau đây chúng ta sẽ xét một số phương án ứng dụng nguyên lý so lệch để bảo vệ cho một số ĐZ trong hệ thống điện.

II.2. Bảo vệ so lệch dọc cho ĐZ đơn:

Để bảo vệ ĐZ đơn một hoặc hai nguồn cung cấp người ta thường sử dụng bảo vệ so lệch dọc có hãm. Từ nguyên lý so lệch chúng ta nhận thấy: để có thể so sánh dòng điện ở hai đầu ĐZ thì ngoài ĐZ truyền tải chính ra phải bố trí thêm ĐZ dẫn phụ để truyền tín hiệu dòng điện giữa hai đầu ĐZ cho bảo vệ so lệch dọc. Ngày nay, đối với rơle số người ta thường thay thế dây dẫn phụ bằng việc truyền tín hiệu thông qua đường dây thông tin, điều này không những nâng cao độ tin cậy, độ nhạy của bảo vệ mà còn tăng khả năng tự động hoá trong hệ thống điện đặc biệt là khi hệ thống SCADA được đưa vào sử dụng. Trên hình 4.23 trình bày nguyên lý bảo vệ ĐZ dùng rơle so lệch có hãm truyền tín hiệu dùng thiết bị truyền tin.



Hình 4.23: Bảo vệ so lệch dòng có hãm truyền tín hiệu hai đầu bảo vệ bằng phương pháp truyền tin

Đối với các ĐZ có chiều dài ngắn (< 25 km) người ta vẫn sử dụng dây dẫn phụ để truyền tín hiệu dòng điện giữa hai đầu đường dây (hình 4.21). Khi đó để giảm bớt số lượng dây dẫn phụ dùng trong sơ đồ ba pha người ta dùng phương pháp cộng dòng điện pha thông qua các máy biến dòng cộng (hình 4.24). Hệ số biến đổi pha trong máy biến dòng cộng phải được chọn sao cho dòng điện ở đầu ra không bị triệt tiêu đối với bất kỳ một dạng ngắn mạch nào. Chẳng hạn với sơ đồ hình 4.24, tỉ số vòng dây giữa các cuộn là: $W_1 : W_2 : W_3 = 2 : 1 : 3$ và dòng điện đầu ra của máy biến dòng là:

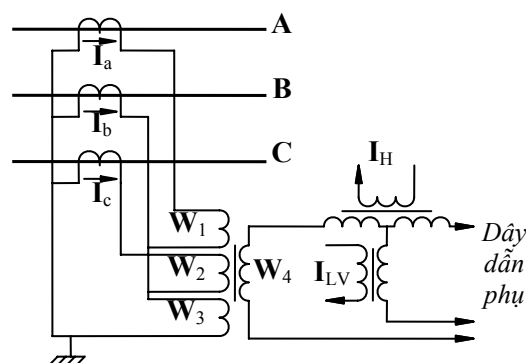
$$\dot{I}_{ra} = 2.\dot{I}_a + \dot{I}_c + 3.\dot{I}_N \quad (4-56)$$

với \dot{I}_N là dòng điện chạy trong dây trung tính của tổ máy biến dòng đầu hình sao.

II.3. Bảo vệ so lệch ĐZ song

song:

Bảo vệ so lệch ngang có hướng được dùng để bảo vệ cho ĐZ song song nối vào thanh góp qua các máy cắt riêng (hình 4.25). Bảo vệ so lệch ngang có hướng làm việc dựa theo nguyên tắc so sánh dòng điện trên hai đường dây song song. Trong chế độ làm việc bình thường hoặc ngắn mạch ngoài (giả sử tại N_1), các dòng điện chạy trên hai nhánh ĐZ cùng chiều và có giá trị gần bằng nhau nên dòng điện vào role:



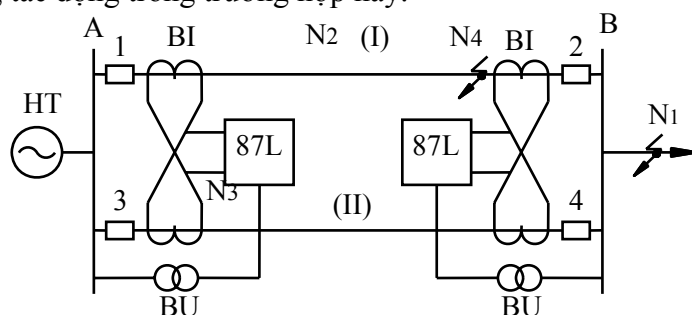
Hình 4.24: Cộng dòng điện để giảm bớt dây dẫn phụ trong sơ đồ bảo vệ so lệch dòng điện

Bộ phía thanh góp A:

$$\dot{I}_{SL} = \frac{1}{n_1} . [(\dot{I}_{1S} - \dot{I}_{2S}) - (\dot{I}_{1\mu} - \dot{I}_{2\mu})] \approx \dot{I}_{KCBT} < I_{KDR} \quad (4-57)$$

bảo vệ không tác động trong trường hợp này.

Bộ phía thanh góp B: sẽ bị khoá do chiều dòng điện đi từ ĐZ vào thanh góp. Như vậy bảo vệ không tác động trong trường hợp này.



Hình 4.25: Sơ đồ nguyên lý bảo vệ so lệch ngang có hướng

Khi xảy ra ngắn mạch tại N_2 (giả sử phía phụ tải không có nguồn truyền ngược về), dòng ngắn mạch tại điểm N_2 được cung cấp từ hai phía: dòng cung cấp trực tiếp theo đường $A1N_2$ và dòng đổ về theo đường vòng $A34B2N_2$ (thường dòng ngắn mạch do nhánh $A1N_2$ có giá trị lớn hơn so với dòng do nhánh kia cung cấp do tổng trở mạch vòng thường lớn). Dòng ngắn mạch trên đi qua hai bộ bảo vệ so lệch ở hai đầu thanh góp.

Bộ phía thanh góp A: Chiều dòng điện đi từ thanh góp vào đường dây sẽ làm cho chức năng định hướng công suất của role làm việc để xác định điểm ngắn mạch nằm trên

$$I_{SL} = \frac{1}{n_1} \cdot [(I_{1S} - I_{2S}) - (I_{1\mu} - I_{2\mu})] > I_{KAR} \quad (4-58)$$

Các dữ liệu trên sẽ được tổng hợp và so sánh với các giá trị cài đặt. Trong trường hợp này bộ phía A sẽ đưa tín hiệu đi cắt máy cắt 1.

Bộ phía thanh góp B: Dòng điện chạy trên hai nhánh I_{1S} và I_{2S} có chiều ngược nhau. Khi đó dòng điện so lệch được xác định theo công thức sau:

$$I_{SL} = \frac{1}{n_1} \cdot [(I_{1S} + I_{2S}) - (I_{1\mu} + I_{2\mu})] > I_{KAR} \quad (4-59)$$

Các số liệu thu được sẽ được bộ phía thanh góp B tổng hợp và đưa tín hiệu đi cắt máy cắt 2 (dòng I_{2S} có chiều hướng từ đường dây II vào thanh góp B, còn dòng I_{1S} hướng từ thanh góp B ra đường dây I). Như vậy sự cố sẽ được cắt bởi bảo vệ so lệch ở hai phía thanh góp và nhánh đường dây còn lại tiếp tục vận hành nhưng khi đó chức năng so lệch sẽ bị khoá để tránh bảo vệ có thể tác động nhầm khi ngắn mạch ngoài vùng bảo vệ vì lúc đó bảo vệ so lệch ngang trở thành bảo vệ quá dòng có hướng.

Khi xảy ra ngắn mạch tại N_3 (gần thanh góp A), do tổng trở đoạn từ thanh góp A đến điểm ngắn mạch nhỏ hơn rất nhiều so với tổng trở mạch vòng dẫn đến dòng ngắn mạch hầu như đổ dồn hoàn toàn qua nhánh A3N₃ làm cho bảo vệ phía A tác động cắt máy cắt 3 còn dòng trong mạch vòng rất nhỏ nên bảo vệ phía B không tác động. Chỉ khi máy cắt 3 bị cắt ra, dòng ngắn mạch đổ dồn về nhánh vòng và khi đó bảo vệ phía B mới tác động cắt máy cắt 4. Trường hợp này được gọi là hiện tượng khởi động không đồng thời, hiện tượng này sẽ làm tăng thời gian cắt ngắn mạch lên gây ảnh hưởng đến tính tác động nhanh của bảo vệ.

Trong trường hợp xảy ra đứt dây kèm theo chạm đất một nhánh đường dây thì bảo vệ so lệch ngang có hướng sẽ tác động không đúng cắt cả hai nhánh đường dây. Đây chính là một nhược điểm rất lớn của bảo vệ so lệch ngang có hướng. Để khắc phục người ta dựa vào khoảng thời gian từ lúc đứt dây đến khi chạm đất để khoá chức năng so lệch của bảo vệ.

III. Bảo vệ khoảng cách

Vào những năm đầu thế kỷ 20, bảo vệ khoảng cách được xem như loại bảo vệ hoàn hảo nhất để bảo vệ các đường dây tải điện. Trải qua gần một thế kỷ các role khoảng cách được nghiên cứu rất rộng rãi và không ngừng được cải tiến qua các thế hệ role điện cơ, role tĩnh đến các role số ngày nay. Tính năng của role khoảng cách nhất là những hợp bộ bảo vệ khoảng cách sử dụng kỹ thuật số hiện đại đã được mở rộng và đa dạng hơn rất nhiều so với các role trước đây. Ngày nay các role khoảng cách số như P441, P442, P444 (Alstom); 7SA511, 7SA513 (Siemens); SEL321 (SEL) ngoài chức năng bảo vệ khoảng cách nó còn được tích hợp nhiều chức năng khác nữa như các chức năng: quá dòng cắt nhanh, quá dòng có thời gian (50/51), chống chạm đất (50/51N), điện áp giảm (27), quá điện áp (59), tự động đóng trở lại TĐL (79), kiểm tra đồng bộ (25) và các chức năng truyền thông khác.

Bảo vệ khoảng cách là chức năng chính của role. Nó gồm một hệ thống dò tìm sự cố, một hệ thống đo khoảng cách và một hệ thống xác định hướng công suất (dòng điện) sự cố. Tuỳ vào mỗi loại role của từng hãng chế tạo mà các role khoảng cách có các phương pháp dò tìm phát hiện sự cố và đưa ra những phương thức xử lý khác nhau nhưng nhìn chung đều dựa trên nguyên lý cơ bản là dựa vào giá trị dòng điện và điện áp đo được từ đó tính toán giá trị tổng trở đo rồi so sánh với giá trị đặt vùng cùng với hướng công suất trên đường dây để tổng hợp đưa ra quyết định thao tác.

Để đảm bảo tác động chọn lọc trong mạng phức tạp, người ta dùng bảo vệ khoảng cách có hướng, chỉ tác động khi hướng công suất ngắn mạch đi từ thanh góp vào đường dây. Role khoảng cách dùng bảo vệ đường dây tải điện thường có nhiều vùng tác động tương ứng với các cấp thời gian tác động khác nhau.

Hiện nay tồn tại nhiều phương thức tính toán giá trị đặt cho bảo vệ khoảng cách, phạm vi ứng dụng của mỗi phương thức tùy thuộc vào từng ứng dụng cụ thể. Ngoài ra bảo vệ khoảng cách có thể được sử dụng kết hợp với TĐL, các sơ đồ cắt liên động dùng kênh truyền tin để giảm thời gian cắt sự cố. Sau đây chúng ta sẽ đi phân tích cách tính toán các vùng của role khoảng cách.

III.1. Phân tích các vùng tác động của bảo vệ khoảng cách:

Để đơn giản ở đây chúng ta chỉ xét với role khoảng cách ba cấp (three step distance protection) tại thanh góp A (hình 4.26). Đây là dạng bảo vệ không cực bộ được dùng khá phổ biến trên thực tế. Bảo vệ có ba vùng tác động:

III.1.1. Vùng I:

Chức năng của vùng I là cắt càng nhanh càng tốt các sự cố bên trong đường dây được bảo vệ (đoạn AB) do đó thời gian đặt trễ của vùng này thường chọn bằng $t_A^I = 0(\text{sec})$. Cần phân biệt thời gian đặt cho role với thời gian cắt sự cố thực tế t_c :

$$t_c = t_{rlmin} + t_{đặt} + t_t + t_{MC} \quad (4-60)$$

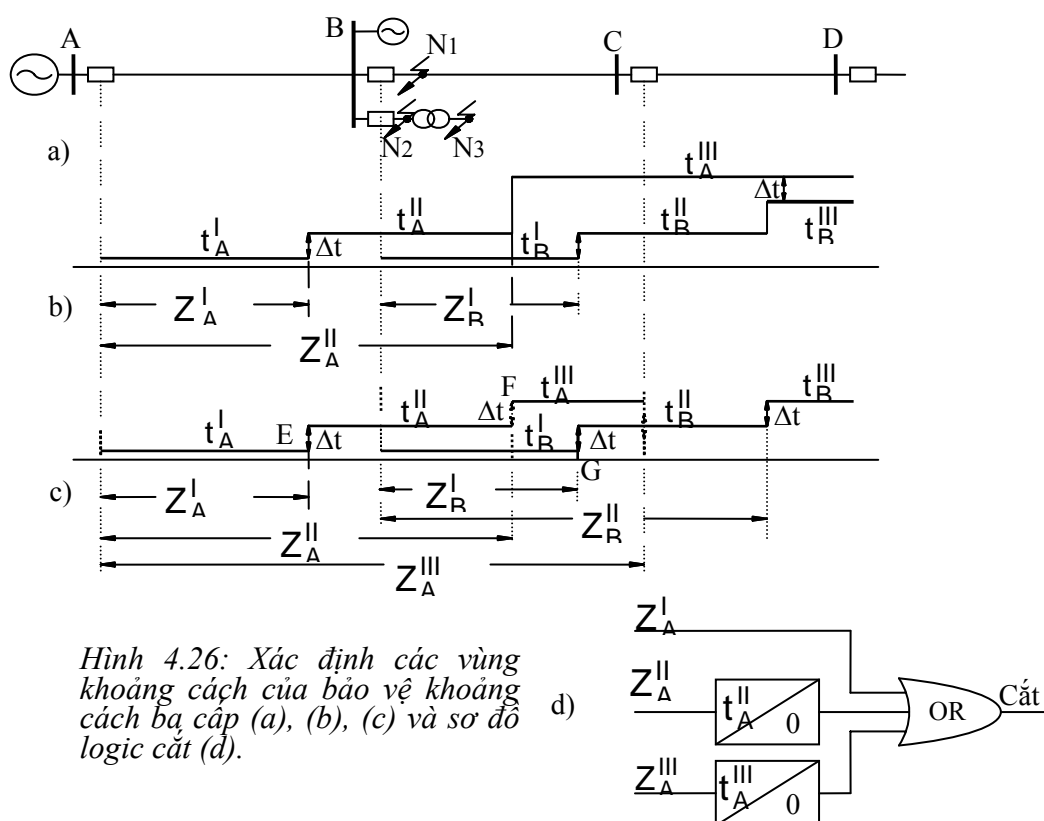
Trong đó:

t_{rlmin} : thời gian tính toán và ra quyết định thao tác nhỏ nhất của role khoảng cách. Thời gian này tùy thuộc vào từng loại role. Ví dụ role 7SA511 có $t_{rlmin} = 25 \text{ msec}$, 7SA513 có $t_{rlmin} \approx 18 \text{ msec}$.

$t_{đặt}$: thời gian đặt cho role.

t_t : thời gian truyền tín hiệu bên ngoài role, thời gian này có thể bị phụ thuộc bởi bus truyền...

t_{MC} : thời gian thao tác của máy cắt, tùy thuộc vào loại máy cắt được sử dụng.



Hình 4.26: Xác định các vùng khoảng cách của bảo vệ khoảng cách ba cấp (a), (b), (c) và sơ đồ logic cắt (d).

Do vùng I là vùng bảo vệ có tính chọn lọc tuyệt đối nên chỉ cần sự cố xảy ra trong vùng này bảo vệ sẽ tác động mà không cần phối hợp với các bảo vệ khác. Giá trị tổng trở đặt vùng I phụ thuộc vào từng trường hợp tương ứng với từng loại rơle cụ thể.

Trường hợp tại thanh góp B không có nguồn trực tiếp nối vào cũng như không có nhánh rẽ qua máy biến áp và sai lệch giữa các BI, BU không lớn hoặc với các rơle số hiện đại có bộ lọc số tốc độ cao (7SA513). Để đơn giản người ta thường xác định tổng trở đặt vùng I (Z_A^I) bằng 85% tổng trở của đường dây AB (Z_{IAB}):

$$Z_A^I = 0,85.Z_{IAB} \quad (4-61)$$

Trường hợp có kể đến các sai số của các phần tử khoảng cách, các biến dòng BI, biến điện áp BU cũng như sai số về thông số tổng trở đo được, ngắn mạch qua điện trở hồ quang, ảnh hưởng bởi chiều dài đường dây..., có thể làm cho rơle tác động nhầm khi sự cố thực tế nằm ngoài vùng I (ví dụ ngắn mạch trên đoạn BC). Khi đó người ta có thể sử dụng công thức:

$$Z_A^I = \frac{1}{1 + \beta + \delta} Z_{IAB} \quad (4-62)$$

Với $\beta \approx 0,05$ là hệ số tính đến sai số của rơle khoảng cách (tùy vào từng loại mà có thể có các giá trị β khác nhau); $\delta = 0,1$ là hệ số tính đến sai số của các biến dòng BI, biến điện áp đo lường BU và khoảng dự phòng của rơle.

Khi thay các giá trị trên vào công thức (4-62) giá trị Z_A^I sẽ dao động trong khoảng $(0,8 \div 0,9)$ độ dài thực đường dây AB, do đó nó cũng phù hợp với công thức (4-61).

Trên thực tế không phải bất cứ loại rơle khoảng cách nào cũng có giá trị đặt trực tiếp là tổng trở Z (P44X của Alstom (Pháp), Sel321 của Sel (Mỹ)). Ví dụ như 7SA513 của Siemens (Đức), giá trị đặt của rơle này cụ thể là các giá trị điện kháng và điện trở (khi xét đến sự cố chạm đất) và chúng được xác định bằng 85% chiều dài đường dây.

$$X_{Aprim}^I = 0,85.X_{IAB} \quad (4-63a)$$

$$X_{Aseco}^I = \frac{N_{ct}}{N_{vt}} . X_{Aprim}^I . \frac{I_n}{A} \quad (4-63b)$$

$$R_{Aprim}^I = R_{IAB} + \frac{1}{2} . R_{arc} \quad (4-64a)$$

$$R_{Aseco}^I = \frac{N_{ct}}{N_{vt}} . R_{Aprim}^I . \frac{I_n}{A} \quad (4-64b)$$

Trong đó:

- X_{Aprim}^I, X_{Aseco}^I : giá trị điện kháng sơ và thứ cấp cần xác định.
- R_{Aprim}^I, R_{Aseco}^I : giá trị điện trở sơ và thứ cấp.
- N_{ct}, N_{vt} : lần lượt là tỉ số biến dòng BI và biến áp BU.
- $\frac{I_n}{A}$: dòng danh định của rơle được tính bằng dòng thứ cấp của BI.
- R_{arc} : giá trị điện trở hồ quang do ngắn mạch gây ra (bị chia đều cho hai pha khác nhau), R_{arc} được xác định theo công thức C. Warrington đối với sự cố pha-pha:

$$R_{arc} = \frac{28700(D + v.t_c)}{I_N^{1,4}} \quad (4-65)$$

với D là khoảng cách tương đương giữa các pha (m), đối với đường dây cáp ba pha trên không: $D = \sqrt[3]{D_{AB} . D_{AC} . D_{BC}}$; v là vận tốc gió (m/sec); t_c là thời gian cắt ngắn mạch của hệ

thống bảo vệ (sec); I_N dòng ngắn mạch tổng theo hai phía đường dây đến điểm ngắn mạch (đối với đường dây có hai nguồn cung cấp từ hai đầu). Trên thực tế giá trị này xác định nhờ tính toán theo các chương trình tính ngắn mạch trên máy tính.

R_{IAB} , X_{IAB} : giá trị điện trở và điện kháng của đoạn đường dây AB (Ω).

Chú ý các giá trị xác định theo các công thức trên chưa tính đến trường hợp sử dụng chức năng tự động đóng lặp lại TĐL (auto recloser) của bảo vệ khoảng cách.

III.1.2. Vùng II:

Chức năng của vùng này là bảo vệ đoạn cuối đường dây AB (khoảng $(15 \div 20)\%$ đoạn đường dây AB tính từ thanh góp B) ngoài khu vực vùng I của rơle khoảng cách đặt tại A và yêu cầu bắt buộc là nó phải bao trùm hoàn toàn thanh góp trạm B sao cho tất cả các sự cố xảy ra trong đoạn này và toàn bộ vùng I phải nằm trong vùng II, ngoài ra nó còn có thể làm nhiệm vụ dự phòng một phần cho bảo vệ vùng I đặt tại thanh góp B. Thời gian tác động của vùng II đối với tất cả các rơle ở các trạm thường được đặt bằng nhau trừ một số trường hợp đặc biệt, giá trị thời gian đặt này được chọn lớn hơn thời gian đặt vùng I của đoạn sau liền kề cũng như của các bảo vệ cắt nhanh của các máy biến áp nối vào thanh góp trạm B một bậc chọn lọc là Δt , thường $t_A^{II} \approx 0,5$ sec.

Cũng như vùng I tổng trở đặt của vùng II được chọn tùy thuộc vào từng trường hợp cụ thể.

Trường hợp tại thanh góp B không có nguồn trực tiếp nối vào cũng như không có rẽ nhánh qua máy biến áp và sự sai lệch giữa các B_I , B_U không lớn hoặc sử dụng các rơle có bộ lọc số tốc độ cao thì giá trị cài đặt tổng trở có thể xác định theo công thức:

$$Z_A^{II} = 0,8.(Z_{IAB} + 0,85.Z_{IBC}) \quad (4-66)$$

Với 7SA513 của Siemens thì giá trị cài đặt vùng II được xác định:

$$X_{Aprim}^{II} = 0,8.(X_{IAB} + 0,85.X_{IBC}) \quad (\Omega) \quad (4-67a)$$

$$X_{Aseco}^{II} = \frac{N_{ct}}{N_{vt}} X_{Aprim}^{II} \frac{I_n}{A} \quad (\Omega) \quad (4-67b)$$

Với P441, P442, P444 của Alstoms:

$$Z_{Aprim}^{II} = Z_{IAB} + 0,3.Z_{IBC} \quad (\Omega) \quad (4-68a)$$

$$Z_{Aseco}^{II} = \frac{N_{ct}}{N_{vt}} Z_{Aprim}^{II} \quad (\Omega) \quad (4-68b)$$

Trường hợp tại thanh góp trạm B có nguồn dòng khác bơm vào hoặc có rẽ nhánh cũng như khi tính toán có thể kê đến các sai số của B_I , B_U và của bản thân rơle..., khi đó giá trị tổng trở đặt của rơle có thể chọn theo công thức:

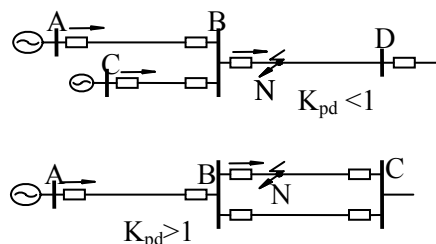
$$Z_A^{II} \leq \frac{1}{1 + \beta + \delta} (Z_{IAB} + \frac{1 - \alpha}{K_{pdBC}} Z_B^I) \quad (4-69)$$

Trong đó:

$\alpha = 0,1$: hệ số tính đến khoảng đường biên an toàn để vùng II của bảo vệ khoảng cách tại A không lấn sang vùng II của bảo vệ khoảng cách tại B.

K_{pdBC} : hệ số phân dòng của đường dây BC tại thanh góp B, có giá trị bằng tỉ số giữa dòng qua rơle (tại A) và dòng qua điểm ngắn mạch tại N1 (hình 4.26).

Theo công thức (4-69) thì độ dài vùng II của bảo vệ khoảng cách đặt tại



Hình 4.27: Ảnh hưởng của K_{pd} đến hiện tượng hút vùng ($k_{pd} < 1$) và vượt vùng ($k_{pd} > 1$)

Khi $K_{pd} < 1$ (hình 4.27) nghĩa là giá trị tổng trở đo được lớn hơn tổng trở thực tế, trường hợp này người ta gọi là hiện tượng *hụt vùng* (underreach). Lúc đó role chỉ có thể phát hiện được những sự cố ở vị trí gần hơn so với vị trí có giá trị cài đặt tổng trở vùng. Nếu điều này xảy ra đối với vùng II của bảo vệ khoảng cách đặt tại A thì có nghĩa là vùng bảo vệ dự phòng cho vùng I của role khoảng cách đặt tại B sẽ giảm đi và như vậy thời gian cắt dự phòng cho vùng I của bảo vệ tại B sẽ tăng lên đến t_{A}^{III} , làm giảm hiệu quả dự phòng của bảo vệ A. Việc áp dụng công thức (4-69) sẽ gây rất nhiều khó khăn cho khả năng phối hợp cấp II của bảo vệ tại A với cấp I của bảo vệ tại B nếu giá trị K_{pd} dao động trong khoảng rộng. Để khắc phục điều này, người ta có hai hướng giải quyết: thứ nhất là chọn giá trị K_{pd} cực đại để tính toán, thứ hai là tính toán các giá trị chỉnh định khác nhau trong chế độ cực đại và cực tiểu để cài đặt vào role. Điều này rất dễ dàng với các role số vì bộ nhớ của chúng cho phép chứa nhiều bộ tham số chỉnh định khác nhau.

Khi hệ số $K_{pd} > 1$ (hình 4.27) sẽ xảy ra hiện tượng vượt vùng (overreach). Khi đó giá trị tổng trở đo được sẽ nhỏ hơn tổng trở thực tế cài đặt vùng và role sẽ cắt được các ngắn mạch ở xa hơn so với giá trị vùng cài đặt, nói cách khác là giới hạn vùng bảo vệ sẽ tăng lên. Điều này chưa chắc đã tốt vì khi đó vùng II của bảo vệ đặt tại A có thể sẽ bị lấn sang vùng II của bảo vệ tại B và như vậy các bảo vệ có thể tác động không chọn lọc.

Trường hợp tại thanh góp trạm B có máy biến áp phản nhánh nối vào, khi đó độ dài vùng II của role khoảng cách tại A không được phép bao trùm máy biến áp trên mà thời gian cắt nhanh nhất của bảo vệ máy biến áp lớn hơn thời gian tác động của vùng II (t_{II}^I). Thực vậy, giả sử nếu xảy ra ngắn mạch tại N3 (hình 4.26) sau máy biến áp có loại bảo vệ như trên, nếu N3 nằm trong vùng II của bảo vệ khoảng cách đặt tại A thì role khoảng cách tại A có thể sẽ tác động cắt máy cắt tại thanh góp A trước khi máy cắt bảo vệ máy biến áp tác động, điều này là không cho phép. Để tránh trường hợp này thì tổng trở đặt vùng II của bảo vệ khoảng cách đặt tại A phải được chọn theo công thức:

$$Z_A^{II} \leq \frac{1}{1 + \beta + \delta} (Z_{IAB} + \frac{1}{K_{pdMBA}} Z_{MBA \min}) \quad (4-70)$$

Trong đó:

~ K_{pdMBA} : hệ số phân dòng qua máy biến áp.
 $Z_{MBA \min}$: tổng trở tương đương nhỏ nhất của một trong số các máy biến áp nối vào thanh cái trạm B.

Thông thường giá trị tổng trở đặt vùng II của bảo vệ tại A được chọn theo giá trị nhỏ nhất của biểu thức (4-69) và (4-70).

Theo các lập luận trên đây thì các công thức (4-66) đến (4-68) thường chỉ áp dụng cho các lưới hình tia một nguồn cung cấp (đặc trưng của lưới phân phối) còn đối với mạng điện vòng thì phải áp dụng các công thức có tính đến hệ số phân dòng.

Nếu từ thanh góp trạm B có nhiều đường dây ra thì đường dây nào có chiều dài nhỏ nhất sẽ được chọn để phối hợp với tổng trở vùng II của bảo vệ đặt tại A.

III.1.3. Vùng III:

Hiện nay cách tính độ dài vùng III của bảo vệ khoảng cách ba cấp vẫn chưa thống nhất. Tùy vào từng trường hợp, mục đích sử dụng vùng này mà giá trị tổng trở đặt vùng III sẽ được xác định theo các công thức hợp lý. Trên thực tế ở Việt Nam một số nơi vùng III không được sử dụng.

Nếu xem vùng III của role khoảng cách đặt tại A thuần túy dự phòng cho vùng II role A và nó phải phối hợp tốt với vùng II của role đặt tại B thì có thể áp dụng công thức (4-71) cho trường hợp đơn giản:

$$Z_A^{III} = 0,8[Z_{IAB} + 0,8(Z_{IBC} + 0,85Z_{ICD})] \quad (4-71)$$

và công thức (4-72) cho trường hợp phối hợp với vùng II của bảo vệ phía sau kề nó (tại B):

$$Z_A^{III} = K_{tc} \cdot (Z_{IAB} + \frac{1-\alpha}{K_{pd}} Z_B^{II}) \quad (4-72)$$

với K_{tc} là hệ số tin cậy, $K_{tc} = 1,2$.

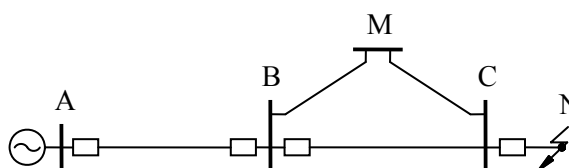
Đối với role 7SA513 của Siemens, giá trị đặt vùng III được xác định theo giá trị điện kháng như sau:

$$X_{Aprim}^{III} = 0,8.[X_{IAB} + 0,8.(X_{IBC} + 0,85.X_{ICD})] \quad (4-73a)$$

$$X_{Aseco}^{III} = \frac{N_{ct}}{N_{vt}} X_{Aprim}^{III} \frac{I_n}{A} \quad (\Omega) \quad (4-73b)$$

Tuy nhiên, khi áp dụng các công thức này đối với lưới mạch vòng thì không phải lúc nào cũng có thể đảm bảo được sự phối hợp tốt giữa các bảo vệ. Giả sử xét mạng điện như hình 4.28, trong đó đoạn đường dây BC có tổng trở lớn hơn tổng trở đoạn BMC (giả sử do các đường dây này có tiết diện dây lớn,...). khi có ngắn mạch tại N, nếu theo mạch thẳng ABCN thì điểm sự cố nằm ở vùng III của bảo vệ khoảng cách đặt tại A và là vùng II của bảo vệ tại B. Tuy nhiên nếu xét theo mạch vòng ABMCN thì tổng trở ngắn mạch đo được tại A nhỏ hơn nên có thể rơi vào vùng II của bảo vệ đặt tại A. Khi đó bảo vệ đặt tại A và B có thể tác động không chọn lọc.

Như vậy, các công thức (4-71); (4-72) chỉ nên áp dụng cho lưới hình tia một nguồn cung cấp. Đối với mạng điện vòng do ảnh hưởng của của hệ số phân dòng nên giá trị tổng trở đo được vùng III có thể biến thiên trong dải khá rộng và khi đó việc tính toán giá trị cài đặt vùng III rất phức tạp vì phải tính toán nhiều giá trị đặt trong những trường hợp vận hành khác nhau để cài đặt vào bộ nhớ của role.



Hình 4.28: Sự không phối hợp giữa bảo vệ trạm A và B

Thời gian đặt vùng III của bảo vệ tại A trong trường hợp này có thể phối hợp với thời gian đặt vùng II của nó theo công thức sau:

$$t_A^{III} = t_A^{II} + \Delta t \quad (4-74)$$

Nếu xem vùng III của bảo vệ khoảng cách tại A không những để dự phòng cho vùng II của nó mà còn dùng dự phòng xa cho bảo vệ đường dây liên kề (BC) và không đề ý đến yêu cầu phối hợp vùng III này với vùng III của bảo vệ đặt tại B. Khi đó, giá trị đặt vùng III của bảo vệ khoảng cách tại A được lấy bằng tổng đường dây được bảo vệ (AB) với đường dây liên kề dài nhất (BC) và 25% đường dây thứ ba (CD) hoặc bằng 120% tổng đường dây được bảo vệ với đường dây liên kề dài nhất. Điều này cho phép role A có thể cắt

được các ngắn mạch trên đường dây liên kề (BC) khi toàn bộ bảo vệ của đoạn đường dây liên kề này không làm việc. Ví dụ với role khoảng cách số P44X của Alstoms, giá trị tổng trở đặt vùng III được xác định như sau:

$$Z_{Aprim}^{III} = (Z_{IAB} + Z_{IBC}) \cdot 1,2 \quad (\Omega) \quad (4-75a)$$

$$Z_{Aseco}^{III} = Z_{Aprim}^{III} \frac{N_{ct}}{N_{vt}} \quad (\Omega) \quad (4-75b)$$

Hoặc cũng có thể xác định theo công thức :

$$Z_A^{III} \geq Z_{IAB} + \frac{I_R + I_F}{I_F} Z_{IBC} \quad (4-76)$$

với I_R , I_F tương ứng là dòng qua role và dòng đi vào điểm sự cố tại thanh góp trung gian trong chế độ dòng vào cực đại.

Thời gian đặt của vùng III trong trường hợp này được phối hợp với thời gian đặt vùng II của bảo vệ liên kề (tại B):

$$t_A^{III} = t_B^{II} + \Delta t \quad (4-77)$$

Ngoài ra cũng có một phương án đề xuất xác định tổng trở đặt vùng III theo tổng trở làm việc nhỏ nhất của tải theo công thức:

$$Z_A^{III} = \frac{Z_{lv \min}}{K_{tc} \cdot K_{mm} \cdot K_{tv}} \quad (4-78)$$

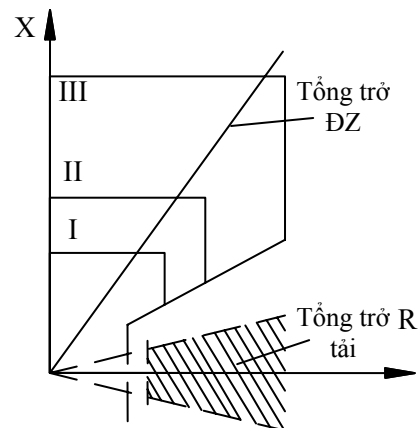
với tổng trở làm việc nhỏ nhất được tính theo công thức:

$$Z_{lv \min} = \frac{U_{lv \min}}{\sqrt{3} \cdot I_{lv \max}} \quad (4-79)$$

Trong đó:

- K_{mm} : hệ số mở máy, $K_{mm} = 1,3$.
- K_{tv} : hệ số trở về của role, $K_{tv} = (1,05 \div 1,1)$.

Tuy nhiên công thức này chưa hợp lý lắm khi áp dụng cho role số vì đối với lưới truyền tải, góc của tải thường nhỏ hơn $(20 \div 30)^\circ$ so với trục R (hình 4.29) trong khi góc tổng trở đường dây thường lớn hơn 60° và các role khoảng cách thường được xác định hướng theo góc này hoặc theo hướng điện kháng chứ không theo trục R. Hơn nữa trong các role số thường cài đặt thêm chức năng khoá role trong vùng lân của tải (load encroachment), do đó các giá trị đặt của role càng không phụ thuộc vào các chế độ của tải.



Hình 4.29: Hướng đặt của bảo vệ khoảng cách và vị trí tổng trở tải

III.2. Các sơ đồ cắt liên động trong bảo vệ khoảng cách:

Trong hệ thống điện, đặc biệt đối với lưới truyền tải, yêu cầu về độ chọn lọc cũng như tốc độ khắc phục sự cố đóng vai trò rất quan trọng trong việc nâng cao độ tin cậy cung cấp điện cũng như tính ổn định của hệ thống. Khi cấp điện áp và công suất truyền tải tăng lên, các yêu cầu nói trên càng trở nên ngặt nghèo mà trong nhiều trường hợp các bảo vệ dùng nguyên lý phân cấp ba vùng khoảng cách thông thường đã xét tỏ ra không đáp ứng được. Để khắc phục điều này, hiện nay ngoài việc sử dụng các role cũng như các thiết bị đóng cắt chất lượng cao, người ta áp dụng các loại sơ đồ khoảng cách khác nhau trong số đó

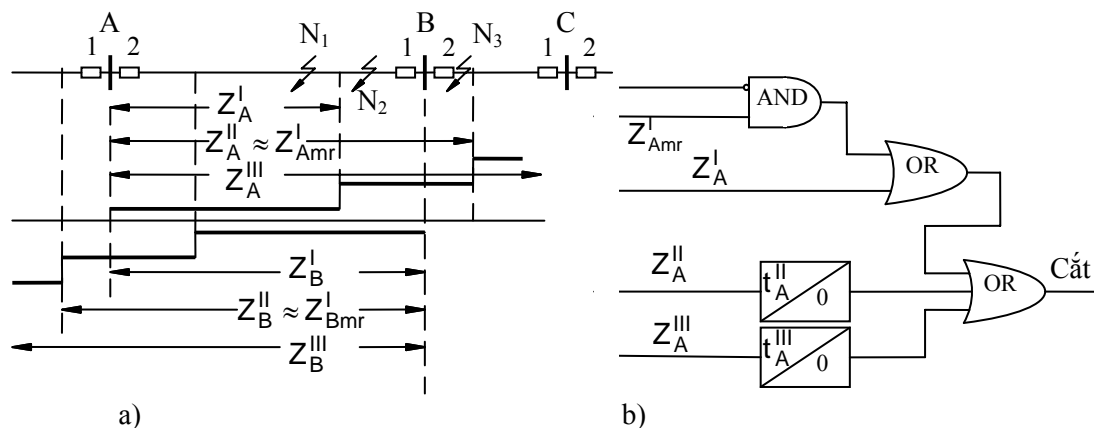
Chúng ta nhận thấy rằng vùng I của bảo vệ khoảng cách (tại thanh góp A) chỉ có thể bảo vệ cắt tức thời được khoảng 80% chiều dài đoạn đường dây AB, 20% đoạn còn lại sẽ được loại trừ ngắn mạch với thời gian cấp II (t''). Để có thể loại trừ nhanh sự cố trên 100% đoạn AB người ta dùng các sơ đồ cắt liên động truyền cắt tín hiệu cho phép hoặc khoá giữa hai bảo vệ khoảng cách đặt ở hai đầu đoạn đường dây AB.

Các đường truyền thông tin liên lạc dùng trong bảo vệ rơle có thể là các đường thông tin hữu tuyến kiểu dây dẫn tín hiệu (pilot wire) hay kênh dẫn tín hiệu (pilot channel), kênh tải ba PLC (power line carrier), các kênh vô tuyến chuyển tiếp hay vi ba (microwave) và các đường truyền cáp quang... Chức năng của chúng là truyền thông tin từ một đầu của đường dây được bảo vệ đến đầu kia để tạo các tín hiệu cắt liên động (transfer trip) trực tiếp, tín hiệu cho phép, tín hiệu khoá hay tín hiệu giải khoá... Các tín hiệu này thường ở dạng số, có thể là một bit thông tin riêng lẻ kiểu đóng - mở (ON - OFF) hoặc dãy các tín hiệu số gọi là thông báo. Dưới đây sẽ trình bày sơ lược các sơ đồ bảo vệ liên động:

III.2.1. Các sơ đồ cắt liên động trực tiếp DTT (Direct Transfer Trip):

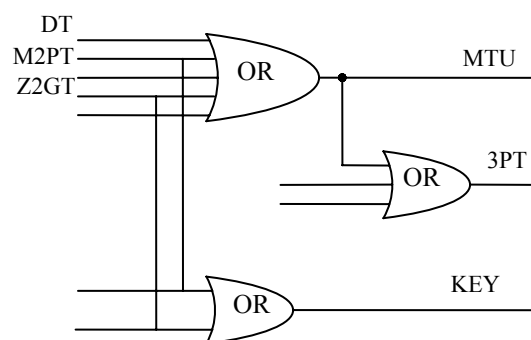
Theo sơ đồ này, rơle ở mỗi đầu khi phát hiện sự cố và cắt máy cắt của nó sẽ truyền tín hiệu tới rơle đầu đối diện qua một trong những cổng truyền thông số output. Rơle phía đầu nhận sẽ nhận được tín hiệu này qua cổng vào số input. Giá trị gán ở đầu vào này có thể là một biến (variable) hay một hàm (function) có khả năng phát tín hiệu cắt trực tiếp ở đầu ra của rơle (nhận tín hiệu) tới máy cắt của nó mà không cần kiểm tra bất cứ điều kiện nào.

Trong sơ đồ cắt liên động trực tiếp DTT, tín hiệu cắt sẽ được phát đi cắt máy cắt đồng thời chuyển thành tín hiệu liên động kiểu trực tiếp cho rơle phía đối diện. Rơle phía đối diện về mặt nguyên lý cũng phải được cài đặt giống rơle này.

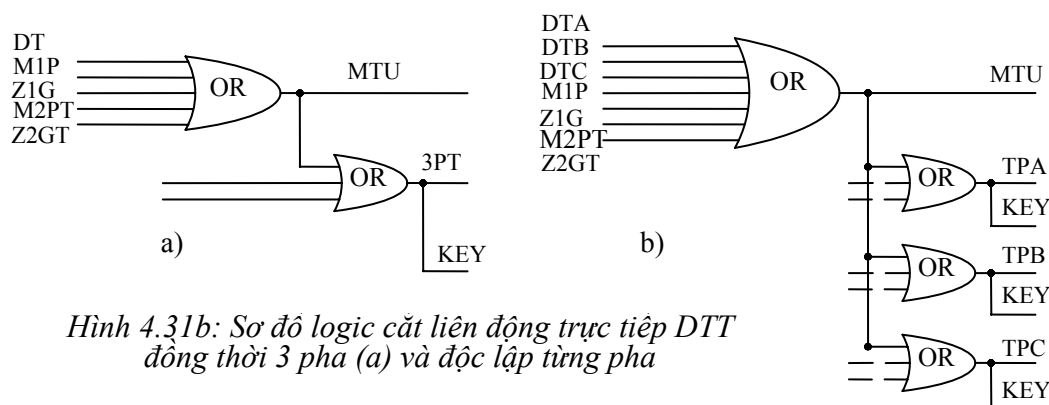


Hình 4.30 : Sơ đồ vùng I mở rộng khi có ngắn mạch trong và ngoài đường dây (a) và logic cắt của rơle số (b)

Trên hình 4.30 ta giả sử role khoảng cách B1 là role phát tín hiệu, role khoảng cách A2 là role thu tín hiệu phát từ B1 khi có sự cố tại N₂ thuộc vùng cắt nhanh (t^I) của B1. Nếu sử dụng sơ đồ khoảng cách thông thường thì role A2 sẽ cắt máy cắt với thời gian trễ của vùng II (t^{II}_{A2}), thời gian này đôi khi quá lớn (300 ÷ 600 msec) đối với một số đường dây truyền tải cao áp và siêu cao áp. Khi đó sơ đồ cắt liên động dùng đường truyền thông tin cho phép giảm đáng kể thời gian cắt của role A2. Thực vậy, khi đó role B1 sẽ đưa tín hiệu cắt máy cắt tức thời (30 msec), đồng thời phát tín hiệu liên động trực tiếp của nó ra đầu ra số output và thông qua đường truyền tin (đi mất tối đa 20 msec) tới đầu vào số input của role A2. Role A2 sẽ cắt ngay máy cắt của nó khi nhận được tín hiệu trực tiếp này. Thời gian cách ly sự cố (kể cả thời gian thao tác máy cắt (40 ÷ 50) msec) trong trường hợp này chỉ còn khoảng (90 ÷ 100) msec rõ ràng là nhanh hơn rất nhiều so với thời gian t^{II}_{A2} . Role B1 cũng có giá trị đặt và thao tác tương tự như role A2 khi sự cố ở gần đầu trạm A. Như vậy, việc sử dụng đường truyền tín hiệu liên động nói chung sẽ giảm thời gian cắt sự cố trên 100% độ dài đoạn đường dây được bảo vệ (AB). Điều này có ý nghĩa rất lớn đối với độ ổn định động của toàn bộ hệ thống, đặc biệt đối với các lưới liên kết cao áp hoặc siêu cao áp.



Hình 4.31a: Sơ đồ logic cắt liên động DUTT bên trong role SEL-321



Hình 4.31b: Sơ đồ logic cắt liên động trực tiếp DTT đồng thời 3 pha (a) và độc lập từng pha (b)

- Một số ký hiệu trên sơ đồ:
- M1P: tổng trở pha vùng 1 theo đặc tuyến MHO.
- M2PT: tổng trở pha vùng 2 theo đặc tuyến MHO tác động có thời gian.
- Z1P: tổng trở pha vùng 1 theo đặc tuyến tứ giác pha.
- Z1G: tổng trở vùng 1 theo đặc tuyến tứ giác pha-đất.
- Z2GT: tổng trở vùng 2 theo đặc tuyến tứ giác pha-đất tác động có thời gian.
- KEY: tín hiệu liên động đầu ra.

Trong trường hợp sử dụng máy cắt đơn pha cần phải tạo ra ba tín hiệu cắt từng pha TPA (trip phase A), TPB và TPC. Các tín hiệu này có thể dùng làm tín hiệu liên động để trực tiếp gọi đi. Phía đầu role đối diện chúng được đưa vào các đầu vào khác nhau để gán thành các biến DTA (Direct tripping A), DTB và DTC. Các biến này được đặt trong biến cắt vô điều kiện MTU gọi tới máy cắt.

Nếu phần tử phát tín hiệu trực tiếp của role đầu phát là phần tử nội tuyến (vùng I khoảng cách) thì sơ đồ được gọi là cắt liên động do phần tử nội tuyến truyền tín hiệu trực tiếp DUTT (Direct Underreaching Transfer Trip) (hình 4.31). Còn nếu phần tử phát tín hiệu

Các sơ đồ cắt liên động trực tiếp có ưu điểm là đơn giản nhưng độ tin cậy không cao. Nếu đường truyền vì nguyên nhân nào đó như bị nhiễu, phát tín hiệu sai... thì role có thể cắt máy cắt nhằm gây mất điện không đáng có.

III.2.2. Các sơ đồ cắt liên động dùng tín hiệu cho phép PTT:

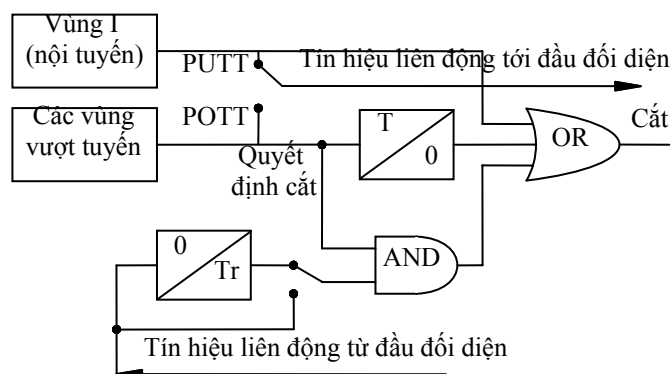
Do những nhược điểm vừa nêu trên đây của các sơ đồ cắt liên động trực tiếp DTT, trên thực tế người ta hay sử dụng loại sơ đồ truyền tín hiệu cho phép PTT (Permissive Transfer Trip) có độ tin cậy cao hơn. Thực chất của loại sơ đồ này là khi role nhận được tín hiệu cắt liên động từ phía đối diện gửi tới, nó không gửi tín hiệu cắt ngay mà còn kiểm tra xem điều kiện nào đó được thoả mãn không, nếu có thì mới phát tín hiệu đi cắt máy cắt. Điều kiện này có thể là khi role phía đầu nhận phát hiện sự cố bởi các vùng khoảng cách, phần tử định hướng hay phần tử phát hiện sự cố tác động. Như vậy tín hiệu liên động không phải là tín hiệu trực tiếp DTT mà chỉ là tín hiệu cho phép PTT, đôi khi nó còn được viết tắt là PIT (Transmissive Intertrip).

Cũng tương tự như trên, nếu phần tử phát tín hiệu cho phép của role đầu phát là phần tử nội tuyến (vùng I khoảng cách) thì sơ đồ được gọi là cắt liên động do phần tử nội tuyến truyền tín hiệu cho phép PUTT (Permissive Underreaching Transfer Trip). Còn nếu phần tử phát tín hiệu cho phép của role đầu phát là phần tử vượt tuyến (vùng I mở rộng, vùng II, III khoảng cách, phần tử phát hiện sự cố, phần tử định hướng) thì sơ đồ được gọi là cắt liên động do phần tử vượt tuyến truyền tín hiệu cho phép POTT (Permissive Overreaching Transfer Trip). Với 7SA513, có thể dùng cùng một lúc cả hai kiểu truyền POTT và PUTT độc lập qua các đường nối sóng mang riêng biệt. Khi đó kiểu truyền PUTT hoạt động trong vùng I còn kiểu truyền POTT hoạt động trong vùng mở rộng hoặc với vùng phát hiện sự cố. Trên thực tế người ta có thể phân biệt các sơ đồ POTT thuần túy (dùng bảo vệ khoảng cách ba cấp kết hợp với cắt liên động, còn gọi là POTT1) và sơ đồ có thêm vùng III khoảng cách hướng ngược có chức năng khoá (POTT2). Loại sơ đồ sau làm việc tương tự như sơ đồ thuần túy đối với các sự cố bên trong đường dây. Còn đối với các sự cố bên ngoài, vùng III hướng ngược này sẽ khoá toàn bộ bảo vệ khoảng cách lại.

Nếu một hư hỏng xảy ra trong thiết bị nhận tín hiệu hay trong đường truyền, logic nhận của bộ giao tiếp viễn thông đa năng có thể bị khoá bởi đầu vào nhị phân và điều này sẽ không ảnh hưởng đến chức năng bảo vệ khoảng cách thông thường. Khi đó việc điều khiển khoảng đo vùng mở rộng sẽ được chuyển đến chức năng TDL nếu chức năng này chưa bị khoá.

Trên hình 4.32 trình bày sơ đồ khối tổng thể của logic cắt liên động dùng tín hiệu cho phép PTT dùng chung cho cả hai kiểu PUTT và POTT. Việc chuyển từ sơ đồ này sang sơ đồ kia được thực hiện bằng chuyển mạch logic (mạch lật,...) mà ở đây ta chỉ thể hiện như một tiếp điểm cơ khí thông thường.

Trên sơ này chúng ta nhận thấy logic PUTT và POTT khác nhau ở những điểm cơ bản sau:

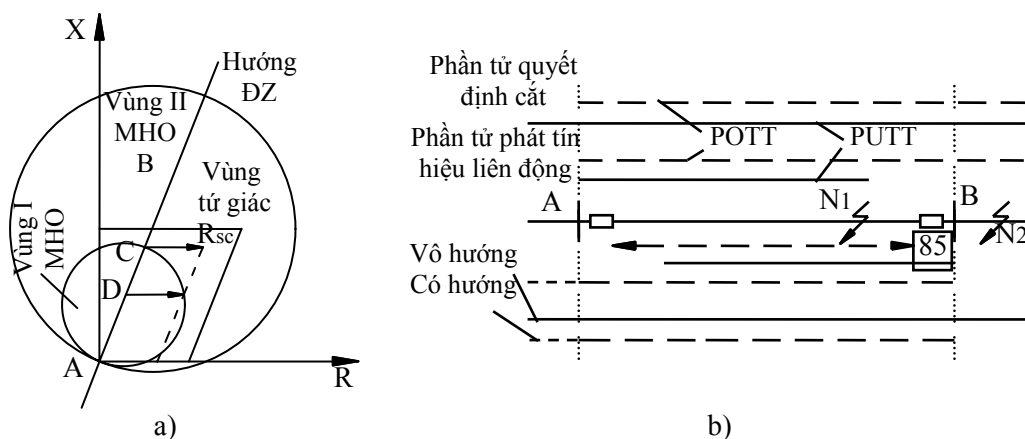


Hình 4.32: Sơ đồ khối của chức năng cắt liên động dùng tín hiệu cho phép PTT

Trong sơ đồ PUTT, phần tử khởi phát tín hiệu liên động cho bảo vệ khoảng cách đối diện khi thao tác cắt máy cắt tại chỗ là vùng I, trong khi ở sơ đồ kia là các phần tử có giới hạn vùng vượt ra ngoài vùng I như vùng I mở rộng, vùng II, III khoảng cách, phần tử phát hiện sự cố, phần tử định hướng...

Trong sơ đồ PUTT có thể chỉ cần phải dùng một đường truyền tín hiệu theo hai chiều cho các tín hiệu liên động, vì khi có các sự cố ở cuối đường dây (ví dụ điểm N2 trên đường dây được bảo vệ AB, hình 4.26), chỉ có một phần tử phát tín hiệu liên động làm việc (của role B1). Còn khi ngắn mạch ở vị trí giao nhau của vùng I của các role hai đầu (tại N1), sơ đồ cắt liên động lại không cần thiết vì sự cố nằm trong vùng I của cả hai bảo vệ nên sự cố sẽ được loại trừ với thời gian $t^1 \approx 0$ sec. Ngược lại trong sơ đồ POTT, với mọi vị trí ngắn mạch trong đường dây, hai phần tử phát tín hiệu liên động ở hai đầu đều làm việc nên ở đây cần phải có hai đường tín hiệu riêng rẽ truyền tín hiệu theo hai chiều khác nhau, hoặc một đường truyền tín hiệu làm việc trong chế độ phân chia thời gian kiểu song công (duplex).

Đối với đường dây ngắn, sơ đồ PUTT chỉ nên sử dụng với đặc tuyến tứ giác để tránh hiện tượng hút vùng vì vùng I khoảng cách với đặc tuyến này khi đó bao trùm được điện trở sự cố (thường lớn hơn so với điện trở đường dây). Như minh họa trên hình 4.33a, với việc sử dụng đặc tuyến MHO, điện trở sự cố (do hồ quang, điện trở tiếp xúc...) sẽ làm giảm vùng I lý thuyết AC xuống còn thành đoạn AD trên thực tế, đoạn này có thể giảm xuống thấp hơn 50% chiều dài đường dây AB và sự cố ở giữa đường dây với điện trở hồ quang lớn sẽ nằm ngoài giới hạn vùng I của cả hai đầu. Nếu sử dụng sơ đồ POTT thì có thể dùng đặc tuyến MHO vì vùng II khoảng cách khi đó có khoảng phủ theo trục điện trở lớn hơn nhiều so với vùng I.



Hình 4.33: Ảnh hưởng của điện trở sự cố đến vùng I khoảng cách MHO trong sơ đồ PUTT (a) và vai trò của phản tử ra quyết định cắt trong các sơ đồ PTT (b).

Đối với tín hiệu liên động được truyền đi thường có các yêu cầu sau:

Trong sơ đồ PUTT, phần tử quyết định cắt có thể là phần tử vô hướng hoặc có hướng. Còn trong sơ đồ POTT, nó phải là phần tử có hướng và hướng về phía đường dây. Thực vậy, giả sử nêu trong sơ đồ này dùng phần tử ra quyết định cắt thuộc loại vô hướng (biểu diễn bởi đường nét liền dưới cùng như trên hình 4.33b), thì khi có ngắn mạch tại điểm N2 ngoài đường dây AB nhưng trong vùng II của role A, role này sẽ phát tín hiệu cho phép đến role B. Vì phần tử ra quyết định cắt vô hướng của role B cũng nhận ra sự cố này trong giới hạn vùng của nó nên role B vẫn tác động, nghĩa là gây cắt nhầm.

Tín hiệu liên động ở đầu phát có thể được làm trễ (sườn trước) độc lập với thời gian trễ của phần tử khởi phát tín hiệu.

Tín hiệu liên động sau khi qua giao diện truyền tín của role phát cần phải được kéo dài sườn sau khoảng thời gian so với tín hiệu phát của phần tử khởi phát tín hiệu liên động.

Điều này nhằm đảm bảo tín hiệu liên động đến được với đầu thu một cách toàn vẹn ngay cả trong trường hợp phân tử khởi phát bị ngắt đột ngột hay đường dây truyền tín quá dài.

Đối với rơle phía đầu nhận cũng vậy, sườn sau của tín hiệu thu cũng phải được kéo dài một khoản thời gian là T_r (hình 4.32). cần chú ý là phân tử thời gian T_r này thường được sử dụng trong các sơ đồ kiểu PUTT, còn trong sơ POTT ít được dùng.

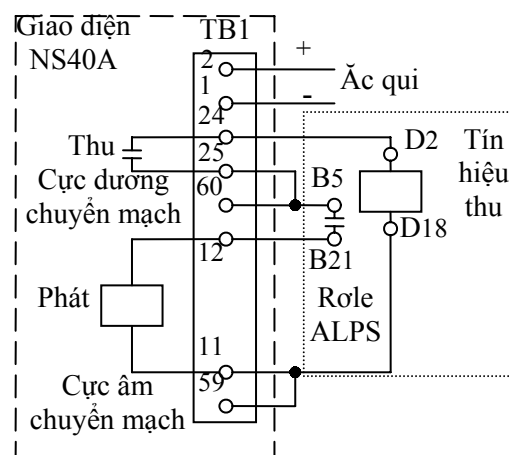
Đối với các ứng dụng cắt liên động dùng tín hiệu cho phép sử dụng kênh cao tần thông thường bằng đường dây tải điện (tải ba) PLC, độ tin cậy truyền tín không cao do tín hiệu truyền liên động phải đi qua điểm sự cố trên đường dây tải điện nên hay bị nghẽn và suy hao lớn (tới $20 \div 30$ dB). Trong trường hợp không có thiết bị khuếch đại công suất để tín hiệu có thể vượt qua điểm nghẽn thì phải dùng loại kênh truyền khác cũng sử dụng đường dây tải điện như kênh mã chuyển tần (SFK). Kênh này có độ chống nhiễu cao hơn và có thể được dùng để tạo tín hiệu cửa sổ giải khoá cho chức năng cắt liên động trong các sơ đồ giải khoá.

Trên hình 4.34 trình bày sơ đồ nối dây của hệ thống bảo vệ đường dây ALPS của hãng GE-Multilin (Mỹ) theo logic POTT với giao diện truyền tín. Tín hiệu cho phép từ phía xa gửi đến sẽ khép mạch tiếp điểm đầu ra của đầu thu và kích hoạt đầu vào số tại các chân D2-D18. Còn khi rơle này phát tín hiệu cho phép gởi đi, nó sẽ khép mạch rơle tín hiệu đầu ra tại các chân B5-B21 và kích hoạt đầu phát của giao diện truyền tín hiệu liên lạc.

Trong các sơ đồ cắt liên động do phân tử nội tuyến truyền tín hiệu cho phép PUTT giai đoạn đầu, người ta thường sử dụng vùng I khoảng cách vừa làm phân tử khởi phát tín hiệu liên động đi xa, vừa làm phân tử ra quyết định cắt khi nhận được tín hiệu cho phép từ xa gởi tới. Sơ đồ như vậy có thể không cho phép cắt nhanh các sự cố cuối đường dây được bảo vệ. Giả sử khi có ngắn mạch tại điểm N1 (hình 4.33b), rơle A khi nhận được tín hiệu cho phép từ rơle B vẫn không thể thao tác cắt được vì sự cố nằm ngoài vùng I. Để khắc phục tình trạng này, người ta phải sử dụng vùng II để làm phân tử ra quyết định cắt.

Tuy nhiên khi đó do những hạn chế về công nghệ, vùng I và vùng II thường vẫn phải dùng chung mạch so sánh, nên thực tế hai vùng này vẫn không thể đồng thời được kích hoạt và vùng II thường phải ra quyết định cắt sau một khoảng thời gian trễ.

Trong các rơle khoảng cách kiểu không chuyển mạch (non-switched relay), đặc biệt là rơle số hiện nay, vấn đề này đã được giải quyết và việc sử dụng sơ đồ PUTT không gây ra khó khăn nào.



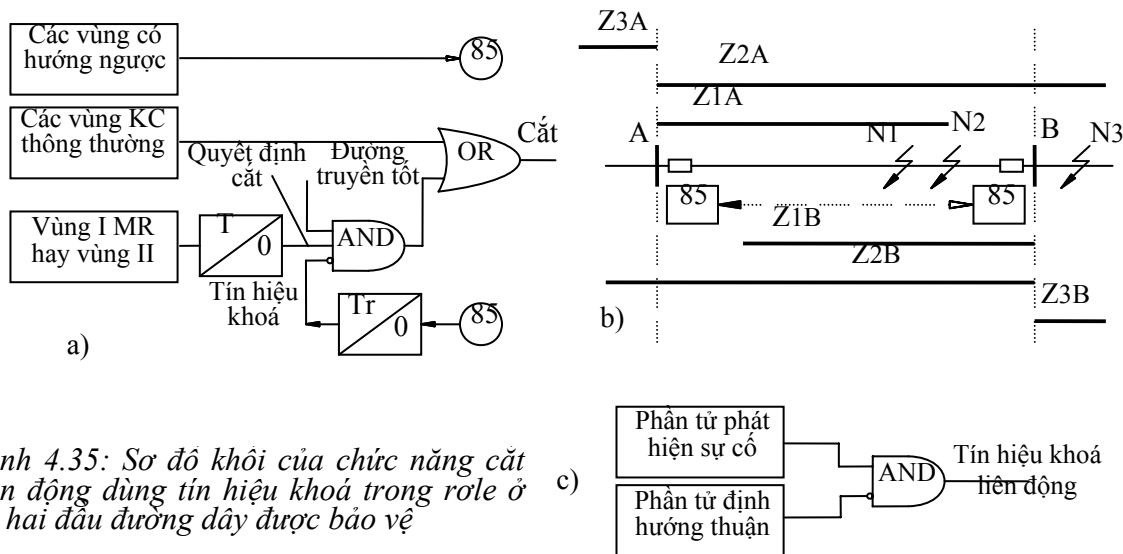
Hình 4.34: Sơ đồ nối dây theo logic POTT sử dụng giao diện dải âm tần NS40A và rơle khoảng cách ALPS của GEC-Multilin

III.3. Sơ đồ khoá liên động (Blocking scheme):

Khác với sơ đồ dùng tín hiệu cho phép, sơ đồ dùng tín hiệu khoá sử dụng đường dây truyền tín để truyền tín hiệu khoá khi rơle phát hiện thấy sự cố ở vùng ngược (hướng về phía thanh góp), bên ngoài đường dây được bảo vệ.

Sơ đồ khối của logic cắt dùng tín hiệu khoá liên động được trình bày trên hình 4.35a. Giả sử khi có ngắn mạch tại điểm N1 trong đoạn đường dây AB trên hình 4.35b, các vùng khoảng cách I hoặc II thông thường sẽ tác động. Còn khi có ngắn mạch tại điểm N2 các vùng khoảng cách I mở rộng hoặc vùng II thông thường sẽ phát tín hiệu cắt không có thời gian trễ cho máy cắt nếu chúng không nhận được tín hiệu khoá liên động từ phía đầu B gửi đến. Tín hiệu khoá này là của phân tử nào đó của bảo vệ khoảng cách có hướng ngược

hướng về phía sau role, tức là phía thanh góp trạm B. Nó có thể là vùng III hướng ngược hoặc là sự kết hợp của phân tử phát hiện sự cô vớ hướng với một phân tử định hướng thuận (forwards) như trên hình 4.35c.



Hình 4.35: Sơ đồ khối của chức năng cắt liên động dùng tín hiệu khoá trong role ở cả hai đầu đường dây được bảo vệ

Khi có sự cố ở điểm N3 phía sau role B nhưng trong vùng II khoảng cách của role A, các vùng có hướng ngược này sẽ phát tín hiệu khoá tới role A để nó không bị cắt nhầm. Còn khi có ngắn mạch bên trong đường dây, chúng sẽ không phát tín hiệu khoá liên động. Như vậy giá trị đặt của vùng hướng ngược (vùng II hướng ngược, phần offset của phân tử phát hiện sự cố...) phải bao trùm phần vượt tuyến của vùng II khoảng cách để đảm bảo mọi sự cố ngoài đường dây nhưng trong vùng II phải được phát hiện bởi vùng hướng ngược này. Để bù sai số có thể lấy giá trị đặt bằng 1,2 lần phần vượt tuyến vùng II của role đầu đối diện.

Do có sự khác biệt về thời điểm tác động của các role hai đầu nên thời gian trễ T được dùng để khoá bảo vệ đầu A tránh cho bảo vệ tác động nhầm khi có sự cố thoát qua, đồng thời để đợi tín hiệu khoá từ đầu B gửi đến. Khi có ngắn mạch tại N3, bảo vệ đường dây liền kề thường cắt nhanh sự cố này. Vì thời gian giải trừ tín hiệu khoá liên động của vùng ngược có thể rất ngắn, khiến cho tín hiệu khoá này tới đầu nhận có thể bị giải trừ trước khi thời gian T trôi qua. Do đó, thời gian trễ (sườn sau tín hiệu) ở đầu nhận T_n được sử dụng để bù đắp sự thiếu hụt thời gian của tín hiệu khoá. Trong trường hợp có hiện tượng đảo dòng, thời gian trễ T_r còn được dùng để khoá phân tử vượt tuyến của role A trong suốt thời gian đảo dòng khi có ngắn mạch phía sau role B. Tóm lại, các giá trị đặt thời gian của sơ đồ dùng tín hiệu khoá phải được tính toán chính xác đối với mọi chế độ làm việc của đối tượng bảo vệ để role luôn luôn nhận được tín hiệu khoá trong mọi trường hợp cần thiết.

Kênh truyền tin dùng trong sơ đồ khoá liên động có thể dùng loại một đường truyền kiểu đơn công. Trong trường hợp dùng hệ thống tải ba PLC, tín hiệu cao tần có thể chỉ làm việc trên một tần số. Nếu ở sơ đồ cắt liên động dùng tín hiệu cho phép PTT, tín hiệu cho phép cao tần phải truyền qua điểm sự cố trên đường dây để đến đầu bên kia thì bảo vệ phía đối diện mới cắt máy cắt, còn với sơ đồ đang xét nêu bảo vệ phía đối diện không nhận được tín hiệu khoá thì nó sẽ phát lệnh cắt máy cắt như vậy thì mức độ an toàn có cao hơn nhưng có thể gây ra cắt nhầm. Nói chung đối với sơ đồ khoá liên động yêu cầu về chất lượng của đường truyền rất cao để tránh tác động nhầm. Khi kênh truyền hoặc bộ phận phát nhận tín hiệu bị hư hỏng thì sơ đồ liên động phải bị khoá và khi đó bảo vệ thực hiện các chức năng của một bảo vệ khoảng cách thông thường hoặc kết hợp với TĐL.

So với sơ đồ dùng tín hiệu cho phép PTT, sơ đồ dùng tín hiệu khoá liên động làm việc tốt hơn trong trường hợp ngắn mạch trong đường dây có một đầu là nguồn yếu. Khi đó

Như ta đã thấy ở phần trên, sơ đồ cắt liên động dùng tín hiệu cho phép PTT có tốc độ thao tác nhanh hơn các sơ đồ khoá liên động do không cần phải có thời gian trễ để chờ tín hiệu liên động từ phía đối diện. Thời gian nhận tín hiệu này lại thay đổi trong một khoảng rộng tùy theo từng trường hợp sự cố nên khoảng thời gian trễ phải được đặt lớn nhất để dự phòng. Tuy nhiên trong trường hợp đường truyền tín hiệu bị trục trặc làm cho tín hiệu cho phép không đến được nơi nhận, việc sử dụng sơ đồ PTT có thể khiến cho sự cố trong đường dây không bị cách ly, gây ảnh hưởng đến độ tin cậy của bảo vệ. Trong khi đó việc mất tín hiệu khoá trong sơ đồ khoá liên động do lỗi đường truyền chỉ có thể làm cho bảo vệ tác động nhầm khi có ngắn mạch ngoài, tức là làm giảm tính chọn lọc của bảo vệ. Sự ưu việt của sơ đồ khoá càng thể hiện rõ trong các logic kết hợp với chức năng TĐL. Khi có sự cố bên trong đường dây dùng sơ đồ bảo vệ kiểu PTT, việc không có tín hiệu cho phép có thể làm cho bảo vệ hai đầu tác động không đồng thời, trong trường hợp này TĐL có thời gian chết ngắn ở đầu dây cắt ra trước sẽ luôn luôn thực hiện không thành công do phải đóng vào điểm có sự cố. Để khắc phục nhược điểm tác động chậm của sơ đồ khoá liên động và độ tin cậy của sơ đồ cắt liên động (PTT) người ta thường dùng sơ đồ giải khoá (unblocking scheme).

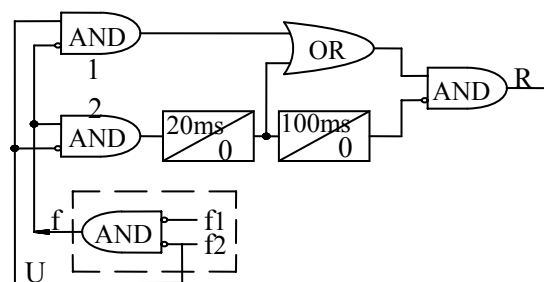
III.4. Sơ đồ giải khoá (unblocking scheme):

Đây là logic bảo vệ tương tự với chức năng cắt liên động dùng tín hiệu cho phép (PTT) nhưng có độ tin cậy cao hơn, sơ đồ giải khoá không hẳn là sơ đồ ngược với sơ đồ khoá đã xét. Trong trường hợp sự cố đường truyền, việc tự động giải khoá được tự động thực hiện một lần ở đầu nhận chứ không phải do tín hiệu từ xa gửi tới. Tín hiệu giải khoá và tín hiệu cho phép là hai dạng khác nhau của tín hiệu hoá giải (release) thường dùng trong các sơ đồ liên động.

Đối với sơ đồ cắt liên động sử dụng đường truyền tin bằng hệ thống tải ba PLC, tín hiệu cho phép có thể bị nghẽn do sự cố bên trong đường dây gây ra. Trong trường hợp sơ đồ PTT được kích hoạt, khi không có tín hiệu cho phép gửi đến trong một khoảng thời gian nào đó khi role phát hiện ra sự cố trong hướng tác động của mình, logic bảo vệ của nó sẽ khoá chức năng PTT lại và chuyển quyền kiểm soát sang các vùng khoảng cách thông thường. Điều này có nghĩa là sự cố sẽ bị cách ly chậm hơn so với các sơ đồ cắt liên động.

Sơ đồ giải khoá có khả năng giải việc khoá chức năng PTT trong các trường hợp nghẽn đường truyền nêu trên bằng cách không dùng tín hiệu cao tần PLC thông thường mà dùng loại mã chuyển tần SFK (frequency shift keying). Mã này có hai tần số sóng mang: tần số thứ nhất ứng với trạng thái không có tín hiệu liên động gọi là tần số giám sát (guard), tần số thứ hai khác với tần số đầu ứng với trạng thái có tín hiệu liên động gọi là tần số làm việc hay tần số giải khoá (unblock frequency). Tần số thứ nhất f_1 dùng để xác định đường truyền vẫn thông mạch và thường được gán mức logic “0”. Tần số thứ hai f_2 thường được gán mức logic “1” tương ứng với trạng thái có điều kiện. Việc chuyển phương thức biến điệu từ biên độ sang biến điệu tần số có giải tần hẹp làm tăng khả năng chống nhiễu của tín hiệu liên động đối với các sự cố ngắn mạch trên đường truyền PLC.

Trên hình 4.36 trình bày sơ đồ tạo tín hiệu giải khoá R tại đầu nhận của kênh cao tần PLC. Khi role phía xa phát tín hiệu cho phép, trong trường hợp làm việc bình thường của đường truyền tin, không có lỗi



Hình 4.36: Sơ đồ logic giải khoá điện hình tạo tín hiệu cho phép

Như vậy sơ đồ giải khoá thực chất là biến thể của sơ đồ cắt liên động dùng tín hiệu cho phép PTT. Việc áp dụng logic giải khoá làm tăng độ tin cậy của các sơ đồ POTT tiêu chuẩn.

Ngoài ra trên thực tế người ta còn có thể dùng các sơ đồ khoảng cách hỗn hợp giữa các sơ đồ cho phép và sơ đồ khoá liên động.

III.5. Phối hợp bảo vệ khoảng cách với tự động đóng lặp lại:

III.5.1. Giới thiệu:

Theo thống kê thực tế cho thấy các sự cố thoát qua xảy ra trong hệ thống điện chiếm tới 80%. Để nâng cao độ tin cậy của hệ thống cũng như khả năng cung cấp điện liên tục cho các phụ tải người ta thường sử dụng các sơ đồ tự động đóng lặp lại. Nguyên lý hoạt động của sơ đồ tự động đóng lặp lại có thể giải thích như sau: Các sơ đồ bảo vệ được sử dụng sao cho khi sự cố xảy ra có thể cắt nhanh các máy cắt liên quan, sau một khoảng thời gian tương đối ngắn sơ đồ tự động đóng lặp lại sẽ đóng các máy cắt vừa cắt ra. Nếu sự cố thoát qua thì lưới điện tiếp tục vận hành còn nếu sự cố duy trì thì máy cắt sẽ được cắt ra trở lại. Tùy vào kết cấu cũng như chế độ vận hành của từng lưới điện mà số lần đóng lặp lại có thể khác nhau, thông thường là dưới 3 lần.

Đối với lưới điện của Việt Nam trước đây do tồn tại nhiều nguồn diesel nên việc sử dụng các sơ đồ tự động đóng lặp lại sẽ không đảm bảo tính ổn định của hệ thống điện. Hiện nay, các nguồn phát diesel hầu như đã được loại bỏ và các sơ đồ tự động đóng lặp lại được đưa vào vận hành đã và đang mang lại hiệu quả rất lớn.

Trong phần này chỉ trình bày sơ đồ phối hợp bảo vệ khoảng cách với tự động đóng lặp lại. Sơ đồ phối hợp đơn giản nhất giữa bảo vệ khoảng cách và tự động đóng lặp lại là sơ đồ tăng tốc độ bảo vệ sau tự động đóng lặp lại. Các rơ le khoảng cách (21) loại vi xử lý hiện nay thường được chế tạo có kèm theo chức năng tự động đóng lặp lại (79) và mạch tăng tốc độ bảo vệ sau khi tự động đóng lặp lại (TOR - Trip On Reclose). Mạch TOR thường được thiết kế để loại bỏ nhanh sự cố duy trì ngay sau khi máy cắt được đóng lặp lại.

Ngoài ra, các rơ le khoảng cách loại kỹ thuật số hiện nay còn được thiết kế với sơ đồ vùng 1 mở rộng, thực chất nó là một mạch tăng tốc độ bảo vệ trước tự động đóng lặp lại với mục đích thay thế cho các sơ đồ bảo vệ khoảng cách kết hợp với kênh truyền tin khi kênh truyền tin đang trong thời gian sửa chữa hoặc bảo dưỡng. Sơ đồ này sẽ được đề cập chi tiết trong các mục (III.5.2).

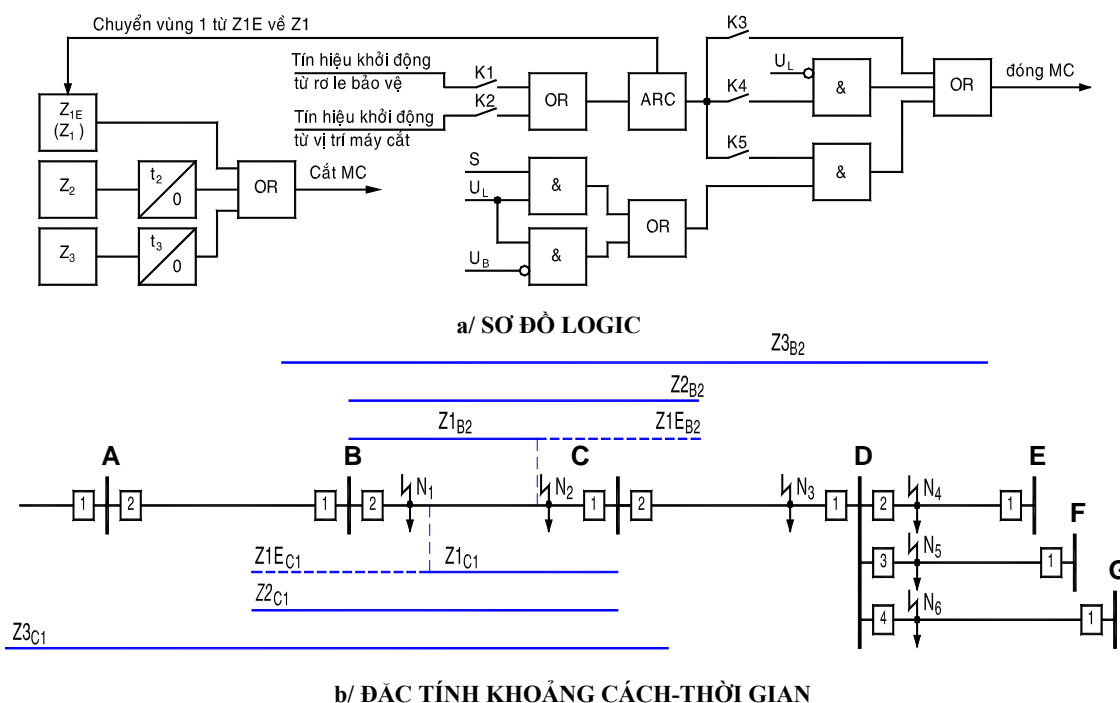
Ngoài hai sơ đồ tăng tốc nêu trên, một sơ đồ tăng tốc cũng thường gặp là sơ đồ tăng tốc theo thứ tự. Trong mục (III.5.3) sẽ đề cập sơ đồ tăng tốc này với bảo vệ khoảng cách, cụ thể là dùng vùng 1 mở rộng để tăng tốc. Mục (III.5.4) sẽ giới thiệu thêm một sơ đồ phối hợp

RAR (Rapid Auto-reclosing: *Tự động đóng lặp lại nhanh*) là sơ đồ tự động đóng lặp lại có thời gian chết nhỏ.

DAR (Delayed Autoreclosing: *Tự động đóng lặp lại có thời gian duy trì*) là sơ đồ tự động đóng lặp lại có thời gian chết tương đối lớn.

III.5.2. Sơ đồ bảo vệ với vùng 1 mở rộng:

Đây là một sơ đồ phối hợp giữa bảo vệ khoảng cách với thiết bị tự động đóng lặp lại. Ở phần đầu chúng ta đã đề cập, bộ phận đo lường vùng 1 của rơ le khoảng cách có hai giá trị đặt có thể điều khiển được. Giá trị đặt thứ nhất được chỉnh định như sơ đồ khoảng cách thông thường, tức là khoảng 80-90% chiều dài đường dây được bảo vệ và gọi là giá trị đặt cơ bản, ký hiệu là Z_1 . Giá trị đặt thứ hai được chỉnh định khoảng 125% chiều dài đường dây được bảo vệ gọi là vùng 1 mở rộng, ký hiệu Z_{1E} . Bình thường rơ le khoảng cách làm việc theo giá trị đặt của vùng 1 mở rộng Z_{1E} và khi nhận được tín hiệu từ rơ le tự động đóng lặp lại sẽ tự động chuyển về giá trị đặt cơ bản.



Hình 4.37: Sơ đồ bảo vệ khoảng cách có vùng 1 mở rộng

Khi có một sự cố xuất hiện ở một điểm bất kỳ bên trong vùng 1 mở rộng, rơ le sẽ thao tác với thời gian của vùng 1, cắt máy cắt và khởi động rơ le tự động đóng lặp lại. Một tiếp điểm (lệnh) từ rơ le tự động đóng lặp lại sẽ được sử dụng để chuyển giá trị đặt của rơ le khoảng cách trở về vùng 1 cơ bản. Tiếp điểm của rơ le tự động đóng lặp lại được sử dụng cho mục đích này sẽ thao tác trước khi xung đóng được đưa tới máy cắt và chỉ trở về vào cuối thời gian phục hồi của mạch ARC (xem biểu đồ thời gian trên hình 4.43).

Sơ đồ bảo vệ khoảng cách có vùng 1 mở rộng được trình bày trên hình 4.37. Khi sự cố xuất hiện ở điểm bất kỳ trên đường dây được bảo vệ, chẳng hạn ngắn mạch tại 1 điểm bất kỳ trên đường dây BC, các máy cắt B_2 và C_1 sẽ được cắt nhanh bằng vùng 1 mở rộng (Z_{1E}) và sau đó sẽ được tự động đóng lặp lại. Nếu sự cố là thoáng qua, máy cắt sẽ được đóng lại thành công. Nếu sự cố là duy trì, máy cắt sẽ cắt lại lần nữa với thời gian của vùng 1 hoặc vùng 2 thông thường để đảm bảo tính chọn lọc. Như vậy, với vùng 1 mở rộng sử dụng kết hợp với chức năng tự động đóng lặp lại (ARC) thì mọi sự cố thoáng qua trên toàn bộ đường

Nếu thanh cái ở cuối đường dây được bảo vệ càng có nhiều đường dây nối vào thì số lần cắt không chọn lọc trước tự động đóng lặp lại của các máy cắt càng lớn, chẳng hạn máy cắt C_2 sẽ cắt không chọn lọc khi sự cố xuất hiện trên các đường dây DE, DF, DG và gần thanh cái D (N_4, N_5, N_6). Mặt khác khi ngắn mạch xuất hiện trên một đường dây bất kỳ và gần thanh cái thì các máy cắt ở đầu đối diện với thanh cái đó của các đường dây còn lại cũng sẽ cắt không chọn lọc, ví dụ khi ngắn mạch xuất hiện tại N_3 trên đường dây CD gần thanh cái D, thì các máy cắt E_1, F_1 và G_1 đối diện với thanh cái D cũng sẽ bị cắt không chọn lọc.

Phân tích sự hoạt động của sơ đồ:

Khi đường dây có nguồn cung cấp từ hai phía bị sự cố, hai máy cắt ở hai đầu đường dây sẽ cắt ra. Nếu các máy cắt này có trang bị thiết bị tự động đóng lặp lại một lần, thông thường chúng sẽ lần lượt được đóng lặp lại theo sự phối hợp như sau:

Máy cắt ở đầu thứ nhất của đường dây được đóng lặp lại trước theo điều kiện điện áp đường dây không tồn tại: $U_L = 0$

Máy cắt ở đầu còn lại của đường dây được đóng lặp lại sau theo điều kiện tồn tại điện áp đường dây $U_L = 1$, nhưng phải thêm một trong hai điều kiện sau:

Điện áp đường dây đồng bộ với điện áp thanh cái: $S = 1$.

Điện áp thanh cái không tồn tại: $U_B = 0$.

Theo điều kiện phối hợp tác động của các mạch tự động đóng lặp lại nêu trên, thì máy cắt được đóng lặp lại theo điều kiện $U_L = 0$, sẽ có số lần đóng cắt nhiều hơn. Để cân bằng số lần đóng cắt máy cắt sau một thời gian vận hành được định trước, điều kiện tác động của thiết bị tự động đóng lặp lại ở hai đầu đường dây được đổi ngược lại. Thao tác này được thực hiện bởi khoá chuyển mạch K4 và K5 (hình 4.37a) và thực ra đối với rơ le số nó là một mạch lật bằng vi mạch. Còn khoá K3 chỉ sử dụng đối với lưới điện có nguồn cung cấp từ một phía.

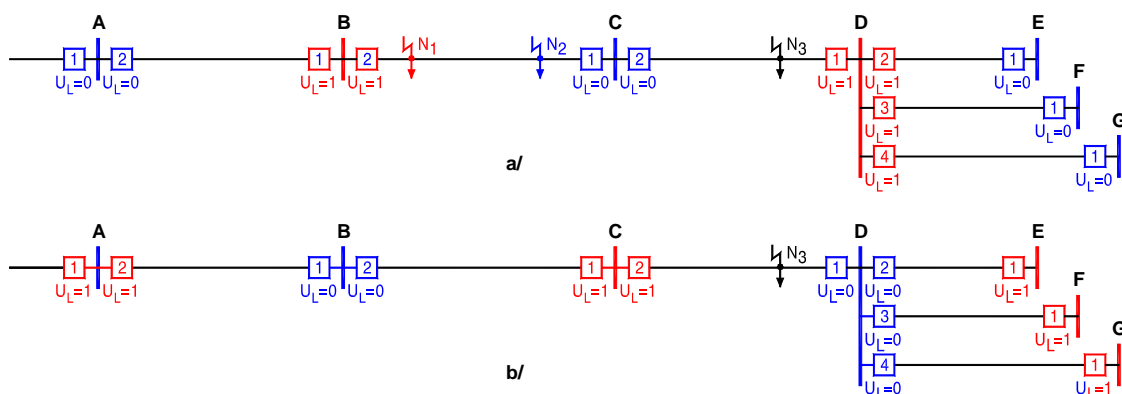
Sự phối hợp trên khi áp dụng trong các sơ đồ bảo vệ rơ le bình thường hoặc trong sơ đồ tăng tốc độ bảo vệ rơ le sau khi tự động đóng lặp lại thì không có vấn đề gì, bởi vì khi có sự cố xuất hiện trên một đường dây thì chỉ có hai máy cắt ở hai đầu đường dây sự cố bị cắt ra. Tuy nhiên đối với sơ đồ bảo vệ khoảng cách có vùng 1 mở rộng, như phần trên đã nêu có những vị trí ngắn mạch có thể có ba hoặc nhiều máy cắt cùng cắt. Vì vậy vấn đề ở đây là sự phối hợp của việc thực hiện đóng lặp lại ba máy cắt trở lên, nhưng mỗi máy cắt chỉ có thể đóng lặp lại theo một trong hai điều kiện nêu trên và về nguyên tắc thì hai máy cắt của một đường dây cũng phải được phối hợp như trên. Một vấn đề cũng cần lưu ý là khi cần thiết, máy cắt ở một đầu đường dây có thể cho phép tự động đóng lặp lại theo cả hai điều kiện nêu trên là $U_L = 0$ hoặc $U_L = 1$ (khóa K4 và K5 cùng kín mạch) nhưng máy cắt đầu ngược lại chỉ được thực hiện tự động đóng lặp lại theo điều kiện $U_L = 1$ (khóa K4 phải hở mạch).

Để có cơ sở lựa chọn sự phối hợp của việc đóng lặp của nhiều máy cắt (trên 2 máy cắt), dưới đây ta sẽ phân tích sự hoạt động của sơ đồ theo phương thức cài đặt điều kiện tác động của sơ đồ tự động đóng lặp lại các máy cắt của lưới điện trên hình (4.37b) như sau:

Phương thức thứ nhất: các mạch ARC của các máy cắt được cài đặt giống nhau theo thanh cái.

Phương thức thứ hai: các mạch ARC của các máy cắt được cài đặt giống nhau theo chiều đường dây.

Phương thức thứ nhất:



Hình 4.38: Cài đặt phương thức hoạt động của mạch ARC theo thanh cái

Theo phương thức này các máy cắt cùng đấu nối vào một thanh cái có điều kiện tác động của sơ đồ tự động đóng lặp lại được chọn giống nhau. Khi thanh cái thứ nhất có các máy cắt được tự động đóng lặp lại khi $U_L = 0$ thì các máy cắt của thanh cái tiếp theo sẽ được tự động đóng lặp lại khi $U_L = 1$ (kèm theo $S = 1$ hoặc $U_B = 0$). Phương thức phối hợp này hợp này được trình bày trên hình (4.38a) và sau thời gian vận hành theo định kỳ, các máy cắt có thể thay đổi phương thức vận hành ngược lại như trên hình (4.38b).

Dưới đây ta xét sự hoạt động của sơ đồ bảo vệ khoảng cách có vùng 1 mở rộng ở những vị trí ngăn mạch điển hình là N_1 và N_2 ở 2 đầu của đường dây BC theo phương thức cài đặt như trên hình (4.38a). Sau đó ta sẽ thêm sự hoạt động của sơ đồ tại điểm ngăn mạch N_3 gần thanh cái D (thanh cái có nhiều xuất tuyến) theo cả hai phương thức hoạt động ARC như trên hình (4.38a) và (4.38b).

Ngăn mạch tại N_1 :

Giả thiết N_1 nằm trong phạm vi tác động của vùng 1 mở rộng tại A_2 và không nằm trong phạm vi tác động của vùng 1 mở rộng tại máy cắt D_1 . Khi đó sẽ có ba máy cắt cùng cắt ngăn mạch do vùng 1 mở rộng tác động là A_2 , B_2 và C_1 . Sau đó các máy cắt A_2 và C_1 có điều kiện đóng lại là $U_L = 0$ sẽ đóng lại trước.

Nếu sự cố còn tồn tại thì máy cắt C_1 sẽ cắt ra lại bằng vùng 2 với thời gian trễ t_2 , còn máy cắt A_2 sẽ không cắt ra bởi vì máy cắt B_2 chưa đóng lại nên không có dòng sự cố chạy qua máy cắt này. Máy cắt B_2 trong trường hợp này cũng không đóng lại được do không thỏa mãn điều kiện đóng lại (không có tín hiệu điện áp đường dây).

Nếu sự cố là thoáng qua, máy cắt A_2 và C_1 sẽ đóng lại thành công, lúc này tại máy cắt B_2 đã có tín hiệu $U_L = 1$ và nó sẽ đóng lại thành công theo điều kiện kiểm tra đồng bộ ($S = 1$).

Nếu N_1 nằm trong phạm vi tác động của vùng 1 mở rộng tại máy cắt D_1 (do đường dây CD quá dài so với đường dây BC), trong trường hợp này có bốn máy cắt cùng cắt là A_2 , B_2 , C_1 và D_1 . Sau đó chỉ có máy cắt A_2 và C_1 đóng lại theo điều kiện $U_L = 0$, nhưng cả hai đường dây BC và CD vẫn không có điện do hai máy cắt B_2 , D_1 đang hở mạch và hai máy cắt này cũng không đóng lại được do điều kiện đóng lại của nó là $U_L = 1$ không thỏa mãn. Kết quả là thanh cái C bị mất điện không chọn lọc.

Ngăn mạch tại N_2 :

Giả thiết N_2 nằm trong phạm vi tác động của vùng 1 mở rộng tại máy cắt D_1 . Khi đó sẽ có các máy cắt cùng cắt ngăn mạch bởi vùng 1 mở rộng là B_2 , C_1 và D_1 (có thể máy cắt A_2 cũng cắt). Sau đó chỉ máy cắt C_1 (A_2) đóng lại theo điều kiện $U_L = 0$ nhưng đường dây BC và DC vẫn không có điện, do đó máy cắt B_2 và D_1 cũng không đóng lại được và thanh cái C bị mất điện không chọn lọc.

Ngăn mạch tại N_3 :

Trường hợp thứ nhất:

Giả sử phương thức tác động của các mạch ARC được cài đặt như trên hình 4.38a và N_3 nằm trong phạm vi tác động của vùng 1 mở rộng tại E_1 , F_1 và G_1 . Lúc đó các máy cắt C_2 , D_1 , E_1 , F_1 , D_1 cùng cắt bởi vùng 1 mở rộng. Sau đó các máy cắt C_2 , E_1 , F_1 , D_1 sẽ cùng đóng lại theo điều kiện $U_L = 0$ nếu như các mạch ARC của các máy cắt này có cùng thời gian tác động. Điều này chỉ cho phép khi các máy cắt nêu trên được đóng lặp lại đủ nhanh để cho các nguồn từ thanh cái E, F và G có thể tự đồng bộ với nhau sau khi đóng lại. Nếu thời gian đóng lặp lại của các máy cắt trên không đáp ứng cho các nguồn tự đồng bộ thì các máy cắt E_1 , F_1 , G_1 và kể cả máy C_2 phải có mạch ARC được cài đặt để có thể tự động đóng lại theo cả hai điều $U_L = 0$ hoặc có điện áp đường dây $U_L = 1$ (kèm theo $S = 1$ hoặc $U_B = 0$), đồng thời chúng phải có thời gian tác động khác nhau (điều này hoàn toàn cho phép vì mạch ARC của các máy cắt đối diện với các máy cắt này chỉ tác động theo điều kiện $U_L = 1$):

Nếu sự cố là thoáng qua thì các máy cắt C_2 , E_1 , F_1 và G_1 sẽ cùng lúc hoặc lần lượt đóng lại thành công và sau đó máy cắt D_1 cũng sẽ đóng lại thành công theo điều kiện kiểm tra tín hiệu đồng bộ ($U_L = 1$ và $S = 1$).

Nếu sự cố là duy trì thì C_2 sẽ cắt ra bằng vùng 2 với thời gian trễ là t_2 , còn các máy cắt E_1 , F_1 , và G_1 cũng sẽ lần lượt đóng lại thành công. Riêng máy cắt D_1 không đóng lại được do không có tín hiệu điện áp đường dây (do C_2 đang hở mạch).

Trong trường hợp N_3 không nằm trong phạm vi tác động của vùng 1 mở rộng tại một trong những máy cắt E_1 , F_1 và G_1 . Giả sử nó nằm ngoài phạm vi tác động của vùng 1 mở rộng tại E_1 , lúc đó các máy cắt F_1 , G_1 đòi hỏi phải có khả năng đóng lại theo điều kiện kiểm tra bộ ($U_L = 1$, $S = 1$) mới có thể đóng lại được vì thanh cái D trong trường hợp này vẫn có điện và đường dây của các máy cắt F_1 và G_1 vẫn tồn tại tín hiệu điện áp (điều kiện này cũng đòi hỏi phải áp dụng cho cả máy cắt E_1 và C_2). Riêng mạch ARC của máy cắt D_1 có tác động hay không phụ thuộc vào sự đóng lại thành công hay không của máy cắt C_2 , tức phụ thuộc vào sự cố có tính thoáng qua hay duy trì.

Trường hợp thứ hai:

Xét trường hợp ngăn mạch tại N_3 mà phương thức tác động của các mạch ARC được cài đặt như trên hình 4.38b.

Giả sử N_3 nằm trong vùng tác động của vùng 1 mở rộng tại E_1 , F_1 và G_1 lúc đó các máy cắt C_2 , D_1 , E_1 , F_1 , D_1 cùng cắt bởi vùng 1 mở rộng Z_{1E} . Sau đó chỉ có máy cắt D_1 đóng lại. Còn các máy cắt C_2 , E_1 , F_1 , G_1 không đóng lại được do không có tín hiệu điện áp đường dây ($U_L = 0$). Thanh cái D sẽ mất điện không chọn lọc.

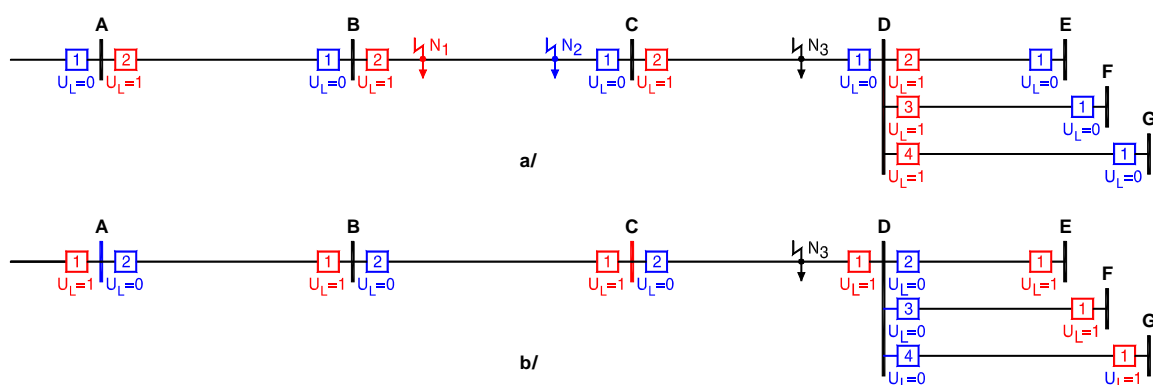
Giả sử N_3 nằm ngoài phạm vi tác động của E_1 thì các máy cắt F_1 và G_1 sẽ lần đóng lại thành công theo điều kiện kiểm tra điện áp đồng bộ khi mà thanh cái E có nối với nguồn cung cấp. Nếu sự cố là thoáng qua thì D_1 sẽ đóng lại thành công và máy cắt C_2 cũng sẽ đóng lại khi điện áp đường dây và điện áp thanh cái của nó còn đồng bộ với nhau. Nếu sự cố duy trì thì máy cắt D_1 sẽ cắt nhanh trở lại và máy cắt C_2 sẽ không đóng lại.

Như vậy theo phương thức cài đặt này, sẽ tồn tại các vị trí sự cố (gần thanh cái có điều kiện đóng lặp lại của máy cắt là $U_L = 0$) mà tất cả các máy cắt xung quanh vị trí sự cố có điều kiện đóng lặp lại là $U_L = 1$ bị cắt ra cùng lúc. Điều này làm cho các máy cắt nói trên sau khi cắt ra sẽ không có máy cắt nào có tín hiệu điện áp đường dây để thực hiện chu trình tự động đóng lặp lại và cuối cùng các đường dây của các máy cắt nói trên đều bị mất điện không chọn lọc dù cho sự cố có thể là sự cố thoáng qua.

Phương thức thứ hai:

Theo phương thức này các máy cắt cùng chiều (chiều tác động của rơ le bảo vệ) trên đường dây có điều kiện tác động của sơ đồ tự động đóng lặp lại được chọn giống nhau. Cụ thể trên hình 4.39a, các máy cắt được đánh số 1 sẽ tự động đóng lại khi $U_L = 0$. Các máy cắt theo chiều ngược lại được đánh số 2 có điều kiện tự động đóng lặp lại khi $U_L = 1$. Sau thời gian vận hành theo định kỳ, các máy cắt có thể thay đổi phương thức vận hành ngược lại như trên hình 4.39b.

Dưới đây ta xét sự hoạt động của sơ đồ bảo vệ khoảng cách có vùng 1 mở rộng ở những vị trí gần mạch điện hình là N_1 và N_2 ở 2 đầu của đường dây BC theo phương thức cài đặt như trên hình 4.39a. Sau đó ta sẽ thêm sự hoạt động của sơ đồ tại điểm gần mạch N_3 gần thanh cái D (thanh cái có nhiều xuất tuyến) theo cả hai phương thức hoạt động ARC như trên hình 4.39a và 4.39b.



Hình 4.39: Cài đặt phương thức hoạt động của mạch ARC theo chiều đường dây

Ngắn mạch tại N1:

Giả thiết N_1 nằm trong phạm vi tác động của vùng 1 mở rộng tại máy cắt A_2 và không nằm trong phạm vi tác động của vùng 1 mở rộng tại máy cắt D_1 . Khi đó sẽ có ba máy cắt cùng cắt ngắn mạch bởi vùng 1 mở rộng là A_2 , B_2 và C_1 . Sau đó máy cắt C_1 sẽ đóng lại trước theo điều kiện điện áp đường dây không tồn tại ($U_L = 0$).

Nếu sự cố còn duy trì thì máy cắt C_1 sẽ cắt ra trở lại bởi vùng 2 với thời gian trễ là t_2 , đường dây AB và BC lúc đó đều không có điện áp nên các máy cắt A_2 và B_2 không thỏa mãn điều kiện để tự động đóng lặp lại. Điều này dẫn đến thanh cái B bị mất điện không chọn lọc.

Nếu sự cố là thoáng qua, máy cắt C_1 sẽ đóng lại thành công. Sau đó máy cắt B_2 sẽ đóng lại được theo điều kiện ($U_L = 1$, $U_B = 0$) và tiếp theo máy cắt A_2 cũng sẽ đóng lại thành công theo điều kiện ($U_L = 1$, $S = 1$). Trong trường hợp này ta thấy nếu không cài đặt thêm điều kiện đóng lặp lại ($U_L = 1$, $U_B = 0$) cho các máy cắt A_2 và B_2 thì máy cắt B_2 sẽ không tự động đóng lại được do điện áp thanh cái không tồn tại nên không có tín hiệu đồng bộ và máy cắt A_2 cũng không đóng lại được do điện áp đường dây không tồn tại nên cũng không có tín hiệu đồng bộ. Điều này dẫn đến thanh cái B bị mất điện không chọn lọc.

Ngắn mạch tại N2:

Giả thiết N₂ nằm trong phạm vi vùng 1 mở rộng của bảo vệ khoảng cách tại D₁ và không nằm trong phạm vi tác động của vùng 1 mở rộng tại A₂. Khi đó sẽ có ba máy cắt cùng cắt ngắn mạch bởi vùng 1 mở rộng là B₂, C₁ và D₁. Sau đó máy cắt C₁ và D₁ sẽ cùng đóng lại theo điều kiện $U_L = 0$ (theo hình 4.38a):

Nếu sự cố còn duy trì, máy cắt C₁ sẽ cắt với vùng 1, còn máy cắt D₁ sẽ không bị cắt ra do vùng 1 mở rộng đã bị chuyển về vùng 1 cơ bản. Trong trường hợp này máy cắt B₂ cũng sẽ không đóng lại vì điện áp đường dây không tồn tại nên không thỏa mãn điều kiện đóng lặp lại.

Nếu sự cố là thoáng qua, C₁ và D₁ sẽ đóng lại thành công và tiếp theo đến máy cắt B₂ cũng sẽ đóng lại thành công theo điều kiện ($U_L = 1, S = 1$).

Nếu N₄ nằm trong phạm vi tác động của vùng 1 mở rộng tại máy cắt A₂ (đường dây AB quá dài so với đường dây BC), thì thanh cái B cũng sẽ mất điện không chọn lọc khi sự cố duy trì (tương tự như trường hợp ngắn mạch tại N₁).

Ngắn mạch tại N3:

Trường hợp thứ nhất:

Giả sử phương thức tác động của các mạch ARC được cài đặt như trên hình (4.39a) và N₃ nằm trong phạm vi tác động của vùng 1 mở rộng tại E₁, F₁ và G₁. Lúc đó các máy cắt C₂, D₁, E₁, F₁, D₁ cùng cắt bởi vùng 1 mở rộng Z_{1E}. Sau đó các máy cắt D₁, E₁, F₁, D₁ sẽ cùng đóng lại theo điều kiện mất áp đường dây ($U_L = 0$) nếu như thời gian chết của mạch ARC của máy cắt này giống nhau. Điều này chỉ cho phép khi các máy cắt nêu trên được đóng lặp lại đủ nhanh để cho các nguồn từ thanh cái E, F và G có thể tự đồng bộ với nhau sau khi đóng lại. Nếu thời gian đóng lặp lại của các máy cắt trên không đáp ứng cho các nguồn tự đồng bộ thì các máy cắt E₁, F₁, G₁ và kể cả máy C₂ phải có mạch ARC được cài đặt để có thể tự động đóng lại theo cả hai điều $U_L = 0$ hoặc có điện áp đường dây $U_L = 1$ (kèm theo $S = 1$ hoặc $U_B = 0$), đồng thời chúng phải có thời gian tác động khác nhau (điều này hoàn toàn cho phép vì mạch ARC của các máy cắt đối diện với các máy cắt này chỉ tác động theo điều kiện $U_L = 1$):

Nếu sự cố thoáng qua thì các máy cắt D₁, E₁, F₁ và G₁ sẽ cùng lúc hoặc lần lượt đóng lại thành công và sau đó máy cắt C₂ cũng sẽ đóng lại thành công theo điều kiện kiểm tra tín hiệu đồng bộ.

Nếu sự cố duy trì thì các máy cắt D₁, E₁, F₁ và G₁ sẽ cùng lúc hoặc lần lượt được đóng lặp lại. Riêng máy cắt D₁ sẽ bị cắt ra trở lại và kéo theo máy cắt C₂ không đóng lại được do không có tín hiệu điện áp đường dây.

Trong trường hợp N₃ không nằm trong phạm vi tác động của vùng 1 mở rộng tại một trong những máy cắt E₁, F₁ và G₁. Giả sử nó nằm ngoài phạm vi tác động của vùng 1 mở rộng tại E₁, lúc đó các máy cắt F₁, G₁ đòi hỏi phải có khả năng đóng lại theo điều kiện kiểm tra bộ ($U_L = 1, S = 1$) mới có thể đóng lại được vì thanh cái D trong trường hợp này vẫn có điện và đường dây của các máy cắt F₁ và G₁ vẫn tồn tại tín hiệu điện áp (điều kiện này cũng đòi hỏi phải áp dụng cho cả máy cắt E₁ và C₂). Riêng mạch ARC của máy cắt C₂ có tác động hay không phụ thuộc vào sự đóng lại thành công hay không của máy cắt D₁, tức phụ thuộc vào sự cố có tính thoáng qua hay duy trì.

Trường hợp thứ hai:

Xét trường hợp ngắn mạch tại N_3 mà phương thức tác động của các mạch ARC được cài đặt như trên hình (4.39b).

Giả sử N_3 nằm trong vùng tác động của vùng 1 mở rộng tại E_1 , F_1 và G_1 lúc đó các máy cắt C_2 , D_1 , E_1 , F_1 , D_1 cùng cắt bởi vùng Z_{1E} . Sau đó chỉ có máy cắt C_2 được đóng lại theo điều kiện $U_L = 0$:

Nếu sự cố thoát qua, máy cắt C_2 đóng lại thành công, sau đó máy cắt D_1 sẽ đóng lại theo điều kiện ($U_L = 1$ và $U_B = 0$) còn các máy cắt E_1 , F_1 , G_1 sẽ lần lượt đóng lại theo điều kiện kiểm tra tín hiệu đồng bộ ($U_L = 1$ và $S = 1$).

Nếu sự cố duy trì, máy cắt C_2 sẽ cắt ra lại và lúc đó các máy cắt D_1 , E_1 , F_1 , G_1 sẽ không đóng lại được vì điều kiện đóng lại không thỏa mãn ($U_L = 0$). Điều này dẫn đến thanh cái D mất điện một cách không chọn lọc.

Giả sử N_3 nằm ngoài phạm vi tác động của E_1 thì các máy cắt F_1 và G_1 sẽ lần đóng lại thành công theo điều kiện kiểm tra điện áp đồng bộ (khi mà thanh cái E có nối với nguồn cung cấp). Nếu sự cố là thoát qua thì C_2 sẽ đóng lại thành công và máy cắt D_1 cũng sẽ đóng lại khi điện áp đường dây và điện áp thanh cái của nó còn đồng bộ với nhau. Nếu sự cố duy trì thì máy cắt C_2 sẽ cắt nhanh trở lại và máy cắt D_1 cũng không đóng lại.

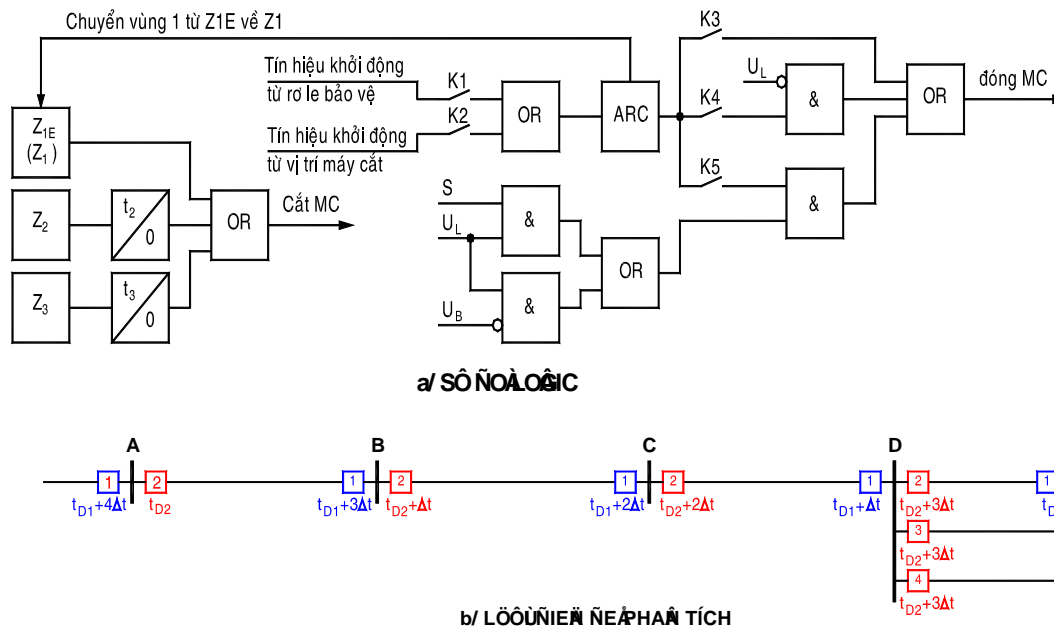
Theo phương thức cài đặt này sẽ tồn tại các vị trí sự cố gần máy cắt có điều kiện đóng lặp lại $U_L = 1$ mà các máy cắt kế phía trước (cũng có điều kiện đóng lặp lại là $U_L = 1$) đều bị cắt ra. Nếu sự cố là duy trì thì không có máy cắt nào đóng lại được do không tồn tại điện áp đường dây. Điều này làm cho các đường dây liền kề phía trước đường dây sự cố sẽ bị mất điện không chọn lọc.

Nhận xét

Sơ đồ bảo vệ khoảng cách có vùng 1 mở rộng chỉ đảm bảo cắt nhanh các sự cố thoát qua, còn đối với các sự cố duy trì thì tùy theo vị trí ngắn mạch nó có thể bị loại bỏ với thời gian trễ của vùng 2. Mặt khác cả hai phương thức cài đặt điều kiện tác động của các mạch tự động đóng lặp lại ARC của các máy cắt đều tồn tại một số sự cố dẫn đến một thanh cái mất điện không chọn lọc do các đường dây nối vào thanh cái đó không đủ điều kiện thực hiện chu trình tự động đóng lặp lại. Tuy nhiên theo phương thức thứ nhất, sự mất điện thanh cái xuất hiện khi các sự cố đó có tính duy trì hoặc thoát qua, còn theo phương thức thứ hai, sự mất điện chỉ xảy ra khi các sự cố có tính duy trì.

III.5.3. Sơ đồ tăng tốc theo thứ tự bằng vùng 1 mở rộng:

Sơ đồ bảo vệ khoảng cách có vùng 1 mở rộng hoạt động theo nguyên tắc nêu trong mục (III.5.2) chỉ loại bỏ nhanh các sự cố thoát qua, còn các sự cố duy trì vẫn được loại bỏ với thời gian của các vùng khoảng cách cơ bản. Để có thể loại bỏ nhanh không những các sự cố thoát qua lẫn sự cố duy trì thì tín hiệu điều khiển vùng 1 mở rộng Z_{1E} trở về vùng 1 cơ bản Z_1 cần phải có một thời gian trễ t_K đủ để nó loại bỏ nhanh sự cố một lần nữa bằng vùng Z_{1E} trong trường hợp sự cố duy trì xuất hiện ở cuối đường dây được bảo vệ. Tuy nhiên để đảm bảo tính chọn lọc khi sơ đồ bảo vệ khoảng cách có vùng 1 mở rộng hoạt động theo nguyên tắc này, thì máy cắt ở phía trước phải đóng lại chậm hơn máy cắt phía sau (theo chiều tác động của bảo vệ) một bậc thời gian Δt đủ để tín hiệu vùng 1 mở rộng tại máy cắt đang xét trở về giá trị vùng 1 cơ bản. Sơ đồ này chính là sơ đồ tăng tốc theo thứ tự trong đó vùng 1 mở rộng là bảo vệ không chọn lọc còn vùng 1, vùng 2 và vùng 3 cơ bản chính là các bảo vệ chọn lọc.



Hình 4.40: Sơ đồ tăng tốc độ bảo vệ theo thứ tự bằng vùng 1 mở rộng

Trên hình 4.40a trình bày sơ đồ logic của sơ đồ tăng tốc độ bảo vệ theo thứ tự bằng vùng 1 mở rộng của bảo vệ khoảng cách và hình 4.40b thể hiện các bậc thời gian trễ của mạch tự động đóng lặp lại ARC của các máy cắt điện trên lưới điện khi hệ thống bảo vệ rơ le hoạt động theo nguyên tắc này.

Theo nguyên tắc tác động của sơ đồ ta thấy mỗi máy cắt khi cắt không chọn lọc (cắt sự cố ở đầu của đoạn đường dây liên kế) đều phải được đóng lại trước máy cắt cùng chiều ở đường dây sự cố. Để thực hiện được điều này mỗi mạch ARC của tất cả các máy cắt phải có thể tác động đóng lặp lại theo điều kiện $U_L = 0$. Điều này đòi hỏi thời gian trễ của mạch ARC của các máy cắt trên một đường dây hoặc của các máy cắt có khả năng cùng cắt không chọn lọc được cài đặt khác nhau để tránh nguồn từ hai phía cùng đóng lại một lúc.

Khi ngắn mạch trên một đường dây, chẳng hạn ngắn mạch đường dây BC. Hai máy cắt ở hai đầu đường dây là B_2 và C_1 sẽ cắt ra. Vì cả hai máy cắt đều có thể đóng lại theo điều kiện $U_L = 0$, nên máy cắt có thời gian trễ của mạch ARC nhỏ hơn sẽ đóng lại trước (giả sử máy cắt B_2). Nếu B_2 đóng lại thành công (sự cố là thoáng qua) thì máy cắt đầu còn lại là C_1 có thời gian trễ của mạch ARC lớn hơn phải có thêm khả năng tự động đóng lại theo điều kiện kiểm tra đồng bộ ($U_L = 1, S = 1$) mới có thể đóng lại được để khôi phục lại sự làm việc của đường dây BC. Nếu B_2 đóng lại không thành công (sự cố duy trì hoặc bán duy trì), sau đó máy cắt C_1 vẫn tiếp tục đóng lại theo điều kiện $U_L = 0$. Nếu sự cố là duy trì thì C_1 đóng lại không thành công. Còn nếu sự cố là bán duy trì thì C_1 sẽ đóng lại thành công. Tuy nhiên sự đóng lại thành công của máy cắt C_1 lúc này không có ý nghĩa, bởi vì mạch ARC của máy cắt B_2 đã bị khoá. Điều này có nghĩa sự đóng lại đường dây lần thứ hai của máy cắt C_1 chỉ làm tăng chi phí bảo dưỡng máy cắt.

Nhận xét:

Ưu điểm cơ bản của sơ đồ này là không những loại bỏ nhanh các sự cố thoáng qua mà kể cả các sự cố duy trì. Tuy nhiên sơ đồ có một số khuyết điểm là các máy cắt càng xa nguồn (xét theo từng chiều một) có thời gian đóng lại máy cắt càng lớn. Điều này ảnh hưởng đến tốc độ khôi phục sự cung cấp điện

Đối với lưới điện có nguồn cung cấp từ một phía thì các sự cố thoáng qua càng gần nguồn, thời gian khôi phục lại sự mang điện của các phần tử càng nhanh.

Đối với lưới điện có nguồn cung cấp từ hai phía vấn đề tương đối khác. Khi sự cố thoáng qua các đoạn đường dây ở giữa thì thời gian khôi phục lại sự làm việc của đoạn đường dây tương đối lớn. Nhưng khi sự cố thoáng qua ở các đoạn càng gần nguồn (kể cả hai phía) thì thời gian khôi phục lại sự mang điện của nó càng chậm. Bởi vì đối với các đoạn đường dây này một máy cắt được xét theo nguồn này càng gần bao nhiêu và có thời gian

Khi sự cố thoát qua, các máy cắt có thời gian trễ lớn được đóng lại theo điều kiện hoà đồng bộ. Khi thời gian trễ càng lớn càng ảnh hưởng đến sự đóng lại của máy cắt này vì khi đó khả năng mất đồng bộ giữa hai nguồn tăng lên.

Chi phí bảo dưỡng của các máy cắt trong sơ đồ này lớn hơn so với sơ đồ bảo vệ khoảng cách có vùng 1 mở rộng ở mục (III.5.2). Nguyên nhân của nó là khi sự cố có tính duy trì hoặc bán duy trì thì đường dây được đóng lại 2 lần. Nhưng việc đóng lại đường dây lần thứ hai không có ý nghĩa khôi phục lại sự làm việc của đường dây dù sự cố là bán duy trì. Nguyên nhân của hiện tượng này là do đường dây được đóng lại hai lần bằng hai máy cắt ở hai đầu đường dây và mỗi đầu chỉ có khả năng đóng lặp lại một lần.

Có thể áp dụng phương thức cài đặt thời gian trễ và điều kiện tác động nêu trên cho *sơ đồ bảo vệ khoảng cách có vùng 1 mở rộng*. Giải pháp này sẽ khắc phục được hiện tượng mất điện không chọn lọc của một số thanh cái đối với một số ngắn mạch như đã nêu trong mục (III.5.2). Tuy nhiên lúc đó *sơ đồ bảo vệ khoảng cách có vùng 1 mở rộng* gặp phải những khuyết điểm tương tự như đã nêu trên của *sơ đồ tăng tốc theo tuần tự bằng vùng 1 mở rộng*, ngoài ra nó còn kém hơn *sơ đồ tăng tốc theo tuần tự bằng vùng 1 mở rộng* là không loại bỏ nhanh được các sự cố duy trì. Nếu sơ đồ bảo vệ khoảng cách có vùng 1 mở rộng trang bị thêm mạch TOR để cắt nhanh các ngắn mạch duy trì thì nó chính là sơ đồ tăng tốc theo thứ tự vì mạch trở về chậm của vùng 1 mở rộng cũng chính là một mạch TOR.

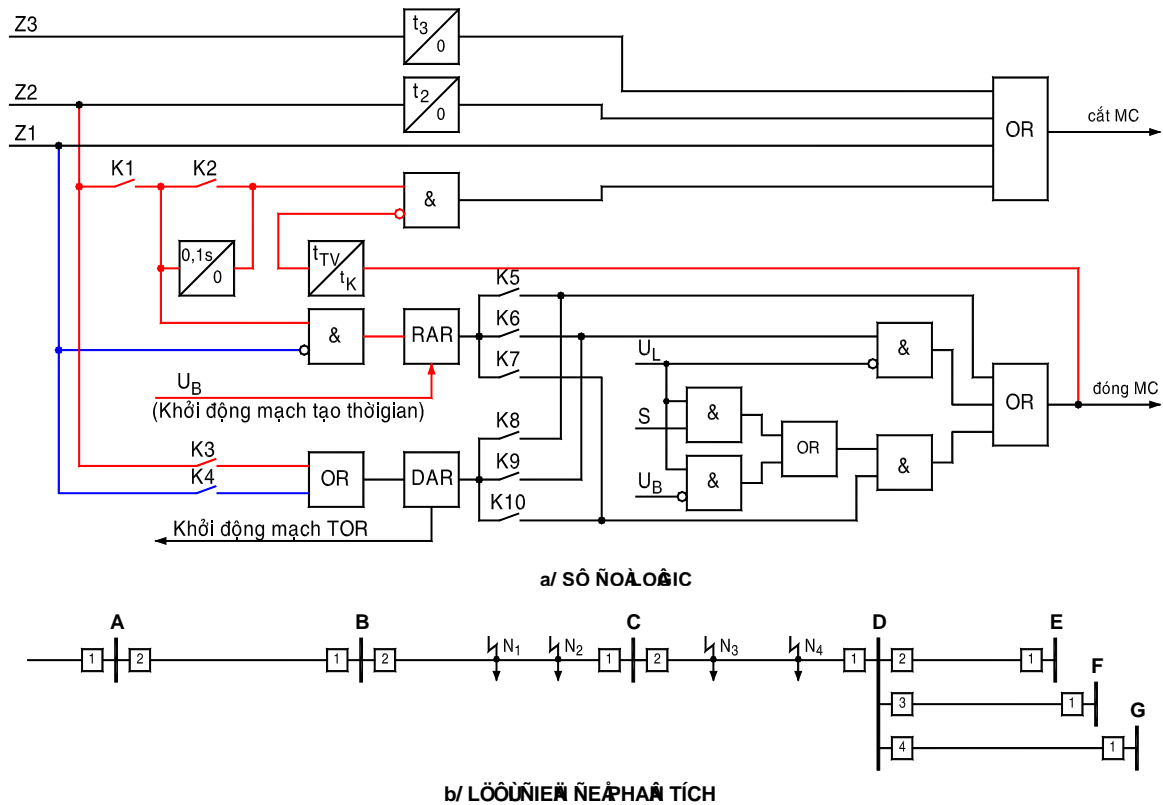
III.5.4. Sơ đồ tăng tốc vùng 2 kết hợp với RAR và DAR:

Trong mục (III.5.3) ta thấy khi sự cố xuất hiện ở đoạn đầu của các đường dây thì các máy cắt của nó và máy cắt của đường dây liền kề phía trước đều được cắt bằng vùng 1 mở rộng. Do đó sau khi cắt lần thứ nhất vẫn không biết được sự cố đang ở đường dây nào, vì vậy để thăm dò vị trí sự cố buộc phải đóng lại các máy cắt theo thứ tự máy cắt gần nguồn được đóng lặp lại trước. Chính vì điều này nên các máy cắt càng xa nguồn có thời gian trễ của chu trình tự động đóng lặp lại càng lớn.

Trong trường hợp nêu trên, nếu ta dùng vùng 2 để tăng tốc bảo vệ thì máy cắt gần vị trí sự cố sẽ cắt bằng vùng 1, còn máy cắt của đường dây liền kề phía trước sẽ cắt bằng vùng 2 và vùng 1 của nó không tác động. Lợi dụng đặc điểm này của sơ đồ bảo vệ khoảng cách để phát hiện vị trí sự cố sau lần cắt thứ nhất bằng cách trang bị mỗi máy cắt hai bộ tự động đóng lặp lại: bộ thứ nhất tự động đóng lặp lại nhanh RAR có thời gian chết nhỏ được khởi động theo tín hiệu vùng 2 và bị khoá khi có tín hiệu vùng 1, bộ thứ hai tự động đóng lặp lại chậm DAR có thời gian chết lớn hơn chu trình RAR một cấp và được khởi động theo tín hiệu vùng 1 và/hoặc vùng 2.

Với giải pháp nêu trên, ta thấy máy cắt ở đường dây liền kề với đường dây sự cố bị cắt bằng vùng 2 tăng tốc sẽ được đóng lại trước bằng chu trình RAR (do vùng 1 của nó không làm việc), đồng thời mạch tăng tốc của nó cũng được mạch tự động đóng lặp lại khoá lại sau một thời gian trễ nào đó (để máy cắt có thể cắt nhanh trở lại khi sự cố xuất hiện ở cuối đường dây). Máy cắt trên đường dây sự cố được cắt bằng vùng 1 sẽ được đóng lại sau bằng chu trình DAR. Giải pháp này cho phép các máy cắt cài đặt thời gian chết của các chu trình đóng lặp lại như nhau, ngoài ra với việc trang bị mỗi máy cắt hai bộ tự động đóng lặp lại cũng cho phép khôi phục lại sự làm việc của đường dây đối với các sự cố bán duy trì.

Sơ đồ nêu trên có thể gọi là “*sơ đồ tăng tốc vùng 2 kết hợp với RAR và DAR*” và được trình bày trên hình trên hình 4.41.



Hình 4.41: Sơ đồ tăng tốc vùng 2 kết hợp với RAR và DAR

Nguyên lý tác động:

Theo sơ đồ trên hình 4.41a, mỗi máy cắt ở đầu mỗi đường dây được trang bị: 1 bộ bảo vệ khoảng cách 3 cấp, 1 bộ tự động đóng lặp lại nhanh RAR có thời gian chết là t_{RAR} và 1 bộ tự động đóng lặp lại chậm có thời gian chết $t_{DAR} > t_{RAR}$.

Bảo vệ khoảng cách 3 cấp có vùng 1 (Z_1) tác động tức thời, vùng 2 (tác động với thời gian trễ t_2 và vùng 3 (Z_3) tác động với thời gian trễ t_3 theo đúng sơ đồ bảo vệ khoảng cách 3 cấp thông thường. Ngoài ra vùng 2 còn có tín hiệu đi cắt tức thời máy cắt (khoá K1 và K2 trên hình 4.41a kín mạch) hoặc với thời gian trễ nhỏ (khoá K1 kín mạch còn K2 hở mạch) và nó bị sẽ khoá lại sau khi máy cắt được đóng lặp lại lần đầu với thời gian trễ là t_K để đảm bảo vùng 2 cắt nhanh lại máy cắt một lần nữa nếu sự cố duy trì xuất hiện ở cuối đường dây của nó. Mạch tăng tốc vùng 2 bị khóa trong khoảng thời gian t_{DT} để đảm bảo nó không hoạt động nếu sự cố vẫn còn duy trì sau khi máy cắt của đường dây bị sự cố được đóng lại bằng chu trình DAR.

Mạch RAR:

Mạch RAR được khởi động khi sự cố nằm trong phạm vi tác động của vùng 2 và ngoài phạm vi tác động của vùng 1, tức $Z_2 = 1$ và $Z_1 = 0$. Mặc dù sơ đồ RAR đã được khởi động và duy trì theo tín hiệu trên nhưng mạch tạo thời gian trễ (t_{RAR}) của nó chỉ làm việc khi có tín hiệu điện áp thanh cái U_B (khi không cần thiết thì nối tắt mạch này lại). Khi máy cắt được cắt bằng mạch tăng tốc vùng 2, nó sẽ được đóng lặp lại nhanh theo chu trình RAR khi điều kiện đóng lại sau đây của nó được thỏa mãn (hình 4.41a):

Đóng trực tiếp sau khi khởi động (khoá K5 kín mạch).

Tồn tại điện áp thanh cái $U_B = 1$ nhưng không tồn tại điện áp đường dây $U_L = 0$ (khoá K6 kín mạch).

Tồn tại điện áp đường dây $U_L = 1$ và đồng bộ với điện áp thanh cái $S = 1$ (khoá K7 kín mạch).

Các điều kiện tác động của mạch RAR được áp dụng như sau:

Đối với đường dây có nguồn cung cấp từ 1 phía áp dụng điều kiện 1 cho mạch RAR, tức là K5 kín mạch, còn K6 và K7 hở mạch. Tuy nhiên cũng có thể áp dụng điều kiện 2, tức K6 kín mạch còn K5 và K7 hở mạch.

Đối với đường dây có nguồn cung cấp từ 2 phía, mạch RAR luôn đóng trước mạch DAR, do đó phải áp dụng điều kiện 2, tức K6 kín mạch, K5 và K7 hở mạch. Đối với các máy cắt đối diện với thanh cái có ba xuất tuyến trở lên (thanh cái D trên hình 4.41b), thì khi ngắt mạch ngoài, nó có thể bị cắt ra bởi vùng 2 và mạch RAR khởi động, tuy nhiên do thanh cái đối diện có thể vẫn có điện (dòng tồn tại một đường dây nối vào thanh cái này không bị cắt) và như vậy đường dây có máy cắt đang xét vẫn có điện, trong trường hợp này mạch RAR sẽ tác động theo điều kiện 3, tức K6 và K7 phải kín mạch.

Mạch DAR:

Mạch DAR khởi động theo tín hiệu khởi động của vùng 1 ($Z1 = 1$) hoặc/và vùng 2 ($Z2 = 1$) thông qua vị trí kín mạch của khoá K3 hoặc/và K4. Mạch DAR cũng có các điều kiện tác động như sau:

Động trực tiếp sau khi khởi động (khóa K8 kín mạch).

Tồn tại điện áp thanh cái UB = 1 nhưng không tồn tại điện áp đường dây UL = 0 (khóa K9 kín mạch)

Tồn tại điện áp đường dây UL = 1 và đồng bộ với điện áp thanh cái S = 1 (khóa K7 kín mạch).

Các điều kiện tác động của mạch DAR được áp dụng như sau:

- Đối với đường dây có nguồn cung cấp từ 1 phía áp dụng điều kiện 1, tức là K8 kín mạch, còn K9 và K10 hở mạch. Tuy nhiên cũng có thể áp dụng điều kiện 2, tức K9 kín mạch còn K8 và K10 hở mạch.

- Đối với đường dây có nguồn cung cấp từ 2 phía, vì một đầu có khả năng được đóng lại bởi mạch RAR, nên mạch DAR luôn phải kiểm tra theo điều kiện 3, tức K10 luôn ở tình trạng kín mạch. Tuy nhiên khi ngắt mạch ở đoạn giữa đường dây thì vùng 1 cả 2 đầu đều tác động, do đó mạch RAR không làm việc, như vậy cần phải có 1 đầu đóng lại máy cắt theo điều kiện 2, tức đầu này phải có K9 và K10 kín mạch.

Phân tích sự hoạt động của sơ đồ:

Dưới đây ta sẽ phân tích sự hoạt động của sơ đồ tăng tốc vùng 2 kết hợp với RAR và DAR ở những vị trí ngắt mạch điển hình trên lưới điện được mô tả trên hình 4.41b.

Ngắt mạch tại N₁:

Khi ngắt mạch tại vị trí N₁ ở đoạn giữa của đường dây BC, hai máy cắt B₂ và C₁ được cắt nhanh bằng vùng 1. Trong trường hợp này, mạch RAR không làm việc nên các máy cắt B₂ và C₁ chỉ có thể tự động đóng lại theo chu trình DAR. Giả thiết máy cắt C₁ có khóa K9 trong sơ đồ DAR đang kín mạch, nó sẽ được đóng lại trước theo điều kiện kiểm tra mất điện áp đường dây ($U_B = 1$ và $U_L = 0$). Nếu sự cố thoát qua C₁ đóng lại thành công, sau đó máy cắt B₂ sẽ được đóng lại theo điều kiện kiểm tra đồng bộ ($U_L = 1$ và $S = 1$). Nếu sự cố duy trì thì máy cắt C₁ sau khi đóng lại sẽ bị cắt một lần nữa (bằng vùng 1) và máy cắt B₂ cũng không đóng lại được do không có tín hiệu đồng bộ. Trong trường hợp này, cả mạch RAR của hai máy cắt C₁ và B₂ không tham gia làm việc nên không đóng lại lần thứ hai được.

Nếu vị trí ngắt mạch tại N, nằm trong phạm vi tác động của vùng 2 tại các máy cắt A₂ và D₁, thì hai máy cắt này cũng được cắt ra cùng với máy cắt B₂ và C₁. Nhưng hai máy cắt này sẽ đóng lại thành công bằng chu trình RAR theo điều kiện kiểm tra mất áp đường dây ($U_B = 1$ và $U_L = 0$). Tiếp theo hai máy cắt B₂ và C₁ sẽ được đóng lại bằng chu trình DAR như đã nêu ở trên.

Ngắt mạch tại N₂:

Khi sự cố xuất hiện tại vị trí N₂ ở đoạn cuối của đường dây BC và giả thiết nó nằm ngoài phạm vi tác động của vùng 1 của sơ đồ bảo vệ tại đầu máy cắt B₂. Tại vị trí ngắt mạch này, máy cắt C₁ sẽ cắt nhanh bằng vùng 1 và máy cắt B₂ sẽ được cắt nhanh bằng vùng 2 tăng tốc. Sau đó, máy cắt B₂ sẽ được đóng lại theo chu trình RAR với điều kiện kiểm tra mất áp đường dây ($U_B = 1$ và $U_L = 0$). Nếu sự cố thoát qua thì máy cắt B₂ sẽ đóng lại thành

Nếu chu trình DAR tại máy cắt C_1 đang được cài đặt theo điều kiện kiểm tra sự đồng bộ (khoá K10 kín mạch và K9 hở mạch) thì máy cắt C_1 sẽ không đóng lại. Lúc đó khoá K9 tại máy cắt B_2 đang kín mạch và nếu khoá K3 của sơ đồ tại máy cắt B_2 cũng kín mạch thì máy cắt B_2 sẽ đóng lại lần thứ hai (tự động đóng lại hai lần) theo chu trình DAR với điều kiện ($U_B = 1$, $U_L = 0$). Nếu B_2 đóng lại thành công thì sẽ kéo theo máy cắt C_1 đóng lại thành công. Nếu sự cố còn duy trì thì máy cắt B_2 sẽ được cắt nhanh bằng mạch TOR. Mạch TOR được khởi động theo chu trình DAR và nếu không có mạch này thì B_2 sẽ cắt với thời gian trễ t_2 của vùng 2 cơ bản (vì vùng 2 cắt nhanh lúc này đã bị khoá).

Nếu chu trình DAR tại máy cắt C_1 đang được cài đặt theo điều kiện kiểm tra sự mất điện áp đường dây (khoá K9 kín mạch) thì mặc dù máy cắt B_2 đã bị cắt ra lần thứ hai nhưng máy cắt C_1 vẫn được đóng trở lại theo chu trình DAR. Sau khi máy cắt C_1 đóng lại nếu sự cố vẫn còn duy trì thì máy cắt C_1 sẽ được cắt nhanh một lần nữa bằng vùng 1 và mạch TOR (nếu có). Nếu máy cắt C_1 đóng lại thành công thì máy cắt B_2 cũng sẽ đóng lại thành công bằng mạch DAR (nếu K3 ở vị trí kín mạch) theo điều kiện kiểm tra sự đồng bộ.

Trong trường hợp này, ta thấy vùng 2 tức thời của bảo vệ khoảng cách tại máy cắt D_1 cũng có thể tác động đi cắt D_1 . Sau khi máy cắt D_1 cắt ra thì nó sẽ được đóng lại thành công theo chu trình của mạch RAR và vùng 2 tức thời của bảo vệ tại đây bị khoá trước khi máy cắt C_1 đóng lại theo chu trình của mạch DAR.

Một vấn đề cần quan tâm trong trường hợp này là giả thiết đường dây AB đủ dài so với CD đến nỗi N_2 cũng nằm trong phạm vi tác động của vùng 2 tại máy cắt A_2 . Lúc này cả hai máy cắt A_2 và B_2 đều được cắt bởi vùng 2 tức thời. Tuy nhiên chỉ có máy cắt A_2 sẽ được đóng lại thành công trước bằng chu trình RAR còn chu trình RAR của máy cắt B_2 tuy có tín hiệu khởi động ($Z_2 = 1$ và $Z_1 = 0$) nhưng bộ tạo thời gian trễ của nó vẫn không làm việc vì tín hiệu điện áp $U_B = 0$ (xem hình 4.41a). Sau khi máy cắt A_2 đóng lại thành công, thì mạch tạo thời gian trễ t_{RAR} của máy cắt B_2 mới được khởi động (lúc này $U_B = 1$) và tác động với thời gian trễ là t_{RAR} đủ để vùng 2 tức thời tại máy cắt A_2 được khoá lại. Thực vậy, đối với lưới điện 110kV và 220kV thường chọn $t_{RAR} = (0,25 - 0,5s)$, còn thời gian cần để khoá vùng 2 tức thời tại máy cắt A_2 lúc này chỉ yêu cầu lớn hơn tổng thời gian làm việc của vùng 2 tức thời (khoảng 30ms) với thời gian cắt của máy cắt (khoảng 40-50ms). Sau khi máy cắt B_2 được đóng lại bằng chu trình RAR, nếu thành công thì máy cắt C_1 sẽ được đóng lặp lại thành công theo chu trình DAR và nếu không thành công thì máy cắt B_2 sẽ được cắt nhanh một lần nữa bằng vùng 2 tức thời và sau đó đường dây BC sẽ được đóng lại lần thứ hai bằng chu trình DAR như đã nêu trên. Ở đây chỉ chú ý trường hợp khoá K9 của máy cắt B_2 đang kín mạch thì chu trình DAR của máy cắt B_2 sẽ đóng lại đường dây BC trước. Nếu sự cố vẫn còn duy trì và các máy cắt không được trang bị mạch TOR thì máy cắt B_2 và A_2 sẽ bị cắt ra đồng thời bằng vùng 2 cơ bản với thời gian trễ là t_2 và thanh cái B sẽ bị mất điện không chọn lọc. Để tránh trường hợp này thì máy cắt B_2 không được để khoá K9 ở vị trí kín mạch hoặc phải trang bị mạch TOR để cắt nhanh sự cố lần thứ ba. Nếu máy cắt A_2 cũng được trang bị mạch TOR thì mạch TOR của nó trong trường hợp này không khởi động vì chu trình DAR của nó không làm việc.

Nhận xét:

Trong trường hợp trên, nếu mạch RAR của máy cắt B_2 chỉ khởi động theo tín hiệu vùng 2 và tín hiệu phủ định của vùng 1 cơ bản ($Z_2 = 1$ và $Z_1 = 0$) mà không sử dụng tín hiệu điện áp thanh cái U_B để khởi động mạch tạo thời gian trễ, lúc đó cả hai máy cắt A_2 và B_2 cùng đóng lại một lúc theo chu trình RAR và sau khi đóng lại thì cả hai máy cắt A_2 và B_2 sẽ lại cùng cắt ra một lúc bởi vùng 2 tức thời nếu sự cố còn duy trì. Sau đó đường dây BC và máy cắt A_2 được đóng lại lần thứ hai theo chu trình DAR như sau:

Nếu khoá K9 của máy cắt A_2 đang kín mạch thì máy cắt A_2 sẽ đóng lại theo chu trình DAR cùng lúc với một trong hai máy cắt B_2 hoặc C_1 (máy cắt có khoá K9 đang kín mạch). Nếu A_2 được đóng lại cùng với C_1 , mà sự cố còn duy trì thì chỉ có máy cắt C_1 cắt nhanh bằng vùng 1 (A_2 không cắt vì B_2 đang hở mạch). Nếu A_2 được đóng lại cùng với B_2

và sự cố vẫn còn duy trì thì cả hai máy cắt A_2 và B_2 đều bị cắt ra trở lại bằng mạch TOR (hoặc vùng 2 cơ bản) và như vậy thanh cái B sẽ mất điện không chọn lọc.

Nếu khoá K9 của máy cắt A_2 đang ở vị trí hở mạch thì một trong hai máy cắt B_2 hoặc C_1 sẽ đóng lại trước cho đường dây BC. Nếu B_2 đóng lại trước thì A_2 và C_1 cũng không đóng lại được vì không có tín hiệu điện áp đường dây và điều này, làm cho đường dây AB, BC và thanh cái B mất điện mặc dù sự cố có thể là bán duy trì. Nếu C_1 đóng lại trước và thành công (sự cố bán duy trì) thì B_2 sẽ đóng lại theo điều kiện ($U_L = 1$ và $U_B = 0$) tiếp theo A_2 sẽ đóng lại theo điều kiện ($U_L = 1$ và $S = 1$). Nếu C_1 đóng lại không thành công thì A_2 và B_2 cũng không đóng lại được và thanh cái B sẽ mất điện không chọn lọc.

Như vậy trong trường hợp phạm vi vùng 2 tại máy cắt A_2 bao phủ lên vùng 2 của máy cắt B_2 , nếu không sử dụng tín hiệu $U_B = 1$ để khởi động mạch tạo thời gian trễ của sơ đồ RAR, ta nên để khoá K9 của máy cắt A_2 và C_1 ở vị trí kín mạch còn khoá K9 của máy cắt B_2 ở vị trí hở mạch. Nhược điểm của giải pháp này là máy cắt A_2 phải cắt và đóng lặp lại hai lần, mặc dầu sự cố xuất hiện trên đường dây BC. Nhưng xác suất của trường hợp này nhỏ, vì chỉ có những sự cố nằm trong phạm vi vùng 2 của A_2 và nằm ngoài phạm vi vùng 1 của B_2 .

Ngắn mạch tại N_3 :

Khi ngắn mạch tại N_3 , giả sử nó nằm ngoài phạm vi tác động của vùng 1 tại máy cắt D_1 , và nằm trong phạm vi tác động của vùng 2 tại máy cắt B_2 . Trong trường hợp này có ba máy cắt cùng cắt là B_2 , C_2 và D_1 , sau đó quá trình thao tác đóng lặp lại diễn ra tương tự như đã nêu trong trường hợp ngắn mạch tại N_4 .

Vấn đề đặt ra ở đây là giả sử N_3 nằm trong phạm vi tác động của vùng 2 của một trong những bảo vệ tại các máy cắt đối diện trực tiếp với thanh cái D (E_1 , F_1 , G_1) và giả sử là tại máy cắt G_1 . Lúc đó máy cắt G_1 cũng tham gia cắt nhưng thanh cái D vẫn có điện (do có nguồn từ thanh cái E và F) và đường dây DG vẫn có tín hiệu điện áp, do đó chu trình RAR tại máy cắt G_1 này phải được đóng theo điều kiện kiểm tra tín hiệu đồng bộ ($U_L = 1$ và $S = 1$), trong trường hợp này thì mạch RAR tại máy cắt D_1 vẫn khởi động bình thường (vì $U_B = 1$) và đóng lại cùng lúc với máy cắt G_1 . Nếu sự cố còn duy trì thì có cả hai máy cắt G_1 và D_1 cùng cắt ra trở lại bằng vùng 2 tức thời và mạch RAR của nó bị khoá lại. Nhưng sau đó máy cắt G_1 , D_1 và C_2 được đóng lặp lại theo chu trình DAR. Để tránh trường hợp máy cắt D_1 và G_1 cùng đóng vào và cùng cắt ra theo vùng 2 cơ bản (hoặc bằng mạch TOR) khi sự cố còn duy trì, ta nên để máy cắt G_1 và C_2 cùng đóng lại trước trong chu trình DAR (khóa K9 của C_2 phải kín mạch). Khi đó nếu sự cố còn duy trì thì C_2 sẽ được cắt ra bằng vùng 1, còn G_1 đóng lại thành công. Nếu sự cố là bán duy trì thì máy cắt D_1 sẽ được đóng lại bằng chu trình DAR theo điều kiện $U_L = 1$ và $S = 1$.

Trong trường hợp trên ta thấy máy cắt G_1 phải cắt 2 lần khi sự cố duy trì hoặc bán duy trì xuất hiện ở trên đường dây DC, nhưng xác suất của tình huống này không lớn vì nó chỉ xảy ra khi ngắn mạch trên đường dây CD nhưng ở ngoài phạm vi vùng 1 của bảo vệ khoảng cách tại máy cắt D_1 . Để tránh nhược điểm này, ta có thể cài đặt chu trình RAR tại D_1 có thời gian trễ lớn hơn chu trình RAR tại máy cắt G_1 .

Ngắn mạch tại N_4 :

Xét ngắn mạch tại N_4 , giả sử nó nằm ngoài phạm vi tác động của vùng 1 tại máy cắt C_2 nhưng nằm trong phạm vi tác động của vùng 2 tại các máy cắt E_1 , F_1 và G_1 . Lúc đó các máy cắt D_1 sẽ cắt nhanh bằng vùng 1, còn C_2 , E_1 , F_1 , và G_1 sẽ cắt nhanh bằng vùng 2 tăng tốc. Sau đó các máy cắt E_1 , F_1 và G_1 có thể đóng lại nhanh cùng lúc với C_2 bằng chu trình RAR. Điều này có thể cho phép vì thời gian đóng lặp bằng chu trình RAR đủ nhanh để các nguồn từ các thanh cái E, F, G tự đồng bộ trở lại với nhau. Nếu sự cố thoáng qua thì máy cắt D_1 sẽ được đóng lại thành công bằng chu trình DAR. Nếu sự cố duy trì thì sau khi đóng lặp lại bằng chu trình RAR, máy cắt C_2 sẽ bị cắt nhanh trở lại bằng vùng 2 tăng tốc (vùng 2 tăng

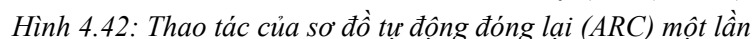
Việc cài đặt các chu trình RAR của các máy cắt E_1, F_1, G_1 và kể cả máy cắt C_2 vừa có thể tác động với điều kiện $U_L = 0$ vừa có thể tác động với điều kiện $U_L = 1, S = 1$ là cần thiết trong trường hợp vị trí ngắn mạch N_4 không nằm trong phạm vi tác động của vùng 2 của một trong các máy cắt E_1, F_1 hoặc G_1 .

Trong mục này sẽ xem xét việc tính toán lựa chọn các đại lượng thời gian của sơ đồ tăng tốc vùng 2 của bảo vệ khoảng cách kết hợp với thiết bị RAR và DAR bao gồm: thời gian chết t_{RAR} của mạch RAR, thời gian chết t_{DAR} của mạch DAR, thời gian trễ và thời gian duy trì của mạch khoá vùng 2 tức thời. Tuy nhiên, trước tiên cần phải xem xét ý nghĩa các đại lượng thời của một chu trình đóng lặp lại.

Trên hình 4.42 chỉ ra trình tự của chu trình tự động đóng lặp lại một lần (khởi động theo tín hiệu bảo vệ rơ le) điển hình, trong đó:

Chu trình đóng cắt của máy cắt khởi đầu từ thời điểm t_1 và kết thúc đóng lại máy cắt ở thời điểm t_9 . Nếu đóng lại không thành công thì máy cắt sẽ tiếp tục thực hiện một quá trình cắt và kết thúc tại thời điểm t_{12} , đồng thời tại thời điểm này máy cắt sẽ bị khoá.

Chu trình của mạch tự động đóng lặp lại sẽ bắt đầu tại thời điểm t_1 và kết thúc tại thời điểm t_{14} .



- Đối với mạch bảo vệ:

Thời gian thao tác (t_{BV}): còn gọi là thời gian bảo vệ, được tính từ thời điểm xuất hiện sự cố đến thời điểm tiếp điểm đầu ra của sơ đồ bảo vệ khép mạch (nếu bảo vệ có rơ le cắt riêng thì thời gian của nó cũng được cộng vào) để cung cấp năng lượng cho cuộn cắt máy cắt.

- Đối với máy cắt:

Thời gian mở (t_{CMC}): tính từ thời điểm cuộn cắt của máy cắt được cấp năng lượng cho đến thời điểm các tiếp điểm của máy cắt bắt đầu tách ra.

Thời gian tồn tại của hồ quang (t_{ARC}): tính từ thời điểm các tiếp điểm của máy cắt bắt đầu tách ra cho đến thời điểm hồ quang sự cố được dập tắt.

Thời gian cắt (t_{CMC}): là tổng của hai thời gian mở và thời gian tồn tại của hồ quang, tức là tính từ thời điểm cuộn cắt máy cắt nhận điện cho tới khi hồ quang sự cố trong buồng cắt máy cắt được dập tắt hoàn toàn.

Thời gian đóng (t_{DMC}): tính từ thời điểm cuộn đóng máy cắt nhận điện cho đến thời điểm các tiếp điểm của máy cắt thông mạch.

Thời gian chết (t_{ARC}): tính từ thời điểm hồ quang sự cố được dập tắt cho đến thời điểm các tiếp điểm của máy cắt bắt đầu khép mạch.

Đối với mạch tự động đóng lặp lại:

Thời gian chết (t_{ARC}): tính từ thời điểm sơ đồ tự động đóng lặp lại nhận được năng lượng khởi động (từ sơ đồ bảo vệ) và thao tác các tiếp điểm đầu ra để cấp năng lượng cho cuộn đóng của máy cắt. Đối với tất cả các sơ đồ đóng lặp tức thời hoặc tốc độ cao, thời gian này được lấy xấp xỉ thời gian chết của máy cắt.

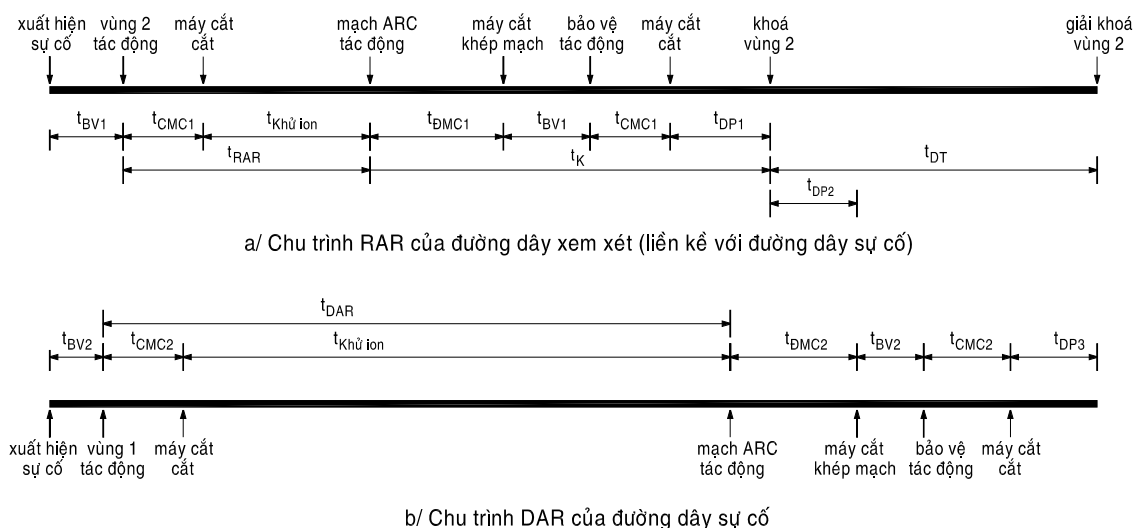
Thời gian xung đóng (t_{ARC}): khoảng thời gian mà tiếp điểm đầu ra của sơ đồ đóng lặp lại kín mạch cho đến khi các tiếp điểm của máy cắt khép mạch hoàn toàn.

Thời gian phục hồi (t_{ARC}): độ là khoảng thời gian tiếp theo sau một thao tác đóng thành công, được tính từ thời điểm tiếp điểm đầu ra của sơ đồ tự động đóng lặp lại khép mạch (để cung cấp năng lượng cho cuộn đóng máy cắt). Thời gian này phải được trôi qua trước khi sơ đồ tự động đóng lặp lại khởi động cho chu trình đóng lặp lại tiếp theo trong trường hợp xuất hiện thêm một sự cố khác.

Thời gian nhiễu loạn hệ thống (t_{ARC}): tính từ thời điểm xuất hiện sự cố cho đến thời điểm các tiếp điểm của máy cắt thông mạch. Thời gian này đôi lúc còn được gọi là thời gian dao động của hệ thống.

Các đại lượng thời gian của sơ đồ:

Hình 4.43 trình bày biểu đồ thời gian của sơ đồ tăng tốc vùng 2 của bảo vệ khoảng cách kết hợp với các thiết bị RAR và DAR.



Hình 4.43: Biểu đồ trình tự thời gian các chu trình RAR và DAR.

Lựa chọn thời gian chết của mạch RAR (t_{RAR}):

Mạch RAR tác động càng nhanh càng tốt, tức là thời gian chết của mạch RAR (t_{RAR}) càng nhỏ càng tốt để nhanh chóng phục hồi sự cung cấp điện, đặc biệt là các động cơ phải đủ sức tự khởi động trở lại. Tuy nhiên tính tác động nhanh của sơ đồ bị hạn chế bởi điều kiện khử ion hoá tại nơi sự cố, nghĩa là thời gian chết phải đủ lớn để phân tán không khí bị

ion hoá tại nơi sự cố. Điều kiện này được thể hiện bởi biểu thức sau đây:

$$t_{\text{khử ion}} < t_{\text{RAR}} - t_{\text{CMC}} < t_{\text{KD}} \quad (4-80)$$

Trong đó:

- ~ $t_{\text{khử ion}}$: thời gian khử ion hoá.
- ~ t_{RAR} : thời gian chết của sơ đồ đóng lặp lại RAR.
- ~ t_{CMC} : thời gian mở của máy cắt.
- ~ t_{KD} : thời gian tự khởi động của các động cơ.

Thời gian khử ion là thời gian cần thiết tiếp sau thời điểm dập hồ quang sự cố của đường dây trên không để đảm bảo phân tán không khí bị ion hoá sao cho hồ quang sẽ không cháy lại khi đường dây được mạng điện trở lại. Nó là một đại lượng ngẫu nhiên, phụ thuộc nhiều yếu tố như cấp điện áp của đường dây, khoảng cách giữa các phần mang điện, dòng điện sự cố, thời gian tồn tại sự cố, tốc độ gió và điều kiện môi trường, điện dung của các phần tử lân cận với phần tử được đóng lặp lại, trong đó cấp điện áp đóng vai trò quan trọng và nói chung cấp điện áp càng cao đòi hỏi thời gian khử ion càng kéo dài. Các số liệu dưới đây để tham khảo:

Cấp điện áp (kV)	Thời gian khử ion tối thiểu (s)
66	0,10
110	0,15
132	0,17
220	0,28
275	0,30
400	0,50

Lựa chọn thời gian trễ (t_K) của bộ khoá vùng 2 tức thời:

Theo nguyên tắc hoạt động của sơ đồ (xem hình 4.41a), ta thấy vùng 2 tức thời tác động đi cắt máy cắt, đồng thời sẽ gửi tín hiệu khởi động mạch RAR. Mạch RAR sau khi thoả mãn điều kiện tác động sẽ gửi tín hiệu đi đóng lại máy cắt, đồng thời gửi tín hiệu đi khoá vùng 2 tức thời. Tuy nhiên việc khoá phải xảy ra sau thời điểm đóng lại máy cắt một khoảng thời gian t_K để đảm bảo vùng 2 cắt nhanh lại máy cắt một lần nữa sự cố duy trì xuất hiện ở cuối đường dây của nó, tức là:

$$t_K \geq t_{\text{ĐMC1}} + t_{\text{BV1}} + t_{\text{CMC1}} + t_{\text{DP1}} \quad (4-81)$$

Trong đó:

- ~ t_K : thời gian trễ của bộ khoá,
- ~ $t_{\text{ĐMC1}}$: thời gian đóng máy cắt (lấy giá trị lớn nhất).
- ~ t_{BV1} : thời gian tác động của vùng 2.
- ~ t_{CMC1} : thời gian cắt máy cắt (lấy giá trị lớn nhất).
- ~ t_{DP1} : thời gian dự phòng (tính đến sai số lớn nhất của các bộ phận tạo thời gian của mạch khoá và mạch bảo vệ).

Theo biểu đồ thời gian của chu trình đóng lặp lại trên hình (4.43) ta thấy việc khoá chỉ cần xảy ra ngay sau khi cuộn cắt của máy cắt tác động. Trong khi theo công thức (4-81), thời gian t_K được tính từ lúc mạch khoá được khởi động (thời điểm mạch RAR gửi tín hiệu đi đóng máy cắt) tới thời điểm máy cắt dập tắt hồ quang khi máy cắt được cắt ra trở lại. Sự khác biệt này là để tăng tính an toàn cho việc cắt lần nữa của vùng 2 tức thời (khi sự cố xuất hiện ở cuối đường dây của nó), đồng thời thuận lợi cho việc tính toán vì thông thường các lý lịch máy cắt chỉ cho biết thời gian t_{CMC} mà không cho biết thời gian thao tác của cuộn cắt.

Lựa chọn thời gian chết (t_{DAR}) của mạch DAR:

Trong việc lựa chọn thời gian trễ của mạch khoá vùng 2 tức thời, một điều kiện nữa nó cần phải thoả mãn là việc khoá phải tác động trước khi máy cắt ở đầu đoạn đường dây liền kề được đóng trở lại theo chu trình DAR khi ngắn mạch xảy ra ở đầu đoạn đường dây liền kề này. Theo biểu đồ thời gian trên hình 4.43 ta có:

$$\begin{aligned} t_{\text{BV2}} + t_{\text{DAR}} + t_{\text{ĐMC2}} &\geq t_{\text{BV1}} + t_{\text{RAR}} + t_K + t_{\text{DP2}} \\ \Rightarrow t_{\text{DAR}} &\geq (t_{\text{BV1}} + t_{\text{RAR}} + t_K) - (t_{\text{BV2}} + t_{\text{ĐMC2}}) + t_{\text{DP2}} \end{aligned} \quad (4-82) \quad (4-83)$$

Trong đó:

Các thông số của đường dây đang xét:

- ~ t_{BV1} : thời gian thao tác của vùng 2 cắt nhanh.
- ~ t_{RAR} : thời gian chết của sơ đồ đóng lặp lại RAR.
- ~ t_K : thời gian khoá bảo vệ vùng 2.
- ~ Các thông số của đường dây liên kề:
 - ~ t_{DAR} : thời gian chết của sơ đồ đóng lặp lại DAR.
 - ~ t_{DMC2} : thời gian đóng của máy cắt.
 - ~ t_{BV2} : thời gian thao tác của vùng 1.
 - ~ t_{DP2} : thời gian dự phòng (tính đến sai số lớn nhất của các bộ phận tạo thời gian trong biểu đồ 4.43b).

Lựa chọn thời gian duy trì (t_{DT}) của mạch khoá vùng 2 tức thời:

Mạch khoá sau khi khoá phải được duy trì thêm một thời gian để đảm bảo chắc chắn khi ngắt mạch ở đầu đoạn đường dây liên kề thì vùng 2 tức thời của nó không tác động mà chỉ có vùng 1 của đường dây liên kề tác động. Muốn vậy phải thoả mãn các biểu thức sau đây:

$$t_{BV1} + t_{RAR} + t_K + t_{DT} \geq 2t_{BV2} + t_{DAR} + t_{DMC2} + t_{CMC2} + t_{DP3} \quad (4-84)$$

$$\Rightarrow t_{DT} \geq (2t_{BV2} + t_{DAR} + t_{DMC2} + t_{CMC2} + t_{DP3}) - (t_{BV1} + t_{RAR} + t_K) \quad (4-85)$$

Trong đó:

- ~ t_{CMC2} : thời gian cắt của máy cắt.
- ~ t_{DP3} : thời gian dự phòng (tính đến sai số lớn nhất của các bộ phận tạo thời gian trong biểu đồ 4.43b, trong đó sai số của mạch bảo vệ được tính đến hai lần).

Để đơn giản hơn, thời gian duy trì tín hiệu khoá của vùng 2 tác động nhanh của đường dây liên kề có thể kết thúc cùng thời điểm với thời gian phục hồi chu trình DAR của máy cắt trên đường dây sự cố (t_{PHDAR}), khi đó ta có:

$$t_{BV1} + t_{RAR} + t_K + t_{DT} = t_{BV2} + t_{DAR} + t_{PHDAR} \quad (4-7)$$

$$\Rightarrow t_{DT} = (t_{BV2} + t_{DAR} + t_{PHDAR}) - (t_{BV1} + t_{RAR} + t_K) \quad (4-8)$$

Nhận xét:

So với bảo vệ khoảng cách có vùng 1 mở rộng thì sơ đồ tăng tốc vùng 2 kết hợp với thiết bị RAR và DAR có ưu điểm là loại trừ nhanh sự cố không những thoáng qua mà kể các sự cố duy trì, đồng thời không có hiện tượng mất điện không chọn lọc.

So với sơ đồ tăng tốc theo thứ tự bằng vùng 1 mở rộng, thì sơ đồ tăng tốc vùng 2 kết hợp với thiết bị RAR và DAR có ưu điểm việc khôi phục sự làm việc của các phần tử khi sự cố thoáng qua nhanh hơn, đồng thời giảm khả năng không đóng lại được của các máy cắt do việc mất động bộ giữa các nguồn.

Về chi phí bảo dưỡng máy cắt thì sơ đồ tăng tốc vùng 2 kết hợp với thiết bị RAR và DAR cao hơn sơ đồ bảo vệ khoảng cách có vùng 1 mở rộng nhưng không đáng kể và thấp hơn sơ đồ tăng tốc theo thứ tự bằng vùng 1 mở rộng. Chi phí bảo dưỡng tăng thêm của hai sơ đồ sau là do có các đường dây có thể đóng lại lần thứ hai đối với các sự cố duy trì và bán duy trì (có xác suất 10 -15%), nhưng đối với sơ đồ tăng tốc vùng 2 kết hợp với RAR và DAR việc đường dây đóng lại lần thứ hai khi sự cố duy trì và bán duy trì chỉ diễn ra khi vị trí ngắt mạch nằm ngoài phạm vi tác động của vùng 1 của bảo vệ khoảng cách ở một đầu đường dây, còn đối với sơ đồ tăng tốc theo thứ tự bằng vùng 1 mở rộng thì bất kỳ vị trí ngắt mạch nào. Mặt khác việc đóng lại đường dây lần thứ hai đối với sơ đồ tăng tốc vùng 2 kết hợp với RAR và DAR có ý nghĩa khôi phục lại sự mang điện của đường dây còn đối với sơ đồ tăng tốc theo thứ tự bằng vùng 1 mở rộng thì không có ý nghĩa đó.

Khuyết điểm của sơ đồ tăng tốc vùng 2 kết hợp với RAR và DAR là cần trang bị hai bộ tự động đóng lặp lại nhưng bù lại là không cần vùng 1 mở rộng. Riêng đối với các rơ le kỹ thuật số ngày nay thì các khuyết điểm trên không có ý nghĩa vì các rơ le khoảng cách thường được chế tạo kèm theo sơ đồ tự động lặp lại nhiều lần. Chẳng hạn các rơ le khoảng cách P441, P442 của hãng ALSTOM có trang bị tự động đóng lặp lại tới 4 lần, còn rơ le khoảng cách 7SA513 của hãng SIEMENS có trang bị tự động đóng lặp lại lên tới 10 lần.