
BẢO VỆ RO'LE VÀ TỰ ĐỘNG HÓA

PGS.TS LÊ KIM HÙNG, THS. ĐOÀN NGỌC MINH TÚ

Chương 1: KHÁI NIỆM VỀ BẢO VỆ ROLE

I. Khái niệm chung:

I.1. Nhiệm vụ của bảo vệ role:

Khi thiết kế và vận hành bất kỳ một hệ thống điện nào cần phải kể đến khả năng phát sinh hư hỏng và các tình trạng làm việc không bình thường trong hệ thống điện ấy. **Ngắn mạch** là loại sự cố có thể xảy ra và nguy hiểm nhất trong hệ thống điện. Hậu quả của ngắn mạch là:

- Trụt thấp điện áp ở một phần lớn của hệ thống điện
- Phá hủy các phần tử bị sự cố bằng tia lửa điện
- Phá hủy các phần tử có dòng ngắn mạch chạy qua do tác động nhiệt và cơ.
- Phá hủy ổn định của hệ thống điện

Ngoài các loại hư hỏng, trong hệ thống điện còn có các **tình trạng việc không bình thường**. Một trong những tình trạng việc không bình thường là quá tải. Dòng điện quá tải làm tăng nhiệt độ các phần dẫn điện quá giới hạn cho phép làm cách điện của chúng bị già cỗi hoặc đôi khi bị phá hủy.

Để ngăn ngừa sự phát sinh sự cố và sự phát triển của chúng có thể thực hiện các biện pháp để cắt nhanh phần tử bị hư hỏng ra khỏi mạng điện, để loại trừ những tình trạng làm việc không bình thường có khả năng gây nguy hiểm cho thiết bị và hộ dùng điện.

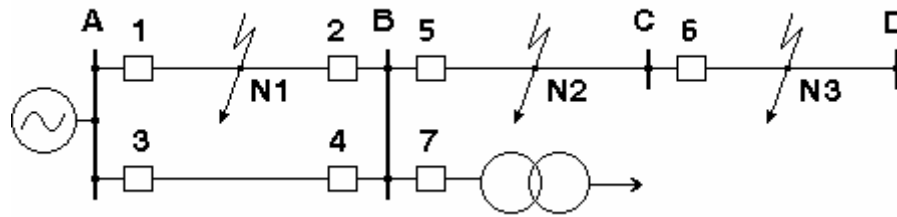
Để đảm bảo sự làm việc liên tục của các phần không hư hỏng trong hệ thống điện cần có những **thiết bị ghi nhận sự phát sinh của hư hỏng với thời gian bé nhất, phát hiện ra phần tử bị hư hỏng và cắt phần tử bị hư hỏng ra khỏi hệ thống điện**. Thiết bị này được thực hiện nhờ những khí cụ tự động có tên gọi là role. Thiết bị bảo vệ được thực hiện nhờ những role được gọi là thiết bị bảo vệ role (BVRL).

Như vậy **nhiệm vụ chính của thiết bị BVRL là tự động cắt phần tử hư hỏng ra khỏi hệ thống điện**. Ngoài ra thiết bị BVRL còn ghi nhận và phát hiện những tình trạng làm việc không bình thường của các phần tử trong hệ thống điện, tùy mức độ mà BVRL có thể tác động đi báo tín hiệu hoặc đi cắt máy cắt. Những thiết bị BVRL phản ứng với tình trạng làm việc không bình thường thường thực hiện tác động sau một thời gian duy trì nhất định (không cần phải có tính tác động nhanh như ở các thiết bị BVRL chống hư hỏng).

I.2. Yêu cầu cơ bản của mạch bảo vệ:

I.2.1. Tính chọn lọc:

Tác động của bảo vệ đảm bảo chỉ cắt phần tử bị hư hỏng ra khỏi hệ thống điện được gọi là **tác động chọn lọc**. Khi có nguồn cung cấp dự trữ cho hộ tiêu thụ, tác động như vậy tạo khả năng cho hộ tiêu thụ tiếp tục được cung cấp điện.



Hình 1.1 : *Cắt chọn lọc trong mạng có một nguồn cung cấp*

Yêu cầu tác động chọn lọc cũng không loại trừ khả năng bảo vệ tác động như là bảo vệ dự trữ trong trường hợp hỏng hóc bảo vệ hoặc máy cắt của các phần tử lân cận.

Cần phân biệt 2 khái niệm chọn lọc:

- Chọn lọc tương đối: theo nguyên tắc tác động của mình, bảo vệ có thể làm việc như là bảo vệ dự trữ khi ngắn mạch phần tử lân cận.
- Chọn lọc tuyệt đối: bảo vệ chỉ làm việc trong trường hợp ngắn mạch ở chính phần tử được bảo vệ.

I.2.2. Tác động nhanh:

Càng cắt nhanh phần tử bị ngắn mạch sẽ càng hạn chế được mức độ phá hoại phần tử đó, càng giảm được thời gian sụt thấp điện áp ở các hộ tiêu thụ và càng có khả năng giữ được ổn định của hệ thống điện.

Để giảm thời gian cắt ngắn mạch cần phải giảm thời gian tác động của thiết bị bảo vệ rơ le. Tuy nhiên trong một số trường hợp để thực hiện yêu cầu tác động nhanh thì không thể thỏa mãn yêu cầu chọn lọc. Hai yêu cầu này đôi khi mâu thuẫn nhau, vì vậy tùy điều kiện cụ thể cần xem xét kỹ càng hơn về 2 yêu cầu này.

I.2.3. Độ nhạy:

Bảo vệ rơ le cần phải đủ độ nhạy đối với những hư hỏng và tình trạng làm việc không bình thường có thể xuất hiện ở những phần tử được bảo vệ trong hệ thống điện.

Thường độ nhạy được đặc trưng bằng hệ số nhạy K_n . Đối với các bảo vệ làm việc theo các đại lượng tăng khi ngắn mạch (ví dụ, theo dòng), hệ số độ nhạy được xác định bằng tỷ số giữa đại lượng tác động tối thiểu (tức dòng ngắn mạch bé nhất) khi ngắn mạch trực tiếp ở cuối vùng bảo vệ và đại lượng đặt (tức dòng khởi động).

$$K_n = \frac{\text{đại lượng tác động tối thiểu}}{\text{đại lượng đặt}}$$

Thường yêu cầu $K_n = 1,5 \div 2$.

I.2.4. Tính bảo đảm:

Bảo vệ phải luôn luôn sẵn sàng khởi động và tác động một cách chắc chắn trong tất cả các trường hợp ngắn mạch trong vùng bảo vệ và các tình trạng làm việc không bình thường đã định trước.

Mặc khác bảo vệ không được tác động khi ngắn mạch ngoài. Nếu bảo vệ có nhiệm vụ dự trữ cho các bảo vệ sau nó thì khi ngắn mạch trong vùng dự trữ bảo vệ này phải khởi động nhưng không được tác động khi bảo vệ chính đặt ở gần chỗ ngắn mạch hơn chưa tác động. Để tăng tính đảm bảo của bảo vệ cần:

- Dùng những rơ le chất lượng cao.
- Chọn sơ đồ bảo vệ đơn giản nhất (số lượng rơ le, tiếp điểm ít)
- Các bộ phận phụ (cực nối, dây dẫn) dùng trong sơ đồ phải chắc chắn, đảm bảo.

- Thường xuyên kiểm tra sơ đồ bảo vệ.

II. Sơ đồ nối các máy biến dòng và role:

II.1. Sơ đồ các BI và role nối theo hình Y hoàn toàn:

Dòng vào mỗi role bằng dòng pha (hình 1.2). Trong chế độ làm việc bình thường hoặc khi ngắn mạch 3 pha thì :

$$\dot{I}_a + \dot{I}_b + \dot{I}_c = 3\dot{I}_0 = 0$$

trong dây trung tính (dây trở về) không có dòng. Nhưng dây trung tính vẫn cần thiết để đảm bảo sự làm việc đúng đắn của sơ đồ khi ngắn mạch chạm đất. Sơ đồ có thể làm việc đối với tất cả các dạng ngắn mạch. Tuy nhiên để chống ngắn mạch một pha $N^{(1)}$ thường dùng những sơ đồ hoàn hảo hơn có bộ lọc dòng thứ tự không LI_0 .

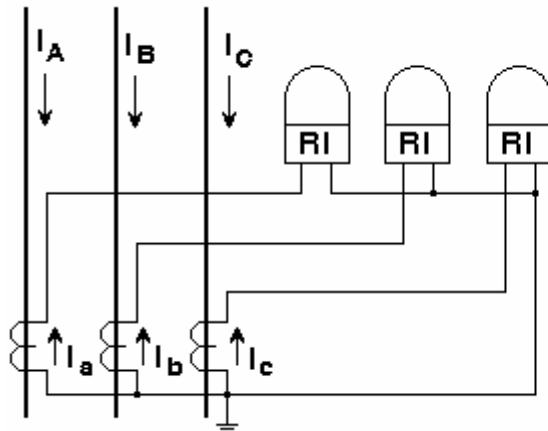
II.2. Sơ đồ các BI và role nối theo hình sao khuyết:

Dòng vào mỗi role bằng dòng pha. Dòng trong dây trở về bằng:

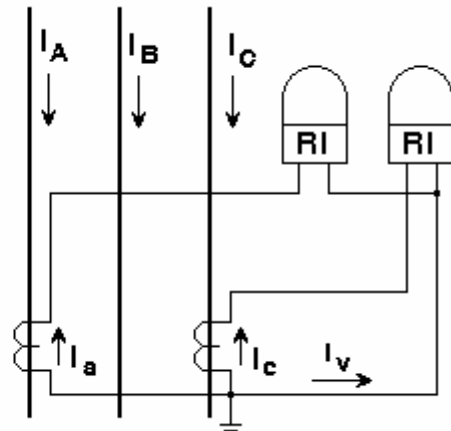
$$\dot{I}_v = -(\dot{I}_a + \dot{I}_c) \text{ hay } \dot{I}_v = \dot{I}_b \text{ (khi không có } I_0)$$

Dây trở về (hình 1.3) cần thiết ngay trong tình trạng làm việc bình thường để đảm bảo cho BI làm việc bình thường. Trong một số trường hợp ngắn mạch giữa các pha (có $I_b \neq 0$) cũng như khi ngắn mạch nhiều pha chạm đất, dây trở về cần thiết để đảm bảo cho bảo vệ tác động đúng.

Khi ngắn mạch 1 pha ở pha không đặt BI sơ đồ không làm việc do vậy sơ đồ chỉ dùng chống ngắn mạch nhiều pha.



Hình 1.2 : Sơ đồ sao hoàn toàn



Hình 1.3 : Sơ đồ sao khuyết

II.3. Sơ đồ 1 role nối vào hiệu dòng 2 pha (số8):

Dòng vào role là hiệu dòng 2 pha (hình 1.4) :

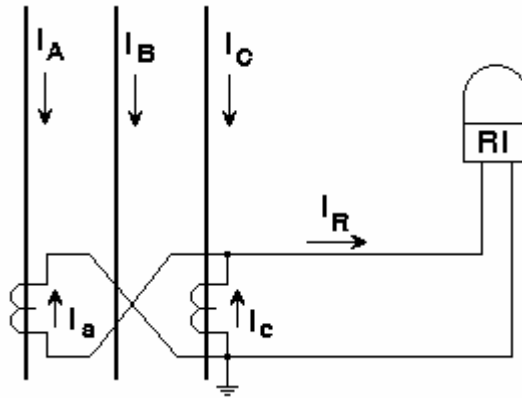
$$\dot{I}_R = \dot{I}_a - \dot{I}_c$$

Trong tình trạng đối xứng thì

$$I_R = \sqrt{3}I_a \text{ . Giống như sơ đồ sao}$$

khuyết, sơ đồ số 8 không làm việc khi ngắn mạch một pha $N^{(1)}$ đúng vào pha không đặt máy biến dòng.

Tất cả các sơ đồ nói trên đều phản ứng với $N^{(3)}$ và ngắn mạch giữa 2 pha bất kỳ (AB, BC, CA). Vì vậy để so sánh tương đối



Hình 1.4 : Sơ đồ số 8

giữa chúng người ta phải xét đến khả năng làm việc của bảo vệ trong một số trường hợp hư hỏng đặc biệt, hệ số độ nhạy, số lượng thiết bị cần thiết và mức độ phức tạp khi thực hiện sơ đồ.

II.4. Khả năng làm việc của các sơ đồ :

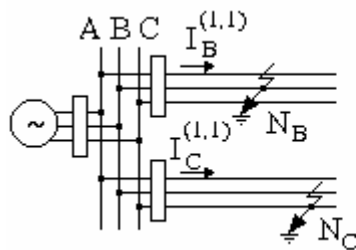
II.4.1. Khi chạm đất:

□ Khi chạm đất 2 pha tại 2 điểm trong các mạng điện hở có dòng chạm đất bé, ví dụ điểm chạm đất thứ nhất N_B trên pha B và điểm chạm đất thứ hai N_C trên pha C (hình 1.5), nếu bảo vệ của các đường dây nối theo *sơ đồ sao hoàn toàn và có thời gian làm việc như nhau thì chúng sẽ tác động, cả 2 đường dây đều bị cắt ra.*

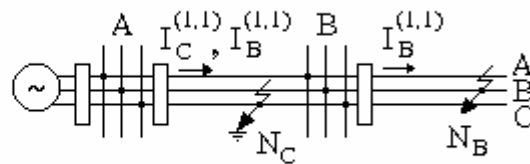
Nếu các bảo vệ nối theo *sơ đồ Y khuyết hay số 8* (BI đặt ở 2 pha A & C) thì chỉ có *một đường dây bị cắt.*

Để bảo vệ có thể tác động một cách hợp lí, BI phải đặt ở các pha cùng tên nhau (ví dụ A, C).

□ Khi xuất hiện hư hỏng trên hai đoạn kề nhau của đường dây hình tia (hình 1.6), nếu các bảo vệ *nối Y hoàn toàn thì đoạn xa nguồn hơn sẽ bị cắt vì có thời gian bé hơn.* Nếu *nối Y khuyết hay số 8* thì *đoạn gần nguồn hơn bị cắt ra*, điều đó không hợp lí.



Hình 1.5 : Chạm đất kép trên các đường dây khác nhau



Hình 1.6 : Chạm đất kép trên hai đoạn nối tiếp nhau của đường dây

II.4.2. Khi ngắn mạch hai pha sau máy biến áp nối Y/ Δ hoặc Δ /Y và ngắn mạch 1 pha sau máy biến áp nối Y/ Y_0 :

Khi ngắn mạch 2 pha sau máy biến áp nối Y/ Δ -11, sự phân bố dòng hư hỏng trong các pha như trên hình 1.7 (giả thiết máy biến áp có tỷ số biến đổi $n_B = 1$). Dòng của 1 pha

(pha B, khi ngắn mạch 2 pha ở pha A,B) bằng $\frac{2}{\sqrt{3}} I_N^{(2)}$, dòng ở hai pha kia (A và C) trùng pha nhau và bằng $\frac{1}{\sqrt{3}} I_N^{(2)}$. Đối với máy biến áp nối Δ/Y , phân bố dòng ở các pha cũng tương tự như vậy.

Phân tích sự làm việc của các bảo vệ trong trường hợp hư hỏng nói trên ta thấy:

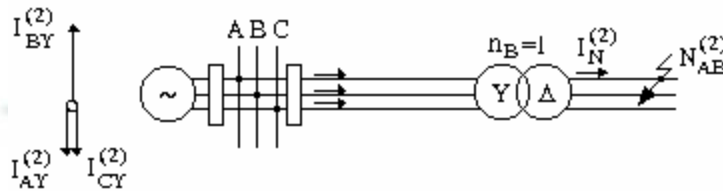
□ Bảo vệ nối theo sơ đồ sao hoàn toàn luôn luôn làm việc vì có dòng ngắn mạch lớn qua một trong các role của bảo vệ.

□ Bảo vệ nối theo sơ đồ hình sao khuyết với BI đặt ở các pha có dòng bằng $\frac{1}{\sqrt{3}} I_N^{(2)}$

thì có độ nhạy giảm đi 2 lần so với sơ đồ sao hoàn toàn.

□ Bảo vệ dùng 1 role nối vào hiệu dòng 2 pha trong trường hợp này sẽ không làm việc, bởi vì dòng trong nó $I_R = I_a - I_c = 0$. Tất nhiên điều này xảy ra ở 1 trong 3 trường hợp $N^{(2)}$ có thể có sau máy biến áp đang xét.

Khi ngắn mạch 1 pha sau máy biến áp nối Y/Y_0 ta cũng có quan hệ tương tự.



Hình 1.7: Ngắn mạch giữa 2 pha sau máy biến áp có tổ nối dây $Y/\Delta-11$

III. Các phần tử chính của bảo vệ:

Trường hợp chung thiết bị bảo vệ role bao gồm các phần tử cơ bản sau : các cơ cấu chính và phần logic.

Các cơ cấu chính kiểm tra tình trạng làm việc của đối tượng được bảo vệ, thường phản ứng với các đại lượng điện. Chúng thường khởi động không chậm trễ khi tình trạng làm việc đó bị phá hủy. Như vậy các cơ cấu chính có thể ở trong hai trạng thái: *khởi động* và *không khởi động*. Hai trạng thái đó của các cơ cấu chính tương ứng với những trị số nhất định của xung tác động lên phần logic của bảo vệ.

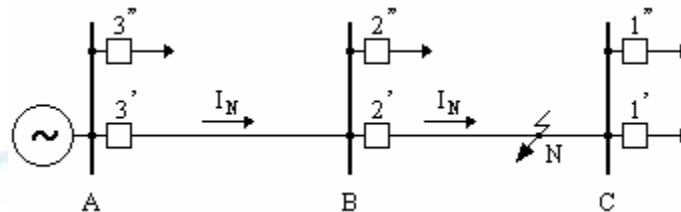
Khi bảo vệ làm việc phần logic nhận xung từ các cơ cấu chính, tác động theo tổ hợp và thứ tự của các xung. Kết quả của tác động này hoặc là làm cho bảo vệ khởi động kèm theo việc phát xung đi cắt máy cắt và báo tín hiệu hoặc là làm cho bảo vệ không khởi động.

Chương 2: BẢO VỆ DÒNG ĐIỆN CỰC ĐẠI

I. Nguyên tắc tác động:

Bảo vệ dòng điện cực đại là loại bảo vệ phản ứng với dòng trong phần tử được bảo vệ. Bảo vệ sẽ tác động khi dòng điện qua chỗ đặt thiết bị bảo vệ tăng quá một giá trị định trước nào đó.

Ví dụ khảo sát tác động của các bảo vệ dòng điện cực đại đặt trong mạng hình tia có 1 nguồn cung cấp (hình 2.1), các thiết bị bảo vệ được bố trí về phía nguồn cung cấp của tất cả các đường dây. Mỗi đường dây có 1 bảo vệ riêng để cắt hư hỏng trên chính nó và trên thanh góp của trạm ở cuối đường dây.



Hình 2.1: Bố trí các bảo vệ dòng điện cực đại trong mạng hình tia có 1 nguồn cung cấp

Dòng khởi động của bảo vệ I_{KD} , tức là dòng nhỏ nhất đi qua phần tử được bảo vệ mà có thể làm cho bảo vệ khởi động, cần phải lớn hơn dòng phụ tải cực đại của phần tử được bảo vệ để ngăn ngừa việc cắt phần tử khi không có hư hỏng.

Có thể đảm bảo khả năng tác động chọn lọc của các bảo vệ bằng 2 phương pháp khác nhau về nguyên tắc:

□ **Phương pháp thứ nhất** - bảo vệ được thực hiện có thời gian làm việc càng lớn khi bảo vệ càng đặt gần về phía nguồn cung cấp. Bảo vệ được thực hiện như vậy được gọi là **BV dòng điện cực đại làm việc có thời gian**.

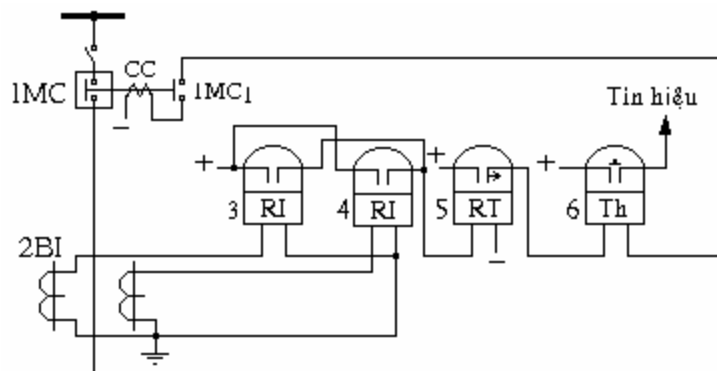
□ **Phương pháp thứ hai** - dựa vào tính chất: dòng ngắn mạch đi qua chỗ nối bảo vệ sẽ giảm xuống khi hư hỏng càng cách xa nguồn cung cấp. Dòng khởi động của bảo vệ I_{KD} được chọn lớn hơn trị số lớn nhất của dòng trên đoạn được bảo vệ khi xảy ra ngắn mạch ở đoạn kề (cách xa nguồn hơn). Nhờ vậy bảo vệ có thể tác động chọn lọc không thời gian. Chúng được gọi là **bảo vệ dòng điện cắt nhanh**.

Các bảo vệ dòng điện cực đại làm việc có thời gian chia làm hai loại tương ứng với **đặc tính thời gian độc lập** và **đặc tính thời gian phụ thuộc có giới hạn**. Bảo vệ có đặc tính thời gian độc lập là loại bảo vệ có thời gian tác động không đổi, không phụ thuộc vào trị số của dòng điện qua bảo vệ. Thời gian tác động của bảo vệ có đặc tính thời gian phụ thuộc giới hạn, phụ thuộc vào dòng điện qua bảo vệ khi bội số của dòng đó so với dòng I_{KD} tương đối nhỏ và ít phụ thuộc hoặc không phụ thuộc khi bội số này lớn.

** Các bộ phận chính của BV dòng cực đại:

Bảo vệ dòng cực đại có hai bộ phận chính: Bộ phận khởi động (ví dụ, sơ đồ bảo vệ như hình 2.2, bộ phận khởi động là các rơle dòng 3RI và 4RI) và bộ phận tạo thời gian làm việc (rơle thời gian 5RT). Bộ phận khởi động phản ứng với các hư hỏng và tác động đến

bộ phận tạo thời gian. Bộ phận tạo thời gian làm nhiệm vụ tạo thời gian làm việc đảm bảo cho bảo vệ tác động một cách có chọn lọc. Các role dòng điện được nối vào phía thứ cấp của BI theo sơ đồ thích hợp (xem mục II - chương 1).



Hình 2.2 : Sơ đồ nguyên lý của bảo vệ dòng cực đại

II. Bảo vệ dòng cực đại làm việc có thời gian:

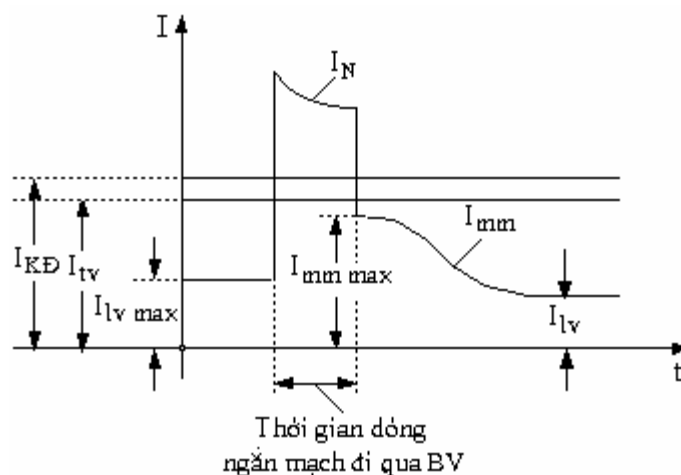
II.1. Dòng khởi động của BV:

Theo nguyên tắc tác động, dòng khởi động I_{KD} của bảo vệ **phải lớn hơn dòng điện phụ tải cực đại qua chỗ đặt bảo vệ**, tuy nhiên trong thực tế việc chọn I_{KD} còn phụ thuộc vào nhiều điều kiện khác.

Để xác định dòng khởi động ta xét sơ đồ mạng điện trên hình 2.1, giả sử chọn I_{KD} cho bảo vệ 3' đặt ở đầu đoạn đường dây AB, trước hết ta khảo sát trạng thái của nó khi hư hỏng ở điểm N trên đoạn BC kề phía sau nó (tính từ nguồn cung cấp).

Khi các bảo vệ làm việc đúng thì trong trường hợp này máy cắt của đoạn hư hỏng BC sẽ bị cắt ra. Bảo vệ 3' của đoạn không hư hỏng AB có thời gian lớn hơn sẽ không kịp tác động và cần phải trở về vị trí ban đầu của mình. Nhưng điều này sẽ xảy ra nếu dòng trở về của bảo vệ I_{TV} lớn hơn trị số tính toán của dòng mở máy I_{mmt} (hình 2.3) đi qua đoạn AB đến các hộ tiêu thụ của trạm B. Dòng I_{TV} là dòng sơ cấp lớn nhất mà ở đó bảo vệ trở về vị trí ban đầu. Để an toàn, lấy trị số tính toán của dòng mở máy $I_{mmt} = I_{mmtmax}$, như vậy điều kiện để đảm bảo chọn lọc là: $I_{TV} > I_{mmtmax}$.

Khi xác định dòng I_{mmtmax} cần phải chú ý là đường dây BC đã bị cắt ra, còn các động cơ nối ở trạm B đã bị hãm lại do điện áp giảm thấp khi ngắn mạch và khi điện áp được khôi phục dòng mở máy của chúng tăng lên rất cao. Vì vậy dòng I_{mmtmax} thường lớn hơn nhiều so với dòng phụ tải cực đại I_{lvmax} . Đưa vào hệ số mở máy k_{mm} để tính đến dòng mở máy của các động cơ ở trạm B và việc cắt phụ tải của trạm C. Ta có $I_{mmtmax} = k_{mm} \cdot I_{lvmax}$.



Hình 2.3 : Đồ thị đặc trưng trạng thái của bảo vệ khi ngắn mạch ngoài

Sai số của dòng trở về của bảo vệ và các tính toán không chính xác... được kể đến bởi hệ số an toàn $k_{at} > 1$ (vào khoảng 1,1 ÷ 1,2). Từ điều kiện đảm bảo sự trở về của bảo vệ đoạn AB, có thể viết :

$$I_{tv} = k_{at} \cdot k_{mm} \cdot I_{lvmax} \quad (2.1)$$

Tỉ số giữa dòng trở về của role (hoặc của bảo vệ) đối với dòng khởi động của role (hoặc của bảo vệ) gọi là hệ số trở về k_{tv} .

$$k_{tv} = \frac{I_{tv}}{I_{K\hat{A}}} \quad (2.2)$$

$$\text{Nhu vậy: } I_{K\hat{A}} = \frac{k_{at} \cdot k_{mm}}{k_{tv}} \cdot I_{lvmax} \quad (2.3)$$

Các role lí tưởng có hệ số trở về $k_{tv} = 1$; thực tế luôn luôn có $k_{tv} < 1$.

Dòng khởi động $I_{K\hat{D}R}$ của role khác với dòng khởi động $I_{K\hat{D}}$ của bảo vệ do hệ số biến đổi n_l của BI và sơ đồ nối dây giữa các role dòng và BI.

Trong một số sơ đồ nối role, dòng đi vào role không bằng dòng thứ cấp của các BI. Ví dụ như khi nối role vào hiệu dòng 2 pha, dòng vào role $I_R^{(3)}$ trong tình trạng đối xứng bằng $\sqrt{3}$ lần dòng thứ cấp $I_T^{(3)}$ của BI. Sự khác biệt của dòng trong role trong tình trạng đối xứng và dòng thứ cấp BI được đặc trưng bằng hệ số sơ đồ:

$$k_{s\hat{a}}^{(3)} = \frac{I_R^{(3)}}{I_T^{(3)}} \quad (2.4)$$

$$\text{Kê đến hệ sơ đồ, có thể viết: } I_{K\hat{A}R} = k_{s\hat{a}}^{(3)} \frac{I_{K\hat{A}}}{n_l} \quad (2.5)$$

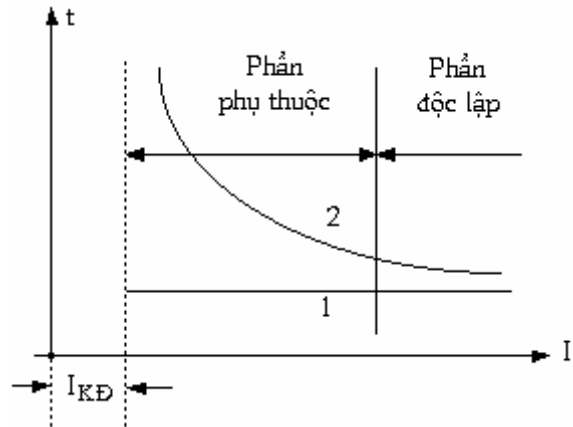
$$\text{Do vậy: } I_{K\hat{A}R} = \frac{k_{at} k_{mm} k_{s\hat{a}}^{(3)}}{k_{tv} n_l} I_{lvmax} \quad (2.6)$$

II.2. Thời gian làm việc:

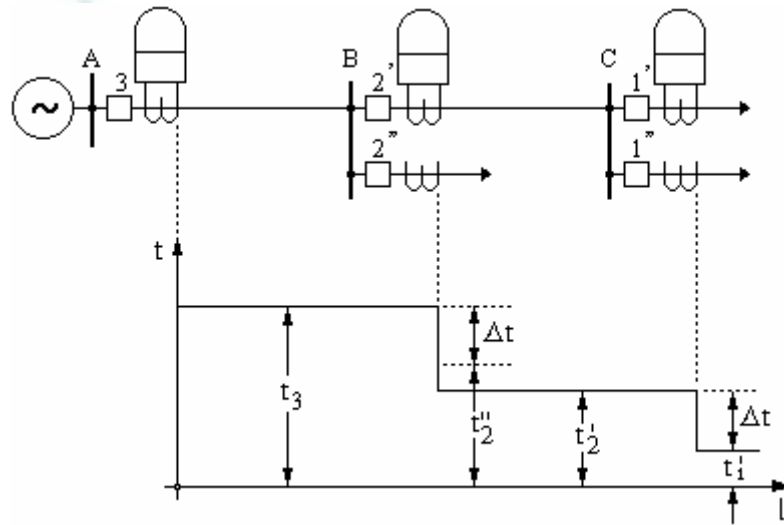
II.2.1. Bảo vệ có đặc tính thời gian độc lập:

Thời gian làm việc của bảo vệ có đặc tính thời gian độc lập (hình 2.4) được chọn theo nguyên tắc bậc thang (từng cấp), làm thế nào để cho bảo vệ đoạn sau gần nguồn hơn có thời gian làm việc lớn hơn thời gian làm việc lớn nhất của các bảo vệ đoạn trước một bậc chọn lọc về thời gian Δt .

Xét sơ đồ mạng như hình 2.5, việc chọn thời gian làm việc của các bảo vệ được bắt đầu từ bảo vệ của đoạn đường dây xa nguồn cung cấp nhất, tức là từ các bảo vệ 1' và 1'' ở trạm C. Giả thiết thời gian làm việc của các bảo vệ này đã biết, tương ứng là t_1' và t_1'' .



Hình 2.4 : Các dạng đặc tính thời gian của bảo vệ dòng cực đại
1- độc lập; 2- phụ thuộc



Hình 2.5 : Phối hợp đặc tính thời gian độc lập của các bảo vệ dòng cực đại

Thời gian làm việc t_2' của bảo vệ 2' tại trạm B được chọn lớn hơn thời gian làm việc lớn nhất của các bảo vệ tại trạm C một bậc Δt . Nếu $t_1' > t_1''$ thì $t_2' = t_1' + \Delta t$.

Thời gian làm việc t_3 của bảo vệ 3 ở trạm A cũng tính toán tương tự, ví dụ nếu có $t_2'' > t_2'$ thì $t_3 = t_2'' + \Delta t$.

Trường hợp tổng quát, đối với bảo vệ của đoạn thứ n thì:

$$t_n = t_{(n-1)\max} + \Delta t \quad (2.7)$$

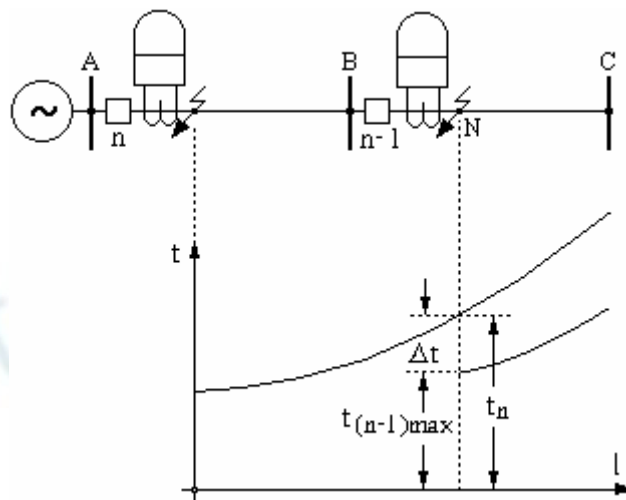
trong đó: $t_{(n-1)\max}$ - thời gian làm việc lớn nhất của các bảo vệ ở đoạn thứ $n-1$ (xa nguồn hơn đoạn thứ n).

II.2.2. Bảo vệ có đặc tính thời gian phụ thuộc có giới hạn:

Khi chọn thời gian làm việc của các bảo vệ có đặc tính thời gian phụ thuộc có giới hạn (hình 2.4) có thể có 2 yêu cầu khác nhau do giá trị của bội số dòng ngắn mạch ở cuối đoạn được bảo vệ so với dòng khởi động :

1. Khi bội số dòng lớn, bảo vệ làm việc ở phần độc lập của đặc tính thời gian: lúc ấy thời gian làm việc của các bảo vệ được chọn giống như đối với bảo vệ có đặc tính thời gian độc lập.

2. Khi bội số dòng nhỏ, bảo vệ làm việc ở phần phụ thuộc của đặc tính thời gian: trong trường hợp này, sau khi phối hợp thời gian làm việc của các bảo vệ kề nhau có thể giảm được thời gian cắt ngắn mạch.



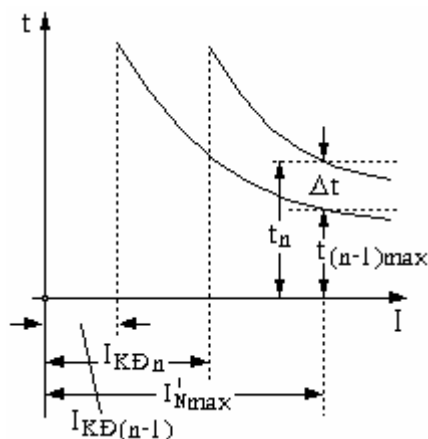
Hình 2.6 : Phối hợp các đặc tính của bảo vệ dòng cực đại có đặc tính thời gian phụ thuộc giới hạn.

N : Điểm ngắn mạch tính toán

Xét sơ đồ mạng hình 2.6, đặc tính thời gian của bảo vệ thứ n trên đoạn AB được lựa chọn thế nào để nó có thời gian làm việc là t_n lớn hơn thời gian $t_{(n-1)max}$ của bảo vệ thứ $(n-1)$ trên đoạn BC một bậc Δt khi ngắn mạch ở điểm tính toán - đầu đoạn kề BC - gây nên dòng ngắn mạch ngoài lớn nhất có thể có I'_{Nmax} . Từ thời gian làm việc tìm được khi ngắn mạch ở điểm tính toán có thể tiến hành chỉnh định bảo vệ và tính được thời gian làm việc đối với những vị trí và dòng ngắn mạch khác.

Ngắn mạch càng gần nguồn dòng ngắn mạch càng tăng, vì vậy khi ngắn mạch gần thanh góp trạm A thời gian làm việc của bảo vệ đường dây AB giảm xuống và trong một số trường hợp có thể nhỏ hơn so với thời gian làm việc của bảo vệ đường dây BC .

Khi lựa chọn các đặc tính thời gian phụ thuộc thường người ta tiến hành vẽ chúng trong hệ tọa độ vuông góc (hình 2.7), trục hoành biểu diễn dòng trên đường dây tính đối về cùng một cấp điện áp của hệ thống được bảo vệ, còn trục tung là thời gian.



Hình 2.7 : Phối hợp đặc tính thời gian làm việc phụ thuộc có giới hạn của các bảo vệ dòng cực đại trong hệ tọa độ dòng - thời gian.

Dùng bảo vệ có đặc tính thời gian phụ thuộc có thể giảm thấp dòng khởi động so với bảo vệ có đặc tính thời gian độc lập vì hệ số mở máy k_{mm} có thể giảm nhỏ hơn. Điều này giải thích như sau: sau khi cắt ngắn mạch, dòng I_{mm} đi qua các đường dây không hư hỏng sẽ giảm xuống rất nhanh và bảo vệ sẽ không kịp tác động vì thời gian làm việc tương ứng với trị số của dòng I_{mm} (thường gần bằng I_{KD} của bảo vệ) là tương đối lớn.

Nhược điểm của bảo vệ có đặc tính thời gian phụ thuộc là :

- Thời gian cắt ngắn mạch tăng lên khi dòng ngắn mạch gần bằng dòng khởi động (ví dụ, khi ngắn mạch qua điện trở quá độ lớn hoặc ngắn mạch trong tình trạng làm việc cực tiểu hệ thống).
- Đôi khi sự phối hợp các đặc tính thời gian tương đối phức tạp.

II.2.3. Bậc chọn lọc về thời gian:

Bậc chọn lọc về thời gian Δt trong biểu thức (2.7) xác định hiệu thời gian làm việc của các bảo vệ ở 2 đoạn kề nhau $\Delta t = t_n - t_{(n-1)max}$. Khi chọn Δt cần xét đến những yêu cầu sau :

- Δt cần phải bé nhất để giảm thời gian làm việc của các bảo vệ gần nguồn.
- Δt cần phải thế nào để hư hỏng ở đoạn thứ (n-1) được cắt ra trước khi bảo vệ của đoạn thứ n (gần nguồn hơn) tác động.

Δt của bảo vệ đoạn thứ n cần phải bao gồm những thành phần sau :

- * Thời gian cắt $t_{MC(n-1)}$ của máy cắt đoạn thứ (n-1).
- * Tổng giá trị tuyệt đối của sai số dương $\max t_{ss(n-1)}$ của bảo vệ đoạn thứ n và của sai số âm $\max t_{ssn}$ của bảo vệ đoạn thứ n (có thể bảo vệ thứ n tác động sớm)
- * Thời gian sai số do quán tính t_{qm} của bảo vệ đoạn thứ n.
- * Thời gian dự trữ t_{dt} .

$$\text{Tóm lại:} \quad \Delta t = t_{MC(n-1)} + t_{ss(n-1)} + t_{ssn} + t_{qm} + t_{dt} \quad (2.8)$$

Thường Δt vào khoảng 0,25 - 0,6sec.

II.3. Độ nhạy của bảo vệ:

Độ nhạy của bảo vệ dòng max đặc trưng bằng hệ số độ nhạy K_n . Trị số của nó được xác định bằng tỉ số giữa dòng qua role I_R khi ngắn mạch trực tiếp ở cuối vùng bảo vệ và dòng khởi động role $I_{K\Delta R}$.

$$K_n = \frac{I_R}{I_{K\Delta R}} \quad (2.9)$$

Dạng ngắn mạch tính toán là dạng ngắn mạch gây nên trị số K_n nhỏ nhất.

Để đảm bảo cho bảo vệ tác động khi ngắn mạch qua điện trở quá độ, dựa vào kinh nghiệm vận hành người ta coi rằng trị số nhỏ nhất cho phép là $K_{n\min} \approx 1,5$. Khi K_n nhỏ hơn trị số nêu trên thì nên tìm cách dùng một sơ đồ nối role khác đảm bảo độ nhạy của bảo vệ lớn hơn. Nếu biện pháp này không đem lại kết quả khả quan hơn thì cần phải áp dụng các bảo vệ khác nhạy hơn.

Trường hợp tổng quát, yêu cầu đối với bảo vệ đặt trong mạng là phải tác động không những khi hư hỏng trên chính đoạn được nó bảo vệ, mà còn phải tác động cả khi hư hỏng ở đoạn kề nếu bảo vệ hoặc máy cắt của đoạn kề bị hỏng hóc (yêu cầu dự trữ cho bảo vệ của đoạn kề). Trong trường hợp này khi ngắn mạch trực tiếp ở cuối đoạn kề, hệ số độ nhạy không được nhỏ hơn 1,2.

Để so sánh độ nhạy của một sơ đồ bảo vệ ở những dạng ngắn mạch khác nhau người ta còn dùng hệ số độ nhạy tương đối $K_{ntđ}$, đo là tỷ số giữa K_n ở dạng ngắn mạch đang khảo sát với $K_n^{(3)}$ khi ngắn mạch 3 pha với điều kiện là dòng ngắn mạch có giá trị như nhau:

$$K_{ntđ} = \frac{K_n}{K_n^{(3)}} = \frac{I_R}{I_R^{(3)}} \quad (2.10)$$

Trong đó I_R và $I_R^{(3)}$ là dòng qua role ở dạng ngắn mạch khảo sát và $I_R^{(3)}$ khi dòng ngắn mạch sơ cấp có giá trị như nhau.

III. Đánh giá bảo vệ dòng cực đại làm việc có thời gian:

III.1. Tính chọn lọc:

Bảo vệ dòng cực đại chỉ đảm bảo được tính chọn lọc trong các mạng hình tia có một nguồn cung cấp bằng cách chọn thời gian làm việc theo nguyên tắc bậc thang tăng dần theo hướng từ xa đến gần nguồn. Khi có 2 nguồn cung cấp, yêu cầu chọn lọc không được thỏa mãn cho dù máy cắt và bảo vệ được đặt ở cả 2 phía của đường dây.

III.2. Tác động nhanh:

Càng gần nguồn thời gian làm việc của bảo vệ càng lớn. Ở các đoạn gần nguồn cần phải cắt nhanh ngắn mạch để đảm bảo sự làm việc liên tục của phần còn lại của hệ thống điện, trong khi đó thời gian tác động của các bảo vệ ở các đoạn này lại lớn nhất. Thời gian tác động chọn theo nguyên tắc bậc thang có thể vượt quá giới hạn cho phép.

III.3. Độ nhạy:

Độ nhạy của bảo vệ bị hạn chế do phải chọn dòng khởi động lớn hơn dòng làm việc cực đại $I_{lv\max}$ có kể đến hệ số mở máy k_{mm} của các động cơ. Khi ngắn mạch trực tiếp ở cuối đường dây được bảo vệ, độ nhạy yêu cầu là $\geq 1,5$ (khi làm nhiệm vụ bảo vệ chính). Độ nhạy như vậy trong nhiều trường hợp được đảm bảo. Tuy nhiên khi công suất nguồn thay đổi nhiều, cũng như khi bảo vệ làm nhiệm vụ dự trữ trong trường hợp ngắn mạch ở đoạn kề, độ nhạy có thể không đạt yêu cầu. Độ nhạy yêu cầu của bảo vệ khi làm nhiệm vụ dự trữ là $\geq 1,2$

III.4. Tính đảm bảo:

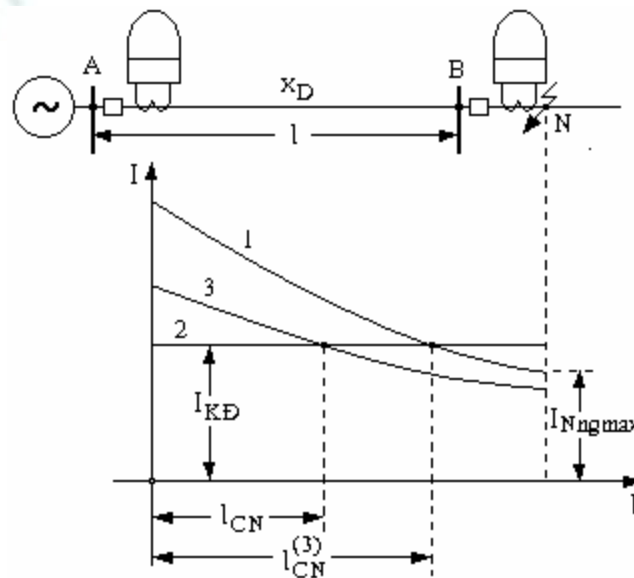
Theo nguyên tắc tác động, cách thực hiện sơ đồ, số lượng tiếp điểm trong mạch thao tác và loại rơle sử dụng, bảo vệ dòng cực đại được xem là loại bảo vệ đơn giản nhất và làm việc khá đảm bảo.

Do những phân tích trên, bảo vệ dòng cực đại được áp dụng rộng rãi trong các mạng phân phối hình tia điện áp từ 35KV trở xuống có một nguồn cung cấp nếu thời gian làm việc của nó nằm trong giới hạn cho phép. Đối với các đường dây có đặt kháng điện ở đầu đường dây, có thể áp dụng bảo vệ dòng cực đại được vì khi ngắn mạch dòng không lớn lắm, điện áp dư trên thanh góp còn khá cao nên bảo vệ có thể làm việc với một thời gian tương đối lớn vẫn không ảnh hưởng nhiều đến tình trạng làm việc chung của hệ thống điện.

IV. Bảo vệ dòng cắt nhanh:

IV.1. Nguyên tắc làm việc:

Bảo vệ dòng cắt nhanh (BVCN) là loại bảo vệ **đảm bảo tính chọn lọc bằng cách chọn dòng khởi động lớn hơn dòng ngắn mạch lớn nhất qua chỗ đặt bảo vệ khi hư hỏng ở ngoài phần tử được bảo vệ**, BVCN thường làm việc không thời gian hoặc có thời gian rất bé để nâng cao nhạy và mở rộng vùng BV.



Hình 2.15 : Đồ thị tính toán bảo vệ dòng cắt nhanh không thời gian đối với đường dây có nguồn cung cấp một phía

Xét sơ đồ mạng trên hình 2.15, BVCN đặt tại đầu đường dây AB về phía trạm A. Để bảo vệ không khởi động khi ngắn mạch ngoài (trên các phần tử nối vào thanh góp trạm B), dòng điện khởi động $I_{KĐ}$ của bảo vệ cần chọn lớn hơn dòng điện lớn nhất đi qua đoạn AB khi ngắn mạch ngoài. Điểm ngắn mạch tính toán là N nằm gần thanh góp trạm B phía sau máy cắt.

$$I_{KĐ} = k_{at} \cdot I_{Nngmax} \quad (2.13)$$

Trong đó :

I_{Nngmax} : Là dòng ngắn mạch lớn nhất khi ngắn mạch ngoài vùng bảo vệ (thường là dòng $N^{(3)}$)

k_{at} : hệ số an toàn; xét tới ảnh hưởng của thành phần không chu kỳ, việc tính toán không chính xác dòng ngắn mạch và sai số của role. Thường $k_{at} = 1,2 \div 1,3$.

Không kể đến k_{tv} vì khi ngắn mạch ngoài bảo vệ không khởi động.

IV.2. Vùng tác động của BV:

Khi hư hỏng càng gần thanh góp trạm A thì dòng điện ngắn mạch sẽ càng tăng theo đường cong 1 (hình 2.15). Vùng bảo vệ cắt nhanh l_{CN} được xác định bằng hoành độ của giao điểm giữa đường cong 1 và đường thẳng 2 (đường thẳng 2 biểu diễn dòng điện khởi động I_{KD}). Vùng $l_{CN}^{(3)}$ chỉ chiếm một phần chiều dài của đường dây được bảo vệ. Dòng ngắn mạch không đối xứng thường nhỏ hơn dòng khi ngắn mạch 3 pha. Vì vậy, đường cong I_N (đường cong 3) đối với các dạng ngắn mạch không đối xứng trong tình trạng cực tiểu của hệ thống có thể nằm rất thấp so với đường cong 1; vùng bảo vệ $l_{CN} < l_{CN}^{(3)}$, trong một số trường hợp l_{CN} có thể giảm đến 0.

IV.3. BVCN cho đường dây có 2 nguồn cung cấp:

Bảo vệ cắt nhanh còn có thể dùng để bảo vệ các đường dây có hai nguồn cung cấp. Trên hình 2.16, giả thiết BVCN được đặt ở cả 2 phía của đường dây AB. Khi ngắn mạch ngoài tại điểm N_A thì dòng ngắn mạch lớn nhất chạy qua các BVCN là $I_{NngmaxB}$ theo hướng từ thanh góp B vào đường dây. Khi ngắn mạch ngoài tại điểm N_B thì dòng ngắn mạch lớn nhất chạy qua các BVCN là $I_{NngmaxA}$ theo hướng từ thanh góp A vào đường dây. Để bảo vệ cắt nhanh không tác động nhầm khi ngắn mạch ngoài, cần phải chọn $I_{KD} > I_{Nngmax}$. Trong trường hợp đang xét (hình 2.16), $I_{NngmaxA} > I_{NngmaxB}$, vì vậy dòng tính toán $I_{Nngmax} = I_{NngmaxA}$. Dòng điện khởi động của bảo vệ chọn giống nhau cho cả hai phía:

$$I_{KD} = k_{at} \cdot I_{NngmaxA}$$

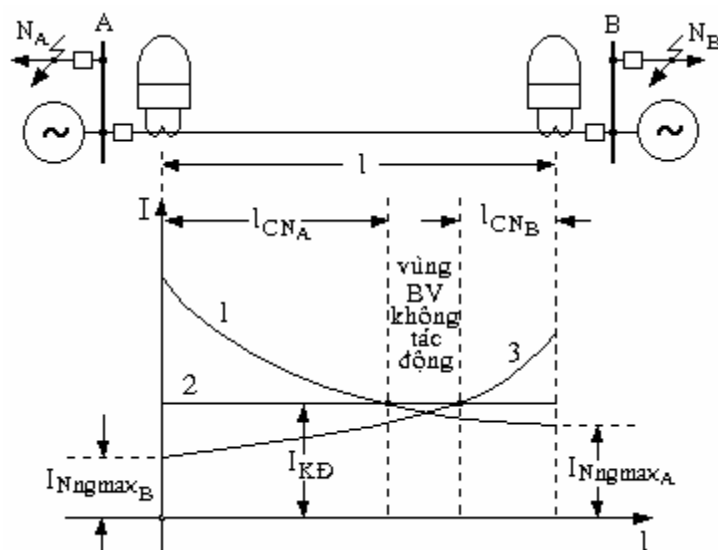
Vùng bảo vệ l_{CNA} và l_{CNB} được xác định bằng hoành độ giao điểm của các đường cong 1 ($I_{NA} = f(l)$) và 3 ($I_{NB} = f(l)$) với đường thẳng 2 (I_{KD}), gồm 3 đoạn:

- * Ngắn mạch trong đoạn l_{CNA} chỉ có BVCN phía A tác động
- * Ngắn mạch trong đoạn l_{CNB} chỉ có BVCN phía B tác động
- * Khi ngắn mạch trong đoạn giữa thì không có BVCN nào tác động. Tuy nhiên nếu $(l_{CNA} + l_{CNB}) > l$ thì khi ngắn mạch ở đoạn giữa cả hai BVCN sẽ cùng tác động.

** Hiện tượng khởi động không đồng thời:

Nếu giữa các trạm A,B ngoài đường dây được bảo vệ ra còn có các mạch liên lạc vòng phụ khác thì có thể xảy ra hiện tượng khởi động không đồng thời giữa các bảo vệ đặt ở 2 đầu A,B của đường dây và chiều dài vùng bảo vệ có thể tăng lên.

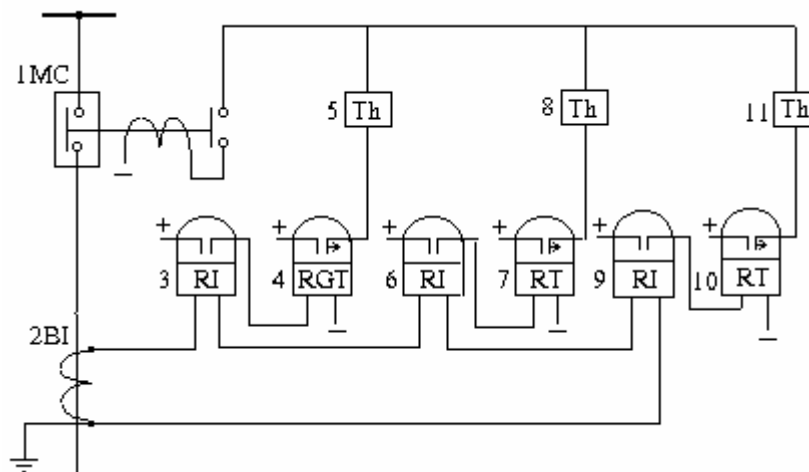
Hiện tượng mà *một bảo vệ chỉ bắt đầu khởi động sau khi một bảo vệ khác đã khởi động và cắt máy cắt được gọi là hiện tượng khởi động không đồng thời*. Khi kể đến tác động không đồng thời, BVCN thậm chí có thể bảo vệ được toàn bộ đường dây có nguồn cung cấp 2 phía.



Hình 2.16 : Đồ thị tính toán bảo vệ dòng cắt nhanh đối với đường dây có nguồn cung cấp từ 2 phía

V. Bảo vệ dòng có đặc tính thời gian nhiều cấp:

Bảo vệ dòng có đặc tính thời gian nhiều cấp (hay còn gọi là đặc tính thời gian phụ thuộc nhiều cấp) là sự kết hợp của các bảo vệ dòng cắt nhanh không thời gian, bảo vệ dòng cắt nhanh có thời gian và bảo vệ dòng cực đại. Sơ đồ nguyên lý một pha của bảo vệ như trên hình 2.18, đặc tính thời gian trên hình 2.19.



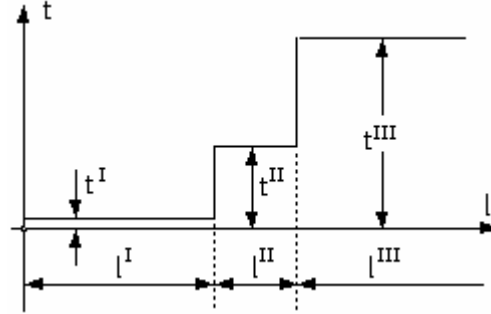
Hình 2.18 : Sơ đồ nguyên lý 1 pha của bảo vệ dòng có đặc tính thời gian nhiều cấp

Nguyên tắc làm việc của bảo vệ được khảo sát thông qua sơ đồ mạng hình tia có nguồn cung cấp 1 phía như hình 2.20. Các bảo vệ A và B đặt ở đầu đường dây AB và BC. Sự thay đổi giá trị của dòng ngắn mạch theo khoảng cách từ thanh góp trạm A đến điểm hư hỏng được đặc trưng bằng đường cong $I_N = f(l)$.

* **Cấp Thứ Nhất** của các bảo vệ A và B (role 3RI, 4RGT và 5Th trên hình 2.18) là cấp *cắt nhanh không thời gian* ($t^1 \leq 0,1$ giây). Để đảm bảo chọn lọc, dòng khởi động I_{KDA}^1 và I_{KDB}^1 được chọn lớn hơn dòng ngắn mạch ngoài cực đại. Phần I_A^1

và I_B^I của đường dây (xác định bằng đồ thị trên hình 2.20) là vùng thứ nhất của bảo vệ A và B, chúng chỉ chiếm một phần chiều dài của đường dây AB và BC.

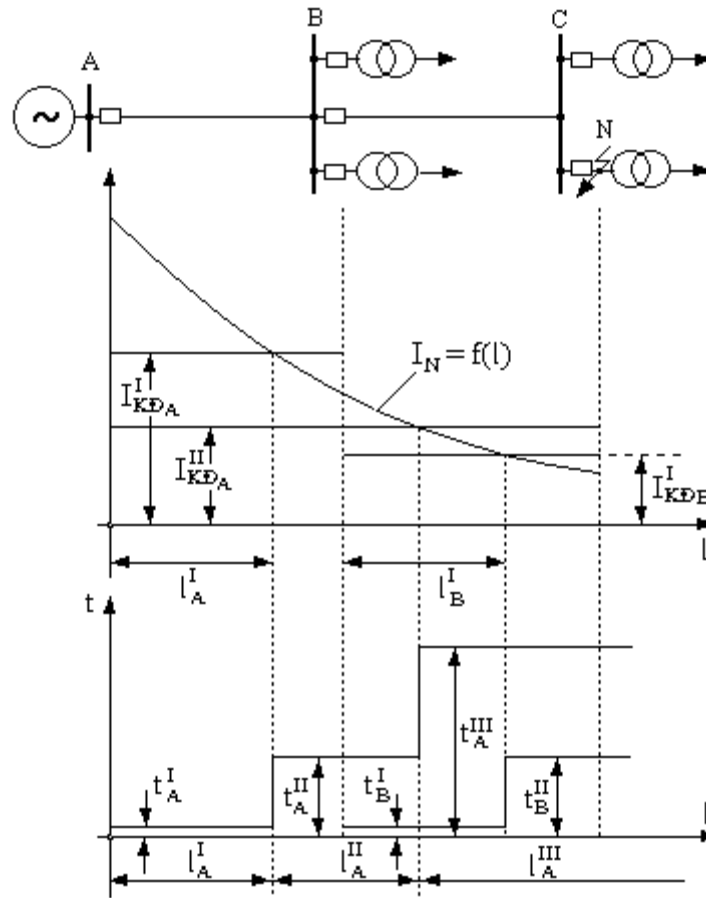
* **Cấp Thứ Hai** (role 6RI, 7RT và 8Th) là cấp *cắt nhanh có thời gian*, để đảm bảo chọn lọc được chọn với thời gian t^{II} lớn hơn thời gian tác động t^I của cấp thứ nhất và của bảo vệ không thời gian đặt ở các máy biến áp trạm B và C một bậc Δt . Khi chọn thời gian t^{II} như vậy, dòng khởi động $I_{KĐA}^{II}$ và $I_{KĐB}^I$ của cấp thứ hai được chọn lớn hơn dòng ngắn mạch cực đại khi hư hỏng ngoài vùng tác động của bảo vệ không thời gian đặt ở các phần tử kề trước (ví dụ, $I_{KĐA}^{II}$ được chọn lớn hơn dòng ngắn mạch cực đại khi hư hỏng ở cuối vùng l_B^I của cấp thứ nhất bảo vệ B hoặc hư hỏng trên thanh góp điện áp thấp của trạm B).



Hình 2.19 : Đặc tính thời gian của bảo vệ trên hình 2.18

Đối với bảo vệ A, nếu trường hợp tính toán là chỉnh định dòng ngắn mạch ở cuối vùng l_B^I của cấp thứ nhất bảo vệ B (dòng ngắn mạch lúc đó bằng dòng khởi động $I_{KĐB}^I$) thì ta có :

$$I_{KĐA}^{II} = k_{at} \cdot I_{KĐB}^I$$



Hình 2.20 : Đồ thị tính toán bảo vệ dòng có đặc tính thời gian nhiều cấp

Hệ số an toàn K_{at} tính đến sai số của role và máy biến dòng, lấy bằng $1,1 \div 1,15$. Vùng bảo vệ của cấp thứ hai bao gồm phần cuối đường dây, thanh góp của trạm và một phần các phần tử kê nối vào thanh góp này. Vùng thứ hai I_A^{II} của bảo vệ A được xác định bằng đồ thị trên (hình 2.20), trong trường hợp đang xét I_A^{II} chứa phần cuối đường dây AB, thanh góp B và phần đầu đường dây BC.

Độ nhạy cấp thứ hai của bảo vệ A và B được kiểm tra theo ngắn mạch trực tiếp ở cuối đường dây được bảo vệ AB và BC tương ứng. Yêu cầu hệ số K_n^{II} không được nhỏ hơn $1,3 \div 1,5$.

* **Cấp Thứ Ba** của bảo vệ A và B (role 9RI, 10RT, 11Th) là *bảo vệ dòng cực đại*, có dòng khởi động I_{KDA}^{III} và I_{KDB}^{III} lớn hơn dòng điện làm việc cực đại. Tác động chọn lọc của chúng được đảm bảo nhờ chọn thời gian t_A^{III} và t_B^{III} theo nguyên tắc bậc thang.

Vùng bảo vệ của cấp thứ ba I_A^{III} và I_B^{III} bắt đầu từ cuối vùng hai trở đi. Nhiệm vụ của cấp thứ ba là dự trữ cho hỏng hóc máy cắt hoặc bảo vệ của các phần tử kê, cũng như cắt ngắn mạch trên đường dây được bảo vệ khi 2 cấp đầu không tác động, ví dụ khi ngắn mạch qua điện trở quá độ lớn. Độ nhạy của cấp thứ ba được kiểm tra với ngắn mạch ở cuối phần tử kê. Yêu cầu hệ số K_n^{III} không được nhỏ hơn 1,2.

Ưu điểm cơ bản của bảo vệ dòng điện có đặc tính thời gian nhiều cấp là bảo đảm cắt khá nhanh ngắn mạch ở tất cả các phần của mạng điện. Nhược điểm chính là độ nhạy thấp, chiều dài vùng bảo vệ phụ thuộc vào tình trạng làm việc của hệ thống và dạng ngắn mạch, chỉ đảm bảo tính chọn lọc trong mạng hở có một nguồn cung cấp.

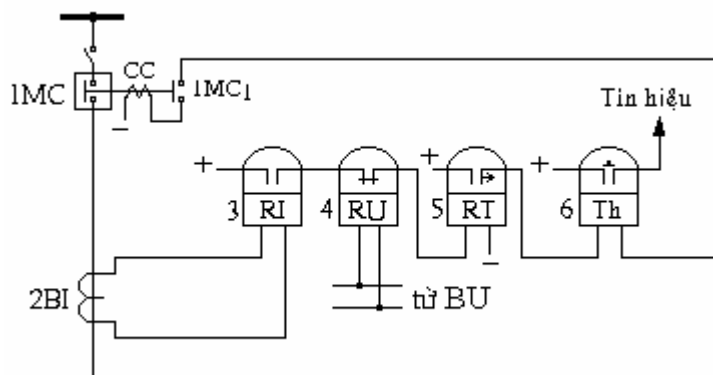
VI. Bảo vệ dòng có kiểm tra áp:

Để phân biệt giữa ngắn mạch và quá tải, đồng thời nâng cao độ nhạy về dòng của bảo vệ dòng cực đại, người ta dùng sơ đồ bảo vệ dòng có kiểm tra áp (hình 2.21). Khi ngắn mạch thì dòng điện tăng và điện áp giảm xuống do vậy cả role dòng RI và role áp RU đều khởi động dẫn đến cắt máy cắt. Trong trường hợp này, dòng khởi động của bảo vệ được tính theo biểu thức:

$$I_{K\dot{A}} = \frac{K_{at}}{K_{tv}} I_{lvmax}$$

Trong biểu thức trên không cần kể đến k_{mm} vì sau khi cắt ngắn mạch ngoài các động cơ tự khởi động nhưng không làm điện áp giảm nhiều, các role RU không khởi động và bảo vệ không thể tác động được.

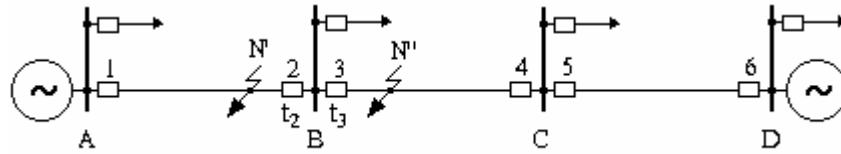
Rõ ràng là khi không kể đến hệ số k_{mm} thì dòng khởi động của bảo vệ dòng có kiểm tra áp sẽ nhỏ hơn nhiều so với dòng khởi động của bảo vệ dòng cực đại và tương ứng độ nhạy được nâng cao đáng kể.



Hình 2.21 : Sơ đồ nguyên lý 1 pha của bảo vệ dòng có kiểm tra áp

Chương 3: BẢO VỆ DÒNG CÓ HƯỚNG

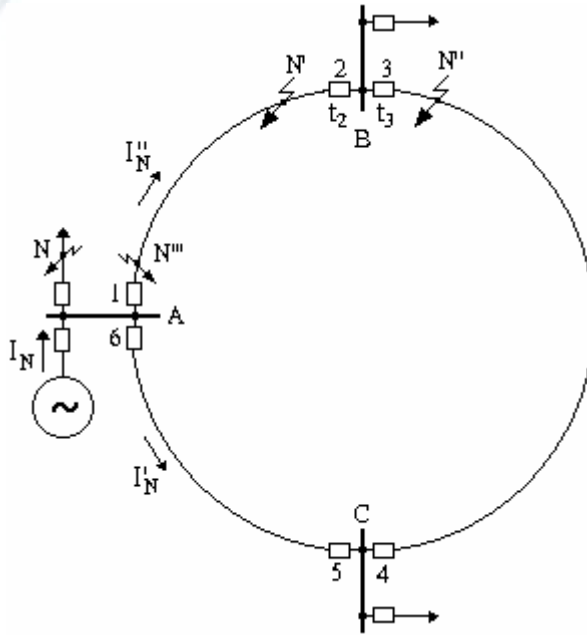
I. Nguyên tắc tác động:



Hình 3.1 : Mạng hở có nguồn cung cấp 2 phía.

Để đảm bảo cắt chọn lọc hư hỏng trong mạng hở có một vài nguồn cung cấp, cũng như trong mạng vòng có một nguồn cung cấp từ khoảng năm 1910 người ta bắt đầu dùng bảo vệ dòng có hướng.

Bảo vệ dòng điện có hướng là loại bảo vệ phản ứng theo giá trị dòng điện tại chỗ nối bảo vệ và góc pha giữa dòng điện đó với điện áp trên thanh góp của trạm có đặt bảo vệ. Bảo vệ sẽ tác động nếu dòng điện vượt quá giá trị định trước (dòng khởi động I_{KD}) và góc pha phù hợp với trường hợp ngắn mạch trên đường dây được bảo vệ.



Hình 3.2 : Mạng vòng có 1 nguồn cung cấp

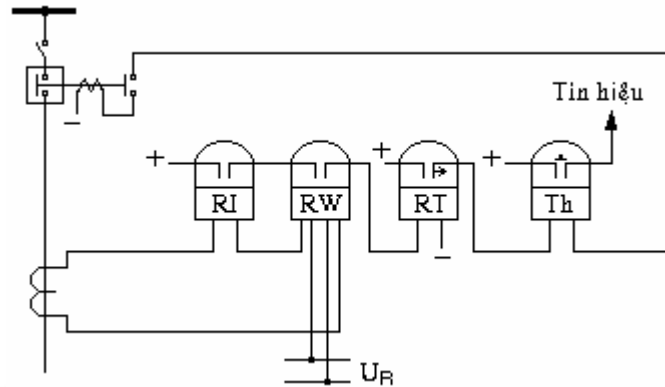
II. Sơ đồ BV dòng có hướng:

Trường hợp tổng quát, bảo vệ dòng điện có hướng gồm 3 bộ phận chính: **khởi động**, **định hướng công suất** và **tạo thời gian** (hình 3.3). Bộ phận định hướng công suất của bảo vệ được cung cấp từ máy biến dòng (BI) và máy biến điện áp (BU). Để bảo vệ tác động đi cắt, tất cả các bộ phận của bảo vệ cân phải tác động.

Bằng việc khảo sát sự làm việc của role định hướng công suất khi hư hỏng trong và ngoài vùng bảo vệ ta sẽ rút ra được những tính chất mới của bảo vệ dòng có thêm role định hướng công suất.

Khi ngắn mạch trên đoạn AB (tại điểm N' gần thanh góp B, hình 3.2) trong vùng tác động của bảo vệ 2, đồ thị véctơ các dòng điện I'_N , I''_N và $I_N = I'_N + I''_N$ như trên hình 3.4a.

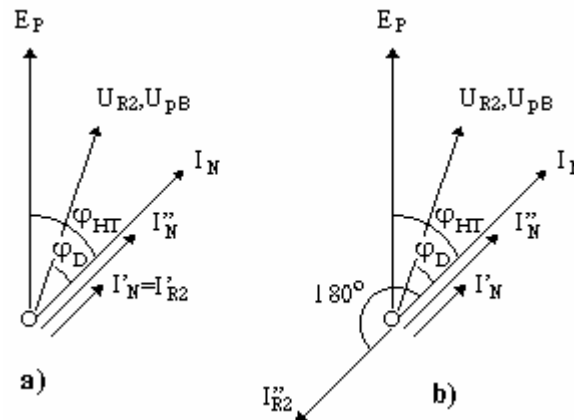
Các dòng điện này chậm sau sức điện động E_p của nguồn cung cấp một góc φ_{HT} và chúng tạo nên một góc φ_D so với áp dư U_{PB} trên thanh góp trạm B. Khi ngắn mạch trên đoạn BC gần thanh góp B (điểm N'' , hình 3.2), đồ thị vectơ các dòng điện đó thực tế vẫn giống như đối với điểm N' (hình 3.4b). Áp dư U_{PB} không thay đổi về góc pha. Nếu chọn dòng I_{R2} của bảo vệ 2 có hướng từ thanh góp B vào đường dây AB (hình 3.2) và lấy $U_{R2} = U_{PB}$ thì có thể xác định được quan hệ góc pha giữa I_{R2} và U_{R2} khi ngắn mạch ở điểm N' và N'' .



Hình 3.3 : Sơ đồ nguyên lý 1 pha của bảo vệ dòng có hướng.

Lấy vectơ điện áp U_{R2} làm gốc để xác định góc pha của I_{R2} . Góc lệch pha được coi là dương khi dòng chậm sau áp và âm khi vượt trước.

Khi ngắn mạch ở N' , công suất ngắn mạch hướng từ thanh góp B vào đường dây AB, lúc ấy $I'_{R2} = I'_N$ và $\varphi'_{R2} = \text{góc}(U_{R2}, I_{R2}) = \varphi_D$. Khi ngắn mạch ở N'' công suất ngắn mạch hướng từ đường dây AB đến thanh góp B, $I''_{R2} = -I''_N$ và $\varphi''_{R2} = \varphi_D - 180^\circ$. Như vậy khi dịch chuyển điểm hư hỏng từ vùng được bảo vệ ra vùng không được bảo vệ, góc pha của I_{R2} đặt vào role của bảo vệ 2 so với U_{R2} đã thay đổi 180° (giống như sự đổi hướng của công suất ngắn mạch). Nổi role định hướng công suất thế nào để nó khởi động khi nhận được góc φ'_{R2} (công suất ngắn mạch hướng từ thanh góp vào đường dây) và không khởi động khi nhận được góc φ''_{R2} khác với φ'_{R2} một góc 180° (công suất ngắn mạch hướng từ đường dây vào thanh góp) và như vậy ta có thể thực hiện được bảo vệ có hướng.



Hình 3.4 : Đồ thị vectơ áp và dòng khi hướng công suất NM đi từ thanh góp vào đường dây (a) và từ đường dây vào thanh góp (b)