

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ TP.HCM**

---



# **BÁO CÁO MÔN HỌC BẢO VỆ RƠ LE VÀ TỰ ĐỘNG HÓA**

|                            |                         |
|----------------------------|-------------------------|
| <b>Sinh viên thực hiện</b> | <b>: Võ Minh Phương</b> |
| <b>MSSV</b>                | <b>: 1741830015</b>     |
| <b>LỚP</b>                 | <b>: 17SMD11</b>        |

**TP.HỒ CHÍ MINH, tháng 06 năm 2018**

## **I. GIỚI THIỆU TRẠM BIẾN VĨNH LONG 2**

### **1.1. Quá trình xây dựng và vận hành.**

Trạm biến áp Hưng Đông trực thuộc Công ty truyền tải Điện Miền Tây.

Trạm có nhiệm vụ cung cấp điện cho một phần của tỉnh Trà Vinh, Tiền Giang, Đồng Tháp và Vĩnh Long. Nó là trạm liên lạc, kết nối giữa các tỉnh Miền Tây trong hệ thống điện Việt Nam.

### **1.2. Các thiết bị chính của trạm.**

#### **1.2.1. Máy biến áp (MBA).**

Trạm hiện có 2 MBA tự ngẫu AT1 có công suất định mức: 63.000 KVA. Điện áp định mức 225/ 115/ 23 KV và AT2 có công suất định mức là 125.000 KVA. Điện áp định mức 230/ 125/ 10,5 KV.

#### **1.2.2. Máy cắt điện (MCD).**

Trong trạm hiện nay đang sử dụng các (loại) máy cắt:

9 MCD dùng cho phía điện áp 220KV

8 MCD dùng cho phía điện áp 110kV

2 MCD dùng cho phía điện áp 110kV máy biến áp tự dùng

### **1.3. Hệ thống đường dây.**

- Trạm có 4 đường dây 110kV đi ra, đó là:

174 đi Trà Ôn.

175 đi Sa Đéc.

176 đi Vĩnh Long 1.

177 đi Vĩnh Long 2.

### **1.4. Hệ thống bảo vệ Role và tự động hoá.**

#### **1.4.1. Hệ thống bảo vệ Role phía 220 KV.**

Đường dây dùng loại SEL-421 và 67-67N.

Máy biến áp AT1 và AT2:

Bảo vệ so lệch: 87T

Bảo vệ dự phòng: 50/51P.

Bảo vệ rơ le hơi, dòng dầu, mức dầu.

#### **1.4.2. Hệ thống bảo vệ Rơ le phía 110kV:**

Đường dây dùng loại:SEL 351, SEL-2440, 67-67N.

#### **1.4.3. Hệ thống tự động hoá.**

Điều khiển đóng cắt MCD

Điều chỉnh điện áp các MBA

Tự động sa thải phụ tải.

Tự khởi động hệ thống quạt mát cho MBA.

## **II. NHỮNG YÊU CẦU CƠ BẢN CỦA HỆ THỐNG ROLE BẢO VỆ**

### **1. Tính chọn lọc:**

Là khả năng phân biệt các phần tử hư hỏng của hệ thống role bảo vệ. Tính chọn lọc bảo đảm chỉ những thiết bị bảo vệ ở gần sự cố nhất tác động để cô lập sự cố. Tính chọn lọc là yêu cầu cơ bản nhất của hệ thống role bảo vệ. Nếu bảo vệ tác động không chọn lọc, sự cố có thể lan rộng.

### **2. Tác động nhanh:**

Bảo vệ phải tác động nhanh để kịp thời cô lập các phần tử hư hỏng thuộc phạm vi bảo vệ. Bảo vệ cần phải tác động nhanh để bảo đảm tính ổn định của hệ thống, giảm tác hại của dòng ngắn mạch đối với thiết bị, giảm xác suất dẫn đến hư hỏng nặng hơn và nâng cao hiệu quả của chức năng tự đóng lại.

### 3. Độ nhạy:

Là khả năng phát hiện sự cố trong phạm vi bảo vệ. Bảo vệ cần phải tác động được trong trường hợp ngắn mạch qua điện trở trung gian và trong trường hợp sự cố xảy ra khi hệ thống điện vận hành ở chế độ cực tiểu.

### 4. Độ tin cậy:

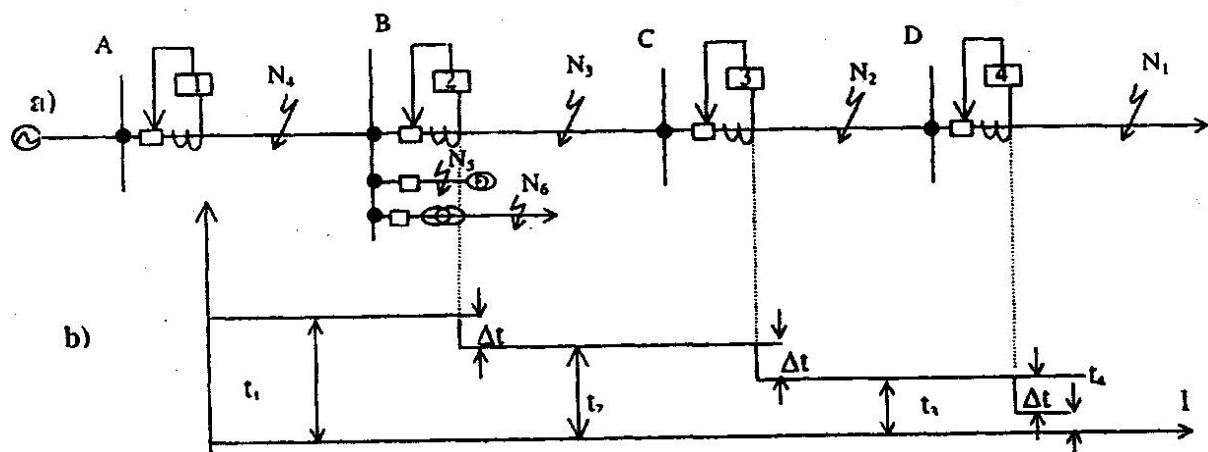
Là khả năng bảo vệ tác động chắc chắn khi sự cố xảy ra trong vùng bảo vệ và không tác động đối với sự cố ngoài vùng bảo vệ.

## III. BẢO VỆ QUÁ DÒNG ĐIỆN

Bảo vệ quá dòng điện là loại bảo vệ tác động khi dòng điện qua chỗ đặt thiết bị bảo vệ tăng vượt ngưỡng cài đặt. Có hai loại bảo vệ quá dòng điện: bảo vệ dòng điện cực đại và bảo vệ dòng điện cắt nhanh, chúng khác nhau ở cách thức bảo đảm yêu cầu tác động chọn lọc và vùng bảo vệ.

### 1. Bảo vệ dòng điện cực đại:

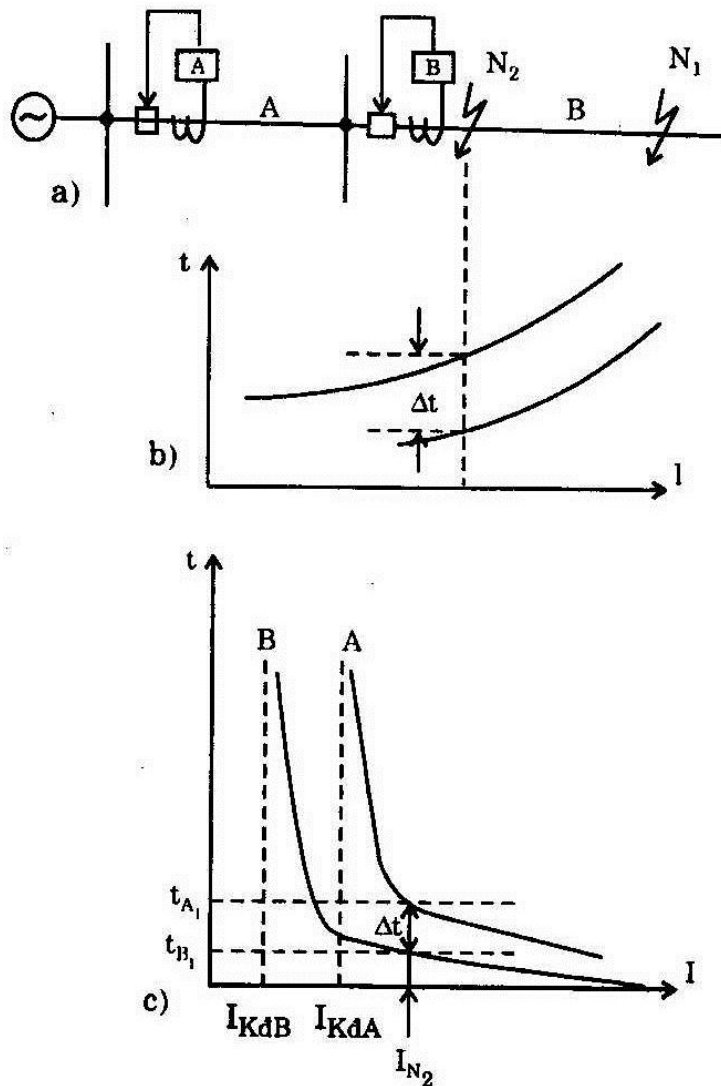
Xét đường dây hình tia có 1 nguồn cung cấp như hình vẽ:



Khi ngắn mạch tại  $N_1$ , dòng điện sự cố chạy qua cả bốn bảo vệ vì vậy cả bốn bảo vệ đều khởi động. Theo yêu cầu tác động chọn lọc, chỉ bảo vệ số 4 được tác động cô lập sự cố do đó bảo vệ dòng điện cực đại cần có thời gian trì hoãn thích hợp theo từng cấp. Dòng điện khởi động của bảo vệ được chọn lớn hơn dòng điện phụ tải lớn nhất qua chỗ đặt bảo vệ. Vùng bảo vệ của bảo vệ dòng điện cực đại gồm phần tử bảo vệ và các phần tử lân cận.

Bảo vệ dòng điện cực đại cũng có thể phản ứng theo dòng thứ tự không. Thời gian tác động của bảo vệ dòng điện cực đại thứ tự không cũng được chọn tăng dần theo nguyên tắc bậc thang. Bảo vệ dòng điện cực đại thứ tự không có độ nhạy cao hơn bảo vệ dòng điện cực đại phản ứng theo dòng toàn phần.

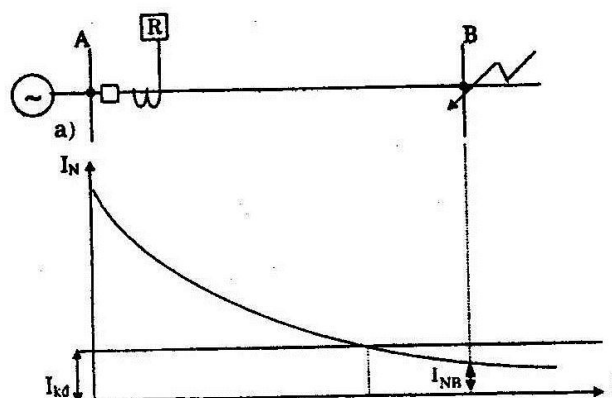
Bảo vệ dòng điện cực đại sử dụng đặc tuyến thời gian độc lập (definite time) có nhược điểm là thời gian cắt ngắn mạch của các bảo vệ đặt gần nguồn rất lớn. Để giảm thời gian tác động của các bảo vệ đặt gần nguồn khi dòng sự cố lớn, người ta thường sử dụng đặc tuyến thời gian phụ thuộc (inverse time) như ở hình sau:



## 2. Bảo vệ dòng điện cắt nhanh:

Bảo vệ dòng điện cắt nhanh bảo đảm tính chọn lọc bằng cách chọn dòng điện khởi động của bảo vệ lớn hơn dòng điện ngắn mạch lớn nhất qua chỗ đặt bảo vệ khi ngắn mạch cuối vùng bảo vệ. Khi ngắn mạch trong vùng bảo vệ dòng ngắn mạch sẽ lớn hơn dòng điện khởi động và bảo vệ sẽ tác động. Bảo vệ cắt nhanh thường tác động tức thời hoặc có thời gian trì hoãn rất bé.

### a. Bảo vệ dòng điện cắt nhanh cho đường dây có một nguồn cung cấp:



Dòng ngắn mạch tại điểm B:

$$I_{NB} = \frac{E_S}{Z_S + Z_L}$$

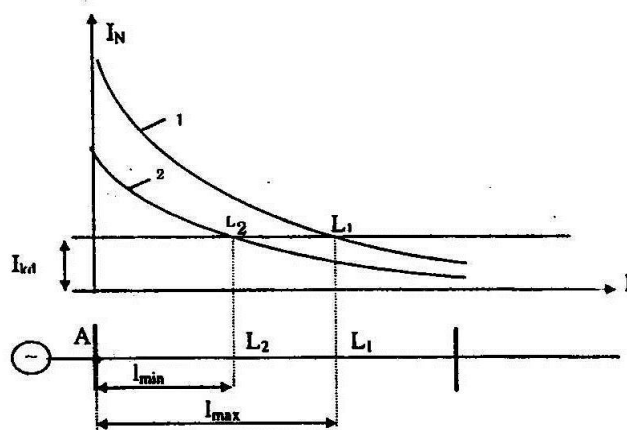
với:

$E_S$ : sức điện động nguồn.

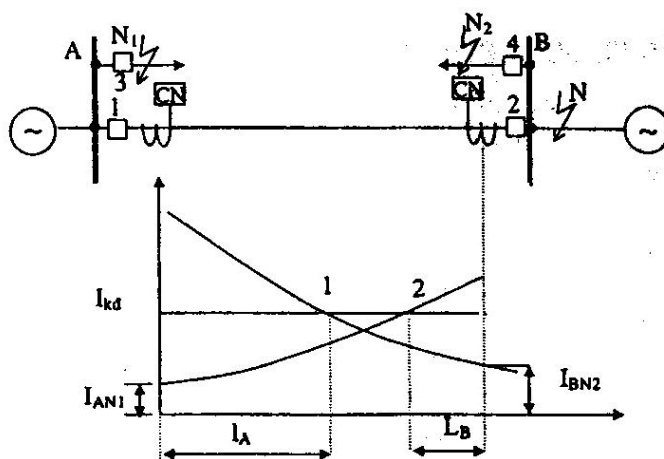
$Z_S$ : tổng trở nguồn.

$Z_L$ : tổng trở đường dây AB.

Để bảo vệ cắt nhanh không tác động khi ngắn mạch phía sau điểm B, dòng khởi động của bảo vệ được chọn lớn hơn dòng ngắn mạch tại B. Khi đó vùng bảo vệ chỉ bao gồm một phần đường dây AB. Vùng bảo vệ của bảo vệ cắt nhanh trong chế độ cực đại (đường số 1) và cực tiểu (đường số 2) được xác định theo hình vẽ sau.



**b. Bảo vệ dòng điện cắt nhanh cho đường dây có hai nguồn cung cấp:**



Để bảo vệ cắt nhanh 1 và 2 không tác động sai khi ngắn mạch tại  $N_1$  và  $N_2$ , dòng khởi động được chọn:

$$I_{kd1} > \max(I_{AN2}, I_{BN1})$$

$$I_{kd2} > \max(I_{AN2}, I_{BN1})$$

với:

$I_{AN2}$ : dòng ngắn mạch tại  $N_2$  cung cấp bởi nguồn A.

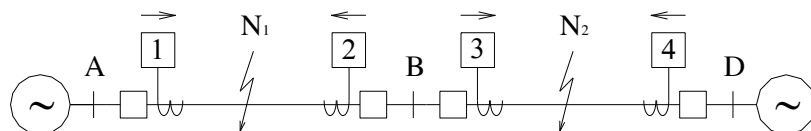
$I_{BN1}$ : dòng ngắn mạch tại  $N_1$  cung cấp bởi nguồn B.

Như vậy dòng khởi động của cả hai bảo vệ được chọn bằng nhau. Khi ngắn mạch trong vùng 1-A chỉ bảo vệ 1 tác động, khi ngắn mạch trong vùng 2-B chỉ bảo vệ 2 tác động, khi ngắn mạch trong vùng 1-2 không bảo vệ nào làm việc.

Bảo vệ dòng điện cắt nhanh cũng có thể phản ứng theo dòng thứ tự không.

### 3. Bảo vệ dòng điện có hướng:

Trong các mạng hình vòng hoặc mạng có nguồn cung cấp từ hai phía, bảo vệ dòng điện cực đại có thời gian từng cấp không bảo đảm cắt ngắn mạch chọn lọc. Xét mạng điện như hình vẽ:



Muốn cắt chọn lọc khi có sự cố tại  $N_1$  cần phải đặt  $t_3 > t_2$ . Ngược lại muốn cắt ngắn mạch chọn lọc tại  $N_2$  phải thỏa  $t_2 > t_3$ . Như vậy, bảo vệ dòng điện cực đại không bảo đảm cắt chọn lọc trong trường hợp trên.

Để bảo đảm tác động chọn lọc, có thể khắc phục bằng cách chỉ cho bảo vệ tác động khi công suất ngắn mạch đi từ thanh cái ra đường dây. Để thực hiện yêu cầu này, mỗi bảo vệ được trang bị thêm một bộ phận định hướng công suất. Do đơn giản và có tính chọn lọc khá cao, bảo vệ dòng điện có hướng được sử dụng rất rộng rãi trong hệ thống điện.

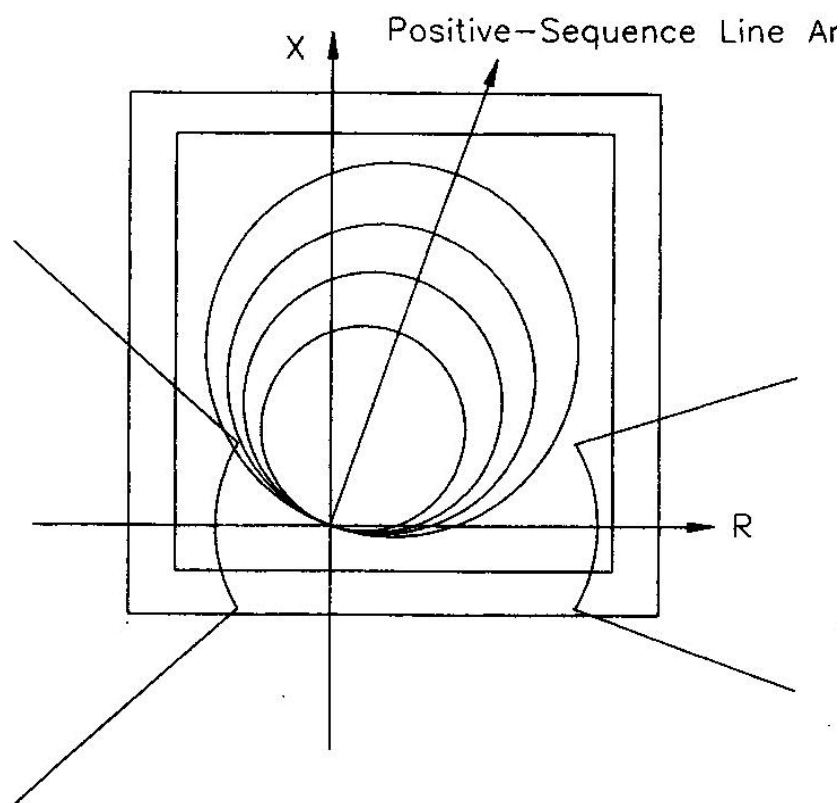
Bảo vệ dòng điện có hướng cũng có thể phản ứng theo dòng và áp thứ tự không.

## IV. BẢO VỆ KHOẢNG CÁCH

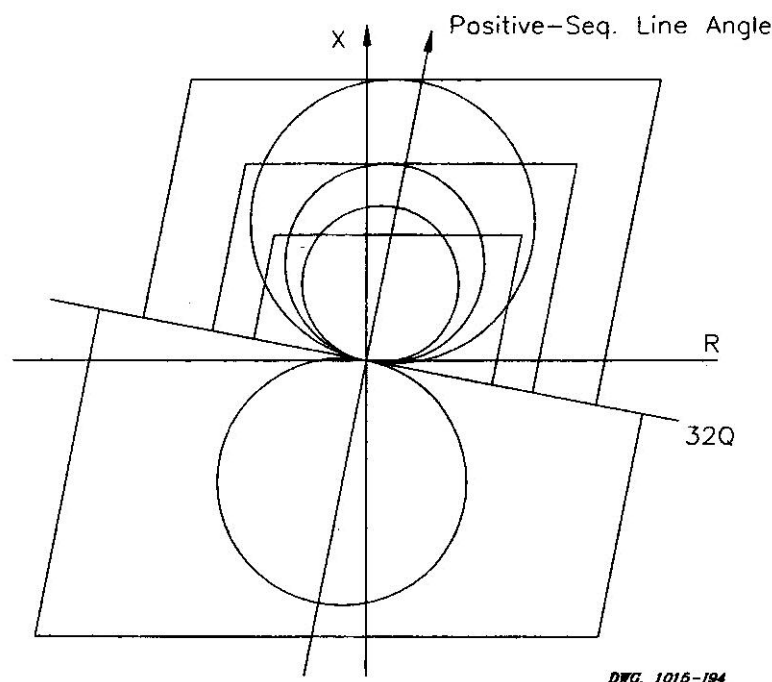
Bảo vệ khoảng cách có bộ phận cơ bản là bộ phận khoảng cách làm nhiệm vụ xác định tổng trở từ chỗ đặt bảo vệ tới điểm ngắn mạch. Về nguyên tắc, bảo vệ khoảng cách có hướng bảo đảm cắt chọn lọc phần tử hư hỏng trong mạng điện bất kỳ với thời gian bé.

### 1. Các dạng đặc tuyến tổng trở thường dùng:

Đặc tuyến mho:



Đặc tuyến đa giác:



## 2. Lựa chọn tham số bảo vệ:

Vùng I: tổng trở khởi động vùng I được chọn sao cho bảo vệ không tác động khi ngắn mạch ngoài phạm vi bảo vệ.

Vùng II: vùng II phải bảo đảm bảo vệ được chắn chắn toàn bộ đường dây nên vùng II phải vượt ra ngoài phạm vi đường dây đồng thời không được vượt ra ngoài vùng I của bảo vệ đường dây kế cận. Thời gian tác động của vùng II thường đặt 0,5 giây để bảo đảm phối hợp chọn lọc.

Vùng III: vùng III là bảo vệ dự trữ cho vùng I, vùng II và dự trữ cho các phần tử kế cận. Vùng III được chọn sao cho bảo đảm bảo vệ không được làm việc trong chế độ vận hành bình thường. Thời gian tác động của vùng III thường đặt 1 giây để bảo đảm phối hợp chọn lọc.

Trong thực tế thường chọn:

$Z_I = 80 \div 90\%$  tổng trở đường dây được bảo vệ.

$t_I = 0$  giây.

$Z_{II} =$  tổng trở đường dây được bảo vệ + 50% tổng trở đường dây kế cận ngắn nhất.

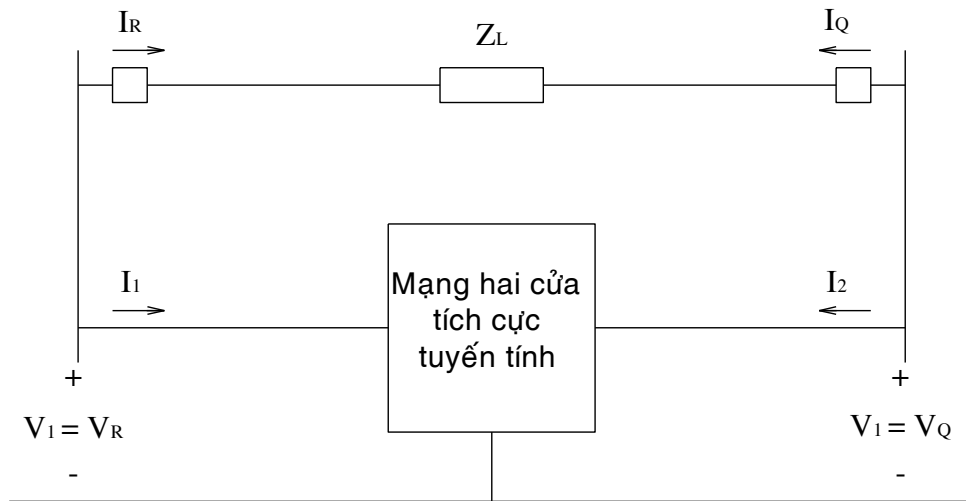
$t_{II} = 0,5$  giây.

$Z_{III} = 120\%$  (tổng trở đường dây được bảo vệ + tổng trở đường dây kế cận dài nhất).

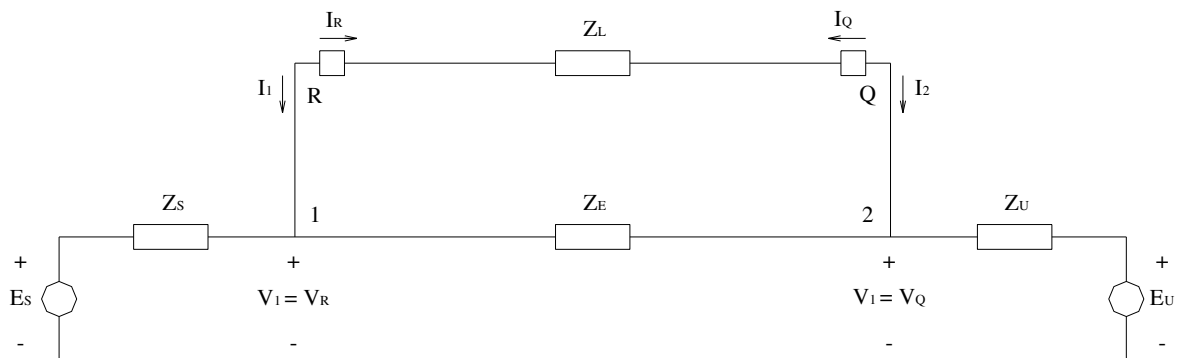
$t_{III} = 1$  giây.

## 3. Những yếu tố làm sai lệch sự làm việc của role khoảng cách:

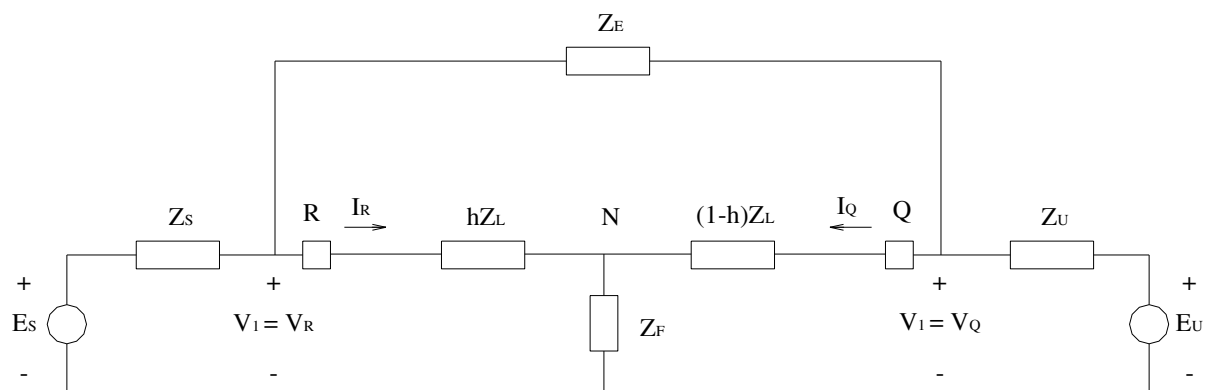
Xét đường dây truyền tải nằm giữa hai trạm R và Q, toàn bộ phần hệ thống còn lại được mô tả bởi mạng hai cửa tích cực như hình vẽ:



Mạng hai cửa tích cực trên có thể thay thế bằng mạch tương đương đơn giản nhất cho ở hình sau:

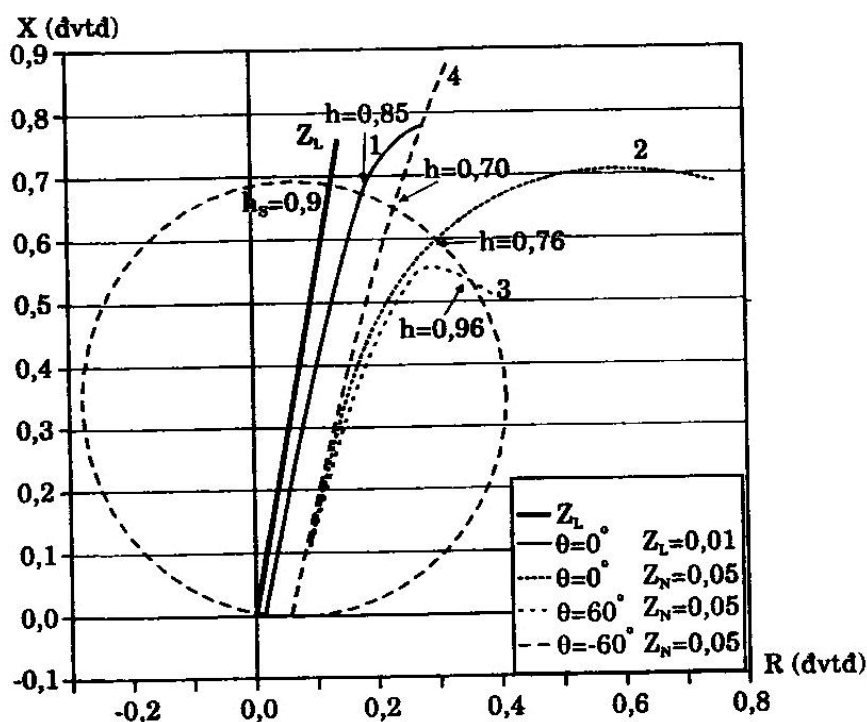


Xét ngắn mạch tại điểm N cách đầu đường dây R một khoảng tương đối  $h$  theo chiều dài đường dây ( $0 \leq h \leq 1$ ) như hình vẽ. Role tại R sẽ xác định vị trí ngắn mạch bằng cách đo tổng trở đường dây nhìn từ điểm R. Tổng trở đo được tại R là hàm của các thông số hệ thống như tổng trở mạng, góc pha các nguồn trước sự cố, điện trở chạm đất.



Hình vẽ sau biểu diễn tổng trở đo được bởi role R ứng với các thông số hệ thống khác nhau.





Trong hình vẽ trên tổng trở đường dây được biểu diễn bằng đường thẳng đi qua gốc O, ký hiệu  $Z_L$ , đặc tuyến khởi động của role khoảng cách là đường tròn đi qua gốc O, đường kính  $0,9Z_L$  và trùng với  $Z_L$ . Bảng sau cho kết quả tính toán trong những trường hợp khác nhau (với  $h$  thay đổi từ 0 đến 1).

| Trường hợp | $\theta_S$ | $X_S$ | $\theta_U$ | $X_U$ | $Z_E$        | $Z_F$       | $h_{cr}$ |
|------------|------------|-------|------------|-------|--------------|-------------|----------|
| a          | $0^\circ$  | 0,1   | $0^\circ$  | 0,1   | $0,2 + j1,0$ | $0,01 + j0$ | 0,85     |
| b          | $0^\circ$  | 0,1   | $0^\circ$  | 0,1   | $0,2 + j1,0$ | $0,05 + j0$ | 0,76     |
| c          | $60^\circ$ | 0,1   | $0^\circ$  | 0,1   | $0,2 + j1,0$ | $0,05 + j0$ | 0,96     |
| d          | $0^\circ$  | 0,1   | $60^\circ$ | 0,1   | $0,2 + j1,0$ | $0,05 + j0$ | 0,70     |
| e          | $0^\circ$  | 1     | $60^\circ$ | 0,1   | $0,2 + j1,0$ | $0,05 + j0$ | 0,62     |
| f          | $0^\circ$  | 0,1   | $60^\circ$ | 1,0   | $0,2 + j1,0$ | $0,05 + j0$ | 0,79     |
| g          | $0^\circ$  | 1     | $60^\circ$ | 0,1   | $0,4 + j2,0$ | $0,05 + j0$ | 0,60     |
| h          | $0^\circ$  | 1     | $60^\circ$ | 0,1   | $0,1 + j0,5$ | $0,05 + j0$ | 0,65     |

#### Nhận xét:

- Điện trở sự cố càng lớn càng làm giảm giá trị  $h_{cr}$  do quỹ tích của tổng trở biểu kiến bị dời sang phải càng nhiều.
- Tổng trở nguồn phía đặt role càng lớn càng làm cho role bị dưới tầm (trường hợp e).
- Tổng trở liên lạc mạch ngoài càng lớn càng làm giảm giá trị  $h_{cr}$  (trường hợp g).
- Sai số càng lớn khi góc pha của nguồn  $E_U$  sớm pha hơn nguồn  $E_S$ .
- Khi nguồn  $E_S$  sớm pha hơn nguồn  $E_U$  role có khuynh hướng quá tầm (trường hợp c).

#### Hiện tượng dưới tầm (underreach):

Hiện tượng dưới tầm xảy ra khi tổng trở đo được bởi role (tổng trở biểu kiến - apparent impedance) lớn hơn tổng trở thực tế. Khi xảy ra hiện tượng này, vùng bảo vệ của role sẽ bị thu hẹp lại (sự cố xảy ra ở vùng I nhưng role có thể xác định sự cố rơi vào vùng II).

#### Hiện tượng quá tầm (overreach)

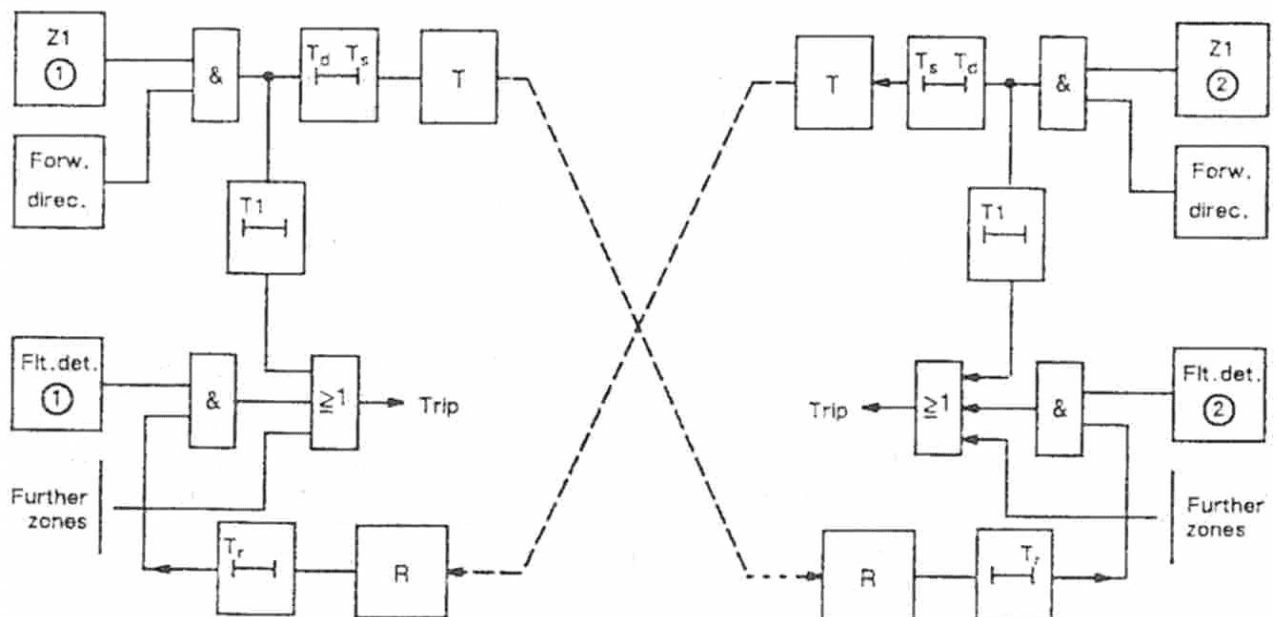
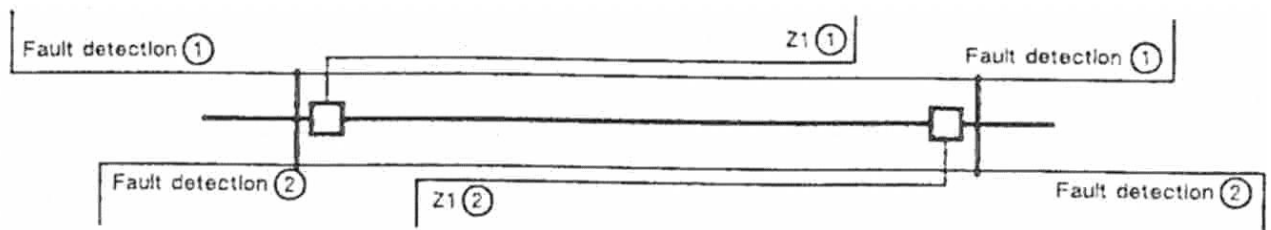
Hiện tượng quá tầm xảy ra khi tổng trở đo được bởi role (tổng trở biểu kiến - apparent impedance) nhỏ hơn tổng trở thực tế. Khi xảy ra hiện tượng này, vùng bảo vệ của role sẽ bị kéo dài ra (sự cố xảy ra ở vùng II nhưng role có thể xác định sự cố rơi vào vùng I).

#### 4. Các sơ đồ bảo vệ khoảng cách sử dụng kênh truyền thông tin:

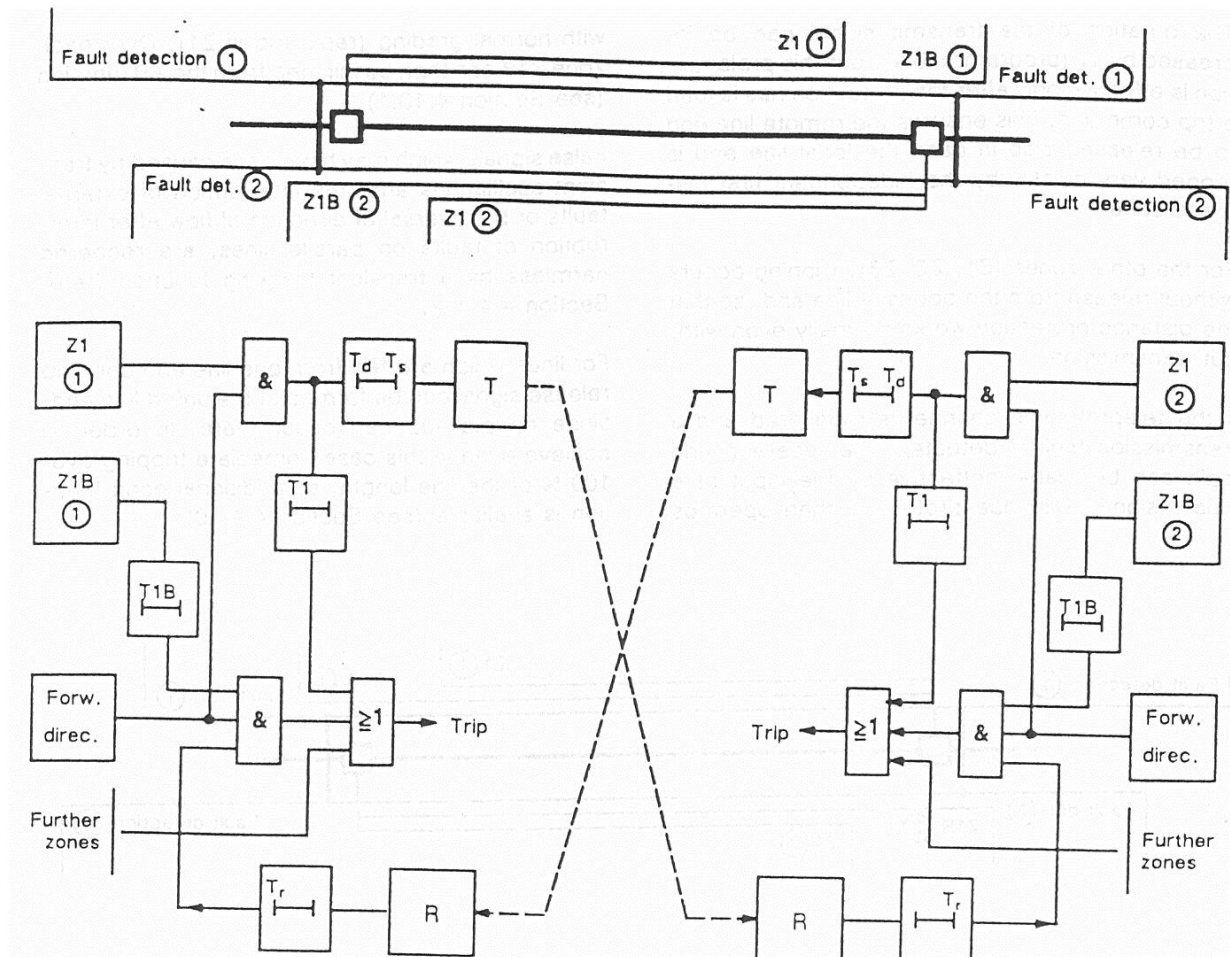
Các sự cố xảy ra ở cuối đường dây nằm ngoài vùng  $Z_I$  sẽ được cắt với thời gian trì hoãn của vùng II. Vì vậy, để bảo đảm cắt ngăn mạch tức thời trên toàn bộ chiều dài đường dây, các role bảo vệ khoảng cách hai đầu đường dây sử dụng kênh truyền thông tin để trao đổi thông tin với nhau. Khảo sát các sơ đồ bảo vệ thường dùng (role Siemens 7SA513):

a. **Sơ đồ truyền cắt dưới tầm (Permissive Underreach Trip – PUTT):** có 2 dạng khác nhau:

- i. Truyền cắt dưới tầm với chức năng *fault detection*: Khi role tại một đầu đường dây (role 1) phát hiện sự cố xảy ra trong vùng I, nó sẽ gửi tín hiệu Intertrip đến role đầu đường dây bên kia (role 2). Khi role đầu đường dây bên kia (role 2) nhận được tín hiệu Intertrip này, nó sẽ xuất lệnh trip máy cắt 2 với điều kiện là bản thân nó cũng đã khởi động (chức năng *fault detection* đã phát hiện sự cố). Sơ đồ truyền cắt cũng hoạt động tương tự đối với tín hiệu Intertrip gửi từ role 2 sang role 1.



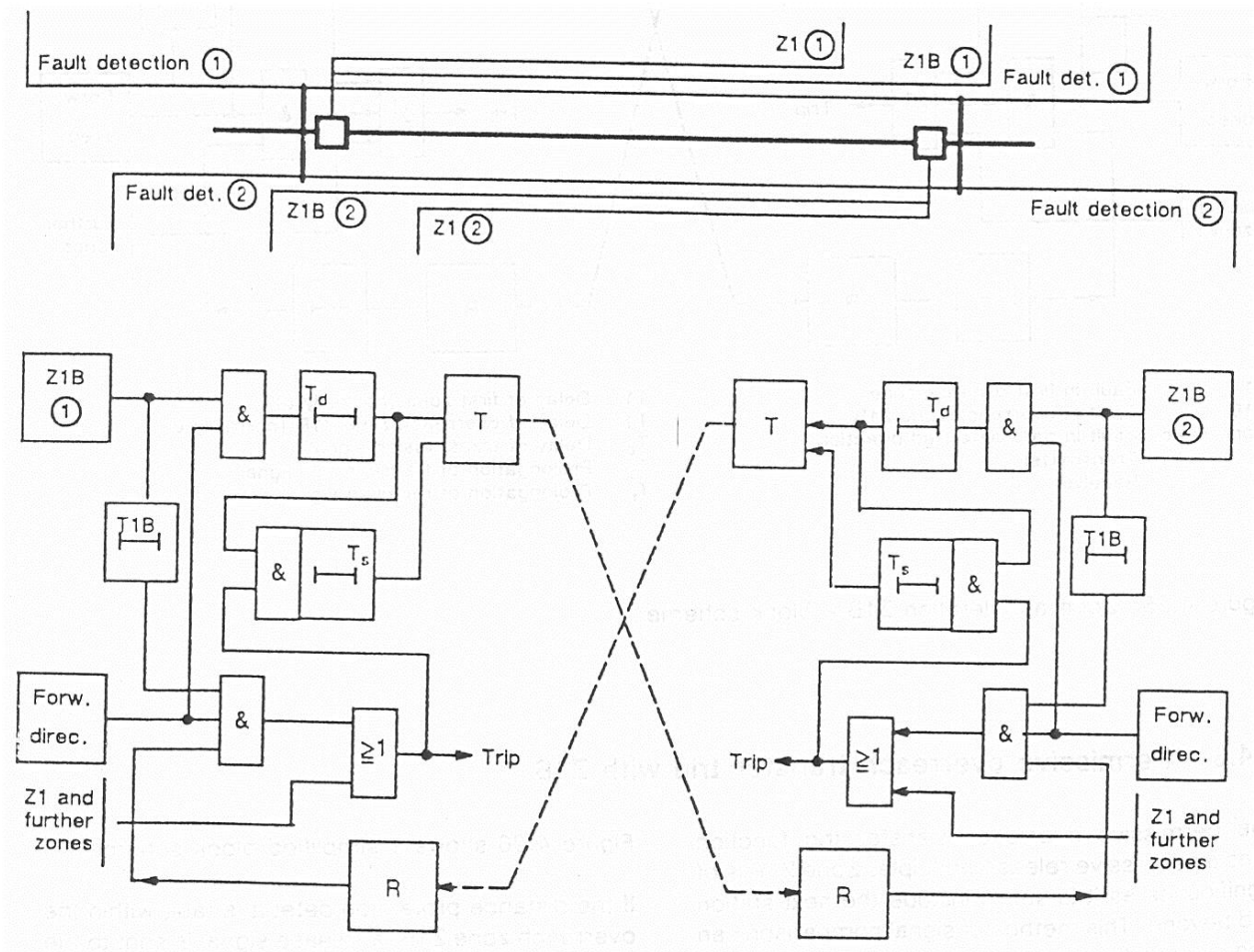
- ii. Truyền cắt dưới tầm với chức năng Z1B: Khi role tại một đầu đường dây (role 1) phát hiện sự cố xảy ra trong vùng I, nó sẽ gửi tín hiệu Intertrip đến role đầu đường dây bên kia (role 2). Khi role đầu đường dây bên kia (role 2) nhận được tín hiệu Intertrip này, nó sẽ xuất lệnh trip máy cắt 2 với điều kiện là bản thân nó cũng phát hiện sự cố trong vùng Z1B. Sơ đồ truyền cắt cũng hoạt động tương tự đối với tín hiệu Intertrip gửi từ role 2 sang role 1.



- b. Sơ đồ truyền cắt quá tầm (Permissive Underreach Transfer Trip – POTT): có 2 dạng khác nhau:

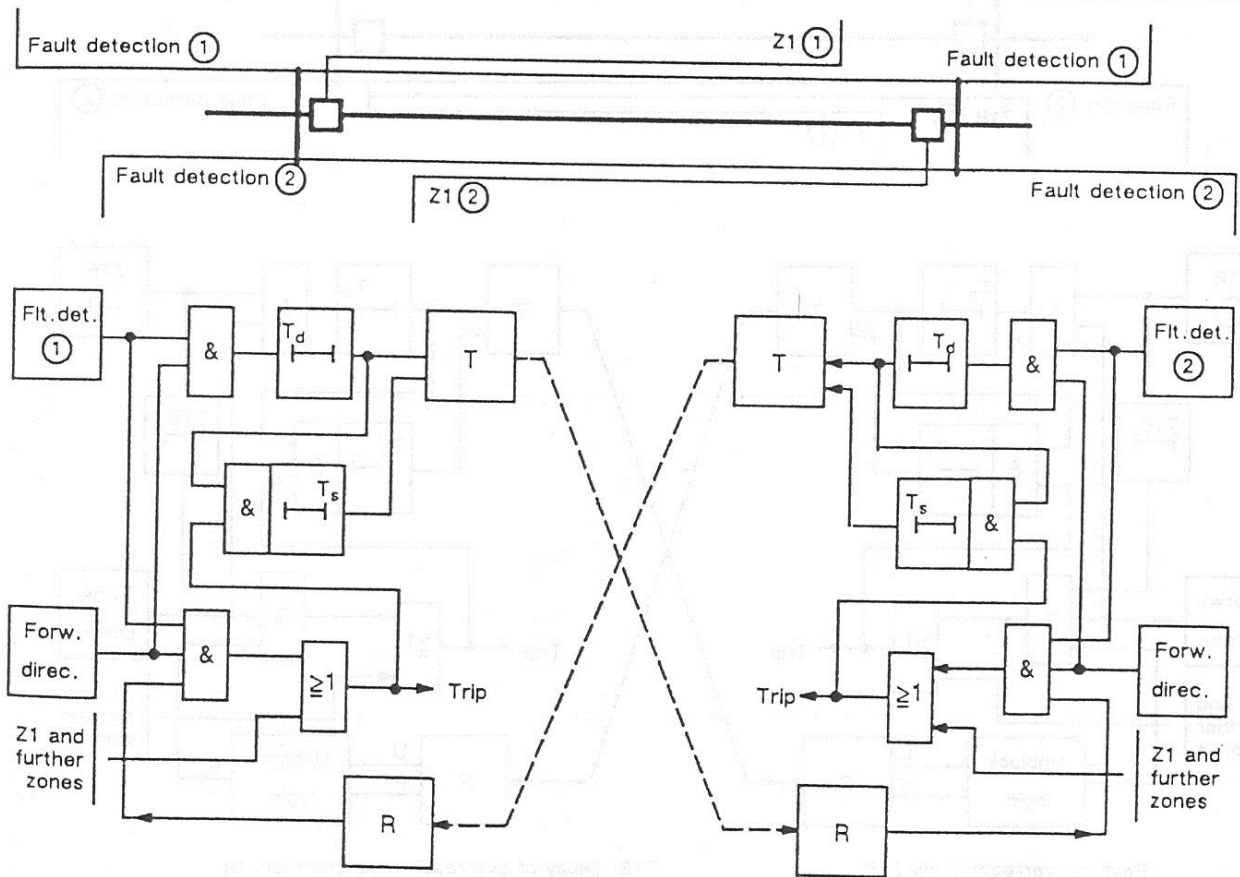
- i. Truyền cắt quá tầm với chức năng Z1B: Khi role tại một đầu đường dây (role 1) phát hiện sự cố xảy ra trong vùng Z1B, nó sẽ gửi tín hiệu đến role đầu đường dây bên kia (role 2). Khi role 2 nhận được tín hiệu này, nó sẽ xuất lệnh trip máy cắt 2 với điều kiện là bản thân nó cũng phát hiện sự cố trong vùng Z1B. Sơ đồ truyền cắt cũng hoạt động tương tự đối với tín hiệu gửi từ role 2 sang role 1.

Đối với đường dây chỉ được cấp nguồn từ một phía, chẳng hạn từ máy cắt 2, role 2 sẽ không nhận được tín hiệu từ role 1 do role 1 không khởi động được. Để khắc phục tình trạng này, role 7SA513 sử dụng chức năng *echo*: khi nhận được tín hiệu từ role 2, role 1 sẽ gửi tín hiệu phản hồi trở lại role 2 nếu role 1 xác định phía máy cắt 1 không có nguồn cung cấp (tình trạng Weak Infeed).



- ii. Truyền cắt quá tầm so sánh hướng: Khi role tại một đầu đường dây (role 1) phát hiện sự cố thuận hướng, nó sẽ gửi tín hiệu đến role đầu đường dây bên kia (role 2). Khi role 2 nhận được tín hiệu này, nó sẽ xuất lệnh trip máy cắt 2 với điều kiện là bản thân nó cũng phát hiện sự cố thuận hướng. Sơ đồ truyền cắt cũng hoạt động tương tự đối với tín hiệu gửi từ role 2 sang role 1.

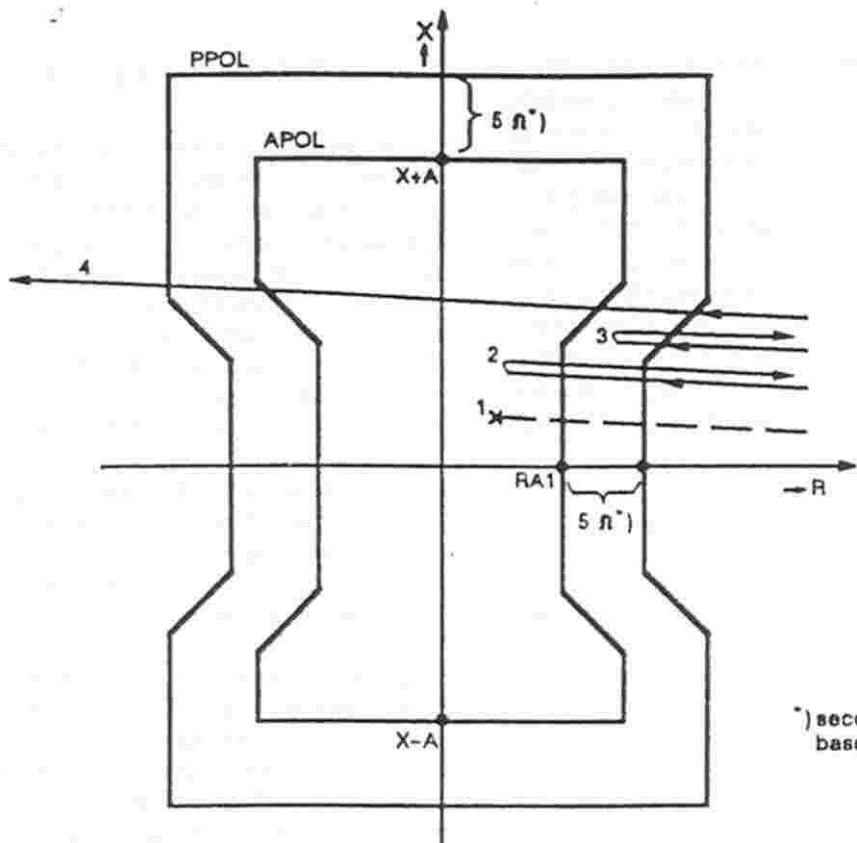
Đối với đường dây chỉ được cấp nguồn từ một phía, chẳng hạn từ máy cắt 2, role 2 sẽ không nhận được tín hiệu từ role 1 do role 1 không khởi động được. Để khắc phục tình trạng này, role 7SA513 sử dụng chức năng *echo*: khi nhận được tín hiệu từ role 2, role 1 sẽ gửi tín hiệu phản hồi trở lại role 2 nếu role 1 xác định phía máy cắt 1 không có nguồn cung cấp (tình trạng Weak Infeed).



## 5. Bảo vệ chống dao động công suất (Power Swing) và mất đồng bộ (Out – Of – Step):

Các role khoảng cách được trang bị chức năng chống dao động công suất, cho phép ngăn ngừa chức năng bảo vệ khoảng cách tác động sai khi xảy ra tình trạng dao động công suất. Vì dao động công suất là dao động cân bằng do đó chức năng chống dao động công suất sẽ bị khóa khi role phát hiện tình trạng dòng điện mất đối xứng (xuất hiện thành phần thứ tự nghịch hoặc thứ tự không). Thông thường, role khoảng cách phát hiện tình trạng dao động công suất bằng cách xác định tốc độ thay đổi tổng trở biểu kiến đo được bởi role. Đối với role 7SA513, khi tốc độ thay đổi tổng trở biểu kiến nhỏ hơn  $5 \Omega$  trong 35 ms, role sẽ xác định tình trạng dao động công suất và khóa chức năng bảo vệ khoảng cách.

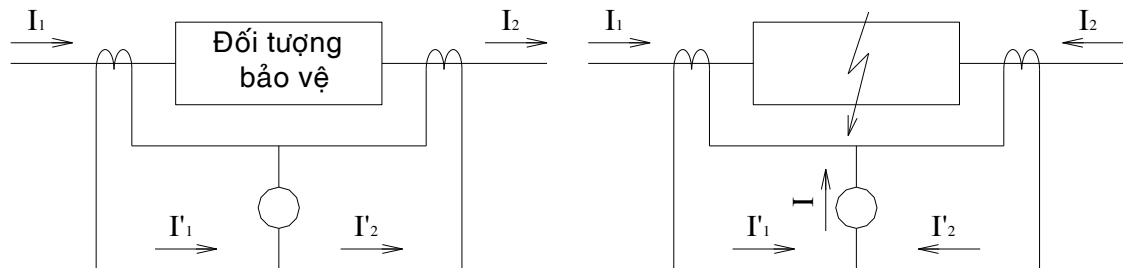
Khi quỹ đạo tổng trở đo được bởi role đi ngang qua đa giác dao động công suất (đường số 4), role xác định tình trạng mất đồng bộ và xuất lệnh trip.



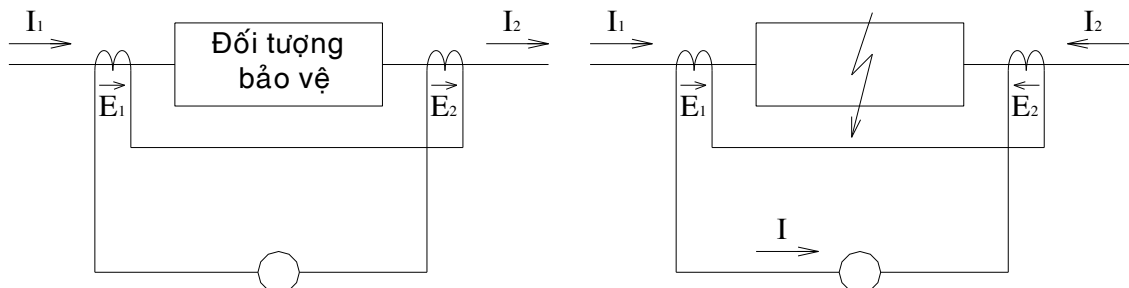
## V. BẢO VỆ SƠ LỆCH MÁY BIẾN ÁP

### 1. Bảo vệ sơ lệch dòng toàn phần:

Sơ đồ dòng tuần hoàn:



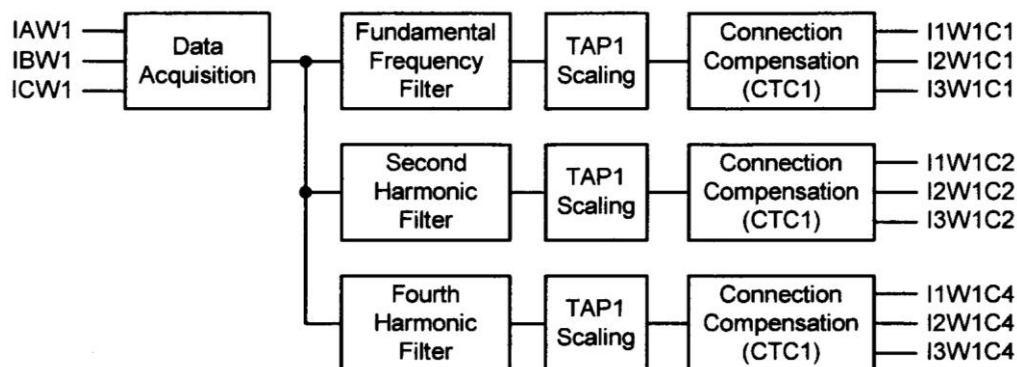
Sơ đồ cân bằng áp:



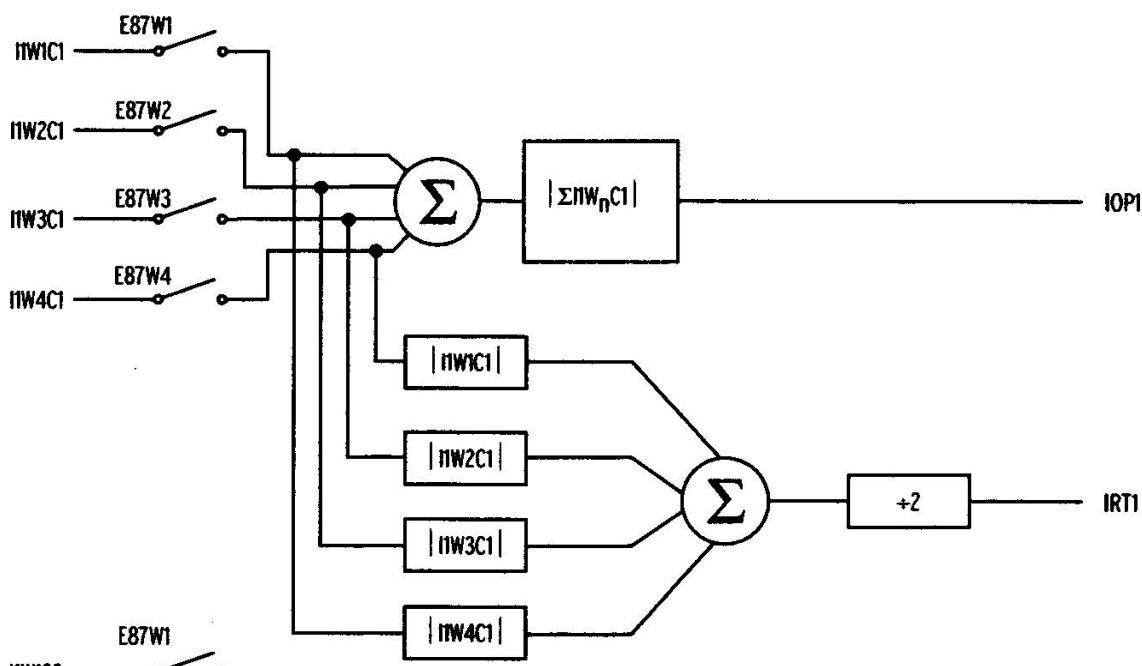
**Role SEL 387:** role SEL 387 sử dụng 3 phần tử sơ lệch có hãm 87R1, 87R2, 87R3 và 3 phần tử sơ lệch không hãm 87U1, 87U2, 87U3 cho 3 pha A, B, C. Bảo vệ sơ lệch có hãm nhạy hơn và tin cậy hơn so với bảo vệ sơ lệch kiểu truyền thống. Hoạt động của chức năng bảo vệ sơ lệch được biểu diễn bởi các sơ đồ khối sau:

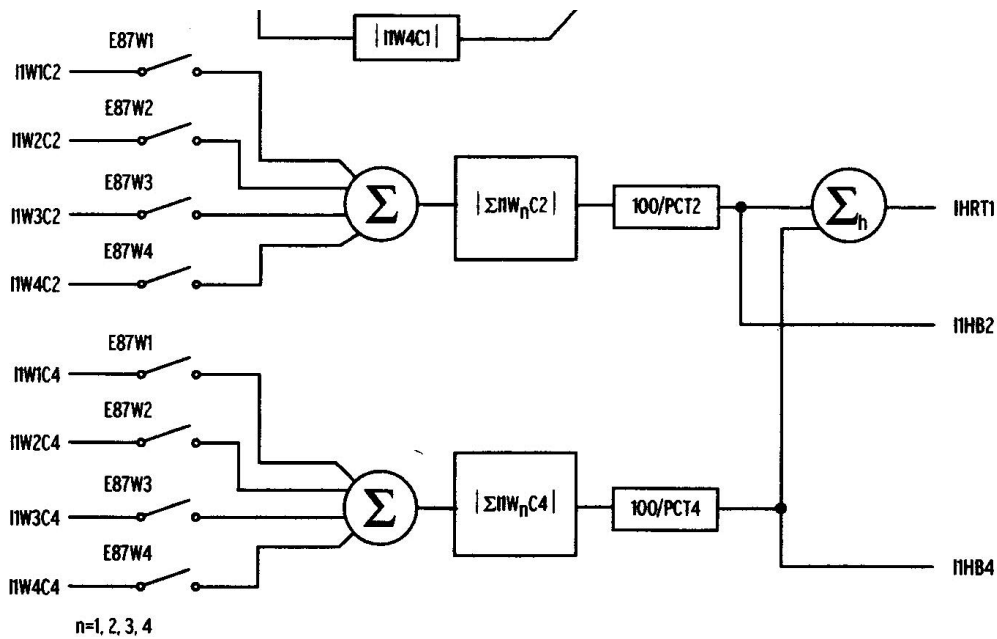
Khối chức năng 1: đọc dữ liệu đầu vào (dòng điện 3 pha), lọc thành phần hài, quy đổi về hệ đơn vị cơ bản và hiệu chỉnh sai lệch về biên độ, góc pha do khác biệt tổ đấu dây

máy biến áp, biến dòng điện. Hình vẽ sau biểu diễn sơ đồ khối cho cuộn dây thứ nhất (ký hiệu W1 trong hình vẽ), các cuộn dây còn lại tương tự.

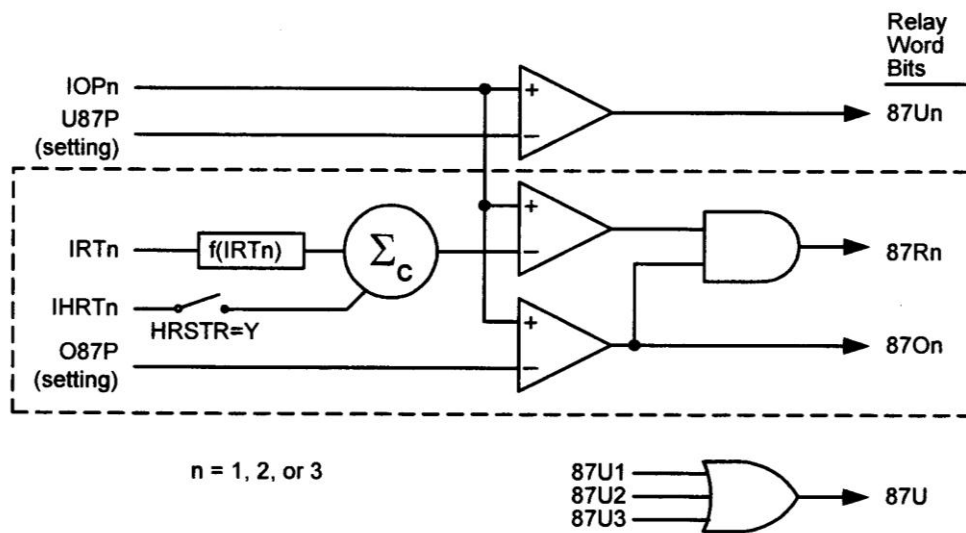


Khối chức năng 2: tính toán các đại lượng so lệch (IOP1), đại lượng hãm (IRT1), thành phần hài bậc hai (I1HB2), thành phần hài bậc bốn (I1HB4), tổng hài bậc hai và bậc bốn (IHRT1 - dùng cho chức năng hãm hóa tần). Hình vẽ sau biểu diễn sơ đồ khối cho phần tử so lệch pha A (87-1), các phần tử còn lại tương tự.



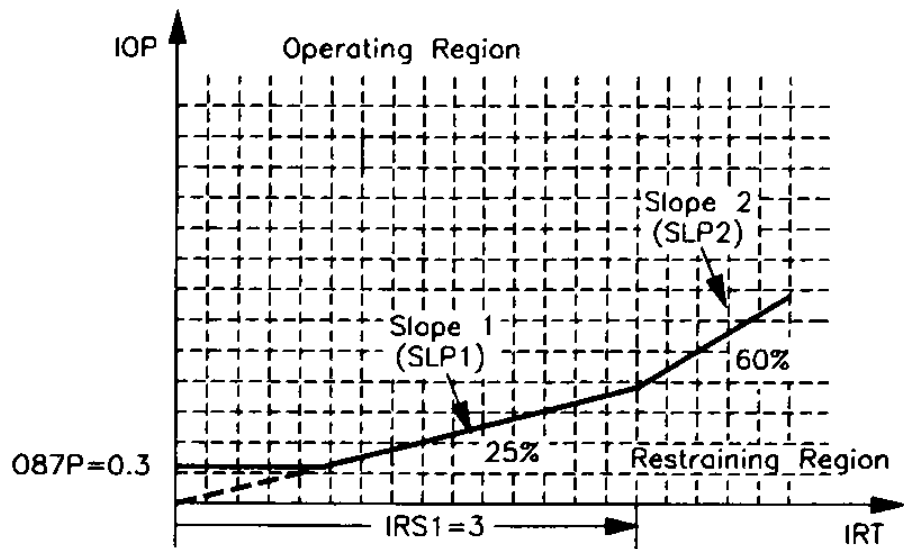


Khối chức năng 3: bao gồm các cổng so sánh quyết định tác động của các phần tử so lệch.

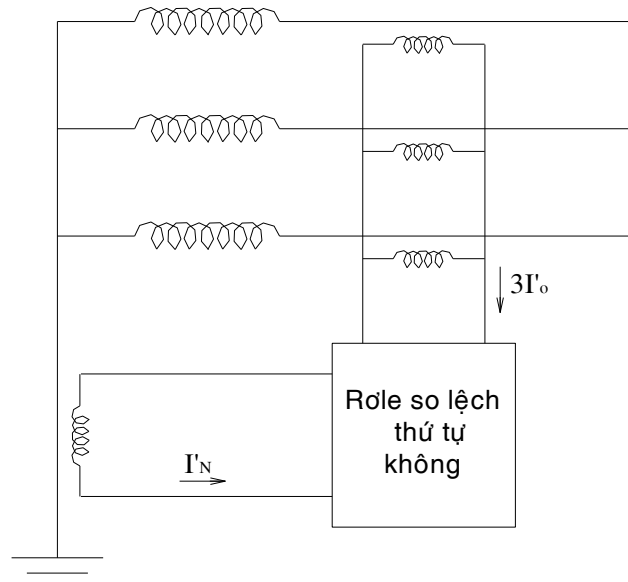


Đặc tuyến hãm: role SEL 387 sử dụng đặc tuyến hãm với hai độ dốc như hình vẽ sau. Chức năng so lệch có hãm tác động khi sự cố rơi vào vùng tác động, chức năng so lệch không hãm không bị ảnh hưởng bởi đặc tuyến này. Chú ý là tùy theo cấu hình cài đặt, chức năng so lệch có hãm còn có thể bị hãm thêm bằng họa tần bậc hai và bậc bốn (đặc tuyến hãm được tính tiến theo trục tung một đại lượng bằng tổng của họa tần bậc hai và bậc bốn) hoặc có thể bị khóa khi thành phần hài bậc hai hoặc bậc bốn lớn hơn ngưỡng cài đặt.





## 2. Bảo vệ so lệch thứ tự không (bảo vệ chống chạm đất cuộn dây MBA):

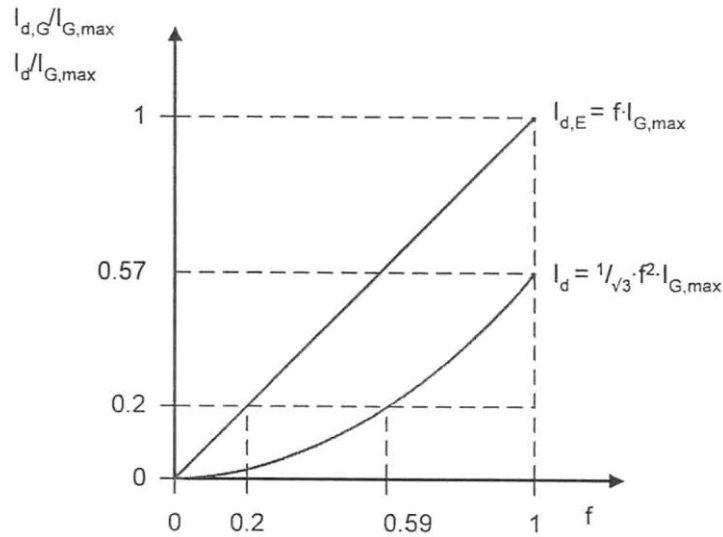


Đối với sự cố chạm đất cuộn dây máy biến áp, bảo vệ so lệch thứ tự không (50REF/64/87N) có độ nhạy cao hơn so với bảo vệ so lệch máy biến áp thông thường (87T).

Xét sự cố chạm đất pha A ở phía cuộn thứ cấp đầu sao (cuộn dây b) của máy biến áp tam giác - sao. Vị trí điểm chạm đất so với toàn bộ chiều dài cuộn dây được biểu diễn bằng hệ số  $f$  ( $0 \leq f \leq 1$ ). Giả sử máy biến áp được đóng điện không tải phía sơ cấp, máy cắt phía thứ cấp mở do đó dòng điện thứ cấp bằng không. Gọi  $I_{Gmax}$  là dòng điện ngắn mạch chạm đất lớn nhất khi xảy ra sự cố ở đầu cuộn dây thứ cấp (ứng với  $f = 1$ ). Dòng điện ngắn mạch phía cuộn thứ cấp phụ thuộc tuyến tính vào vị trí sự cố  $f$ , ta có:

$$I_Y = f \cdot I_{Gmax}$$





Ở trên ta đã giả sử tỉ số biến áp bằng 1. Biểu thức dòng so lệch cho thấy độ nhạy của bảo vệ chống chạm đất độc lập với tỉ số biến áp trong khi độ nhạy của bảo vệ so lệch máy biến áp phụ thuộc vào tỉ số biến áp và càng thấp hơn khi  $U_a > U_b$ .

### Role MiCOM P63x:

Bảo vệ chống chạm đất có hàm của role MiCOM P63x có thể tùy chọn một trong hai đại lượng hàm.

#### Hàm bằng dòng chạm đất ( $3I_0$ ):

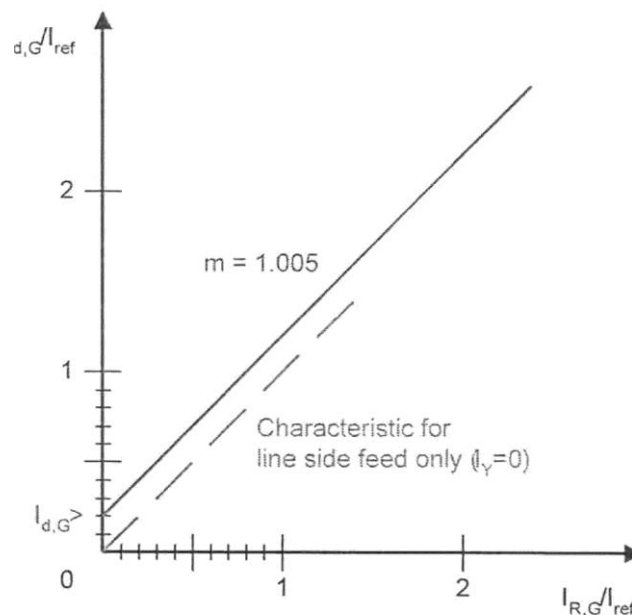
Dòng so lệch:

$$I_{d,G} = \left| k_P \cdot \sum (\bar{I}_A, \bar{I}_B, \bar{I}_C) + k_Y \cdot \bar{I}_Y \right|$$

Dòng hãm:

$$I_{R,G} = \left| k_P \cdot \sum (\bar{I}_A, \bar{I}_B, \bar{I}_C) \right|$$

Đặc tuyến tác động cho ở hình sau:



### Hãm bằng dòng điện pha lớn nhất:

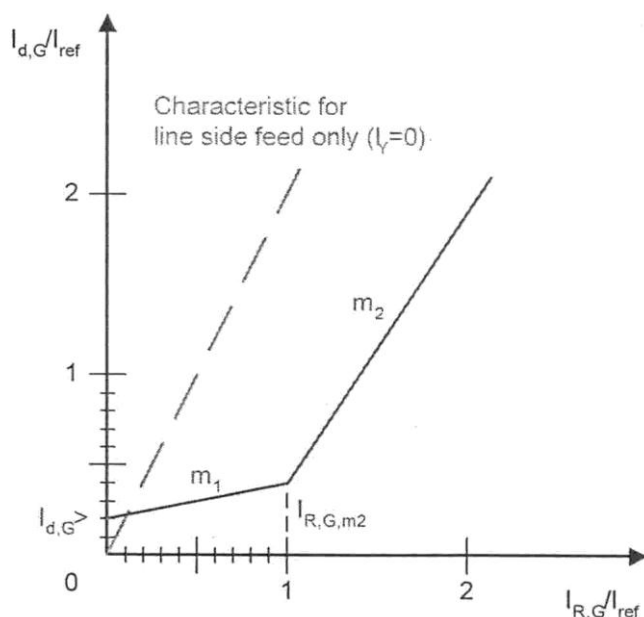
Dòng so lệch:

$$I_{d,G} = \left| k_P \cdot \sum (\vec{I}_A, \vec{I}_B, \vec{I}_C) + k_Y \cdot \vec{I}_Y \right|$$

Dòng hãm:

$$I_{R,G} = \frac{1}{2} \cdot \left( k_P \cdot \max(|\vec{I}_A|, |\vec{I}_B|, |\vec{I}_C|) + k_Y \cdot |\vec{I}_Y| \right)$$

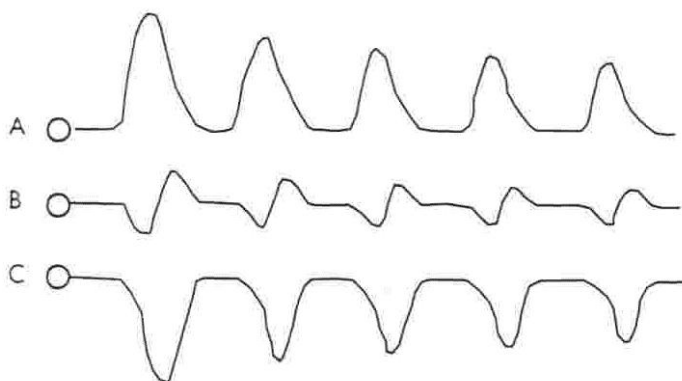
Đặc tuyến tác động cho ở hình sau:



### **3. Hiện tượng dòng từ hóa nhảy vọt (magnetising inrush current) khi đóng điện không tải MBA:**

Hiện tượng dòng từ hóa nhảy vọt có thể xuất hiện khi đóng điện không tải máy biến áp. Dòng điện từ hóa này có giá trị lớn nhưng không phải là dòng sự cố do đó yêu cầu bảo vệ so lệch không được tác động. Để tránh tác động sai, các role có thể khoá tác động theo những phương pháp khác nhau:

Role KBCH 130: role phát hiện dòng từ hóa bằng cách phân tích dạng sóng dòng điện. Dạng sóng dòng điện từ hoá cho thấy dòng từ hoá có những khoảng có giá trị rất nhỏ gần bằng không. Role KBCH 130 đo những khoảng thời gian dòng từ hóa có giá trị nhỏ và khoá chức năng bảo vệ so lệch khi phát hiện dòng từ hóa.



**Role SEL 387:** để bảo đảm chức năng so lệch không tác động sai khi xuất hiện dòng từ hoá, role SEL 387 có các tùy chọn sau:

**Hãm họa tần:**

Role tính tổng các thành phần họa tần bậc 2 và họa tần bậc 4 và tính tiến đặc tuyến hãm theo trục tung một đại lượng bằng tổng của họa tần bậc hai và bậc bốn.

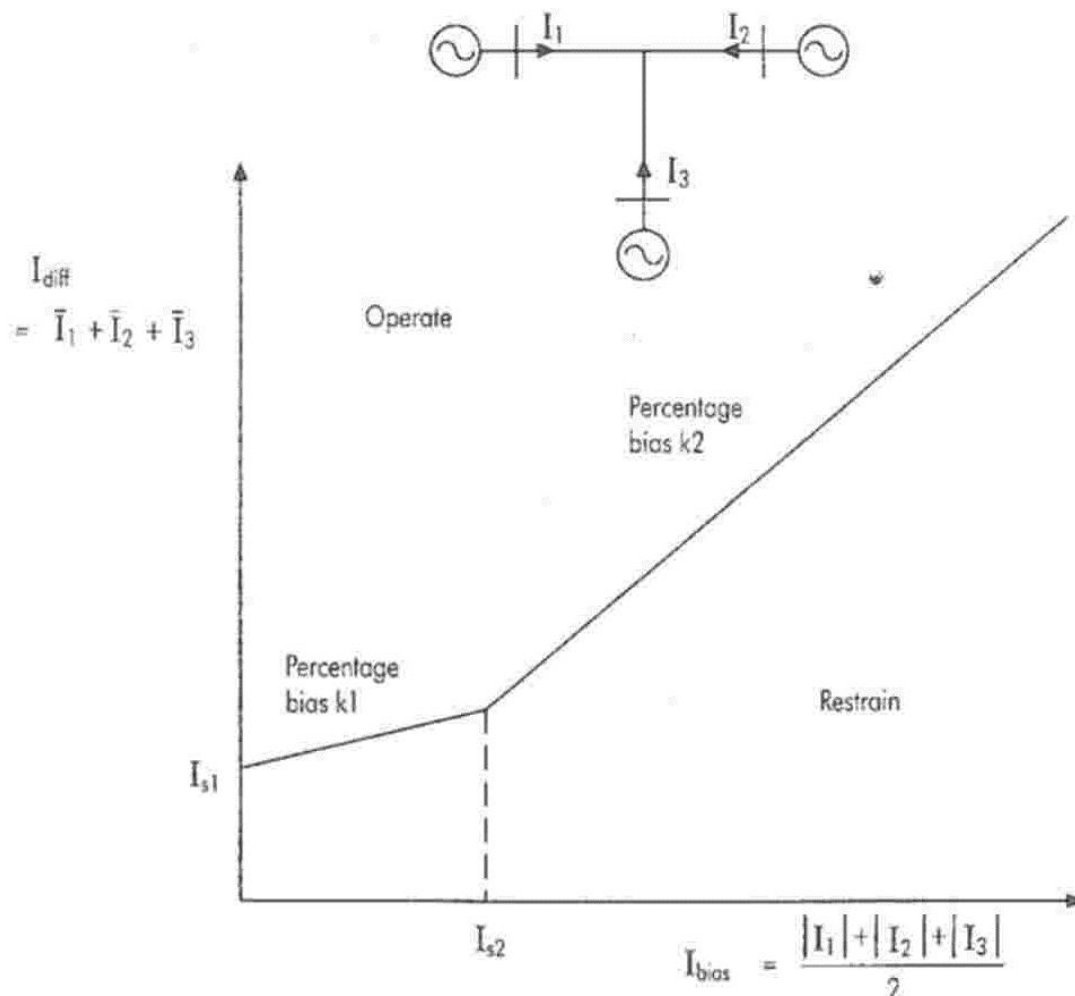
**Khóa họa tần:**

Role SEL 387 sử dụng thành phần họa tần bậc 2, bậc 4 để khóa chức năng so lệch. So với dòng sự cố, dòng từ hóa khi đóng không tải máy biến áp chứa nhiều thành phần họa tần bậc chẵn hơn (dòng từ hóa thường chứa hơn 30% họa tần bậc hai). Role SEL 387 tính toán thành phần họa tần bậc hai, họa tần bậc bốn và thành phần DC của dòng so lệch và khóa chức năng bảo vệ so lệch khi các đại lượng này cao hơn ngưỡng cài đặt.

## VI. BẢO VỆ SO LỆCH DỌC ĐƯỜNG DÂY

### 1. Role MiCOM P546:

Khi xảy ra sự cố ngoài vùng bảo vệ, dòng so lệch cũng có thể xuất hiện do CT bị bão hòa. Để bảo đảm hoạt động tin cậy, role MiCOM P546 sử dụng đặc tuyến hãm với hai độ dốc như hình vẽ:



Dòng so lệch:

$$I_{diff} = \vec{I}_1 + \vec{I}_2 + \vec{I}_3$$

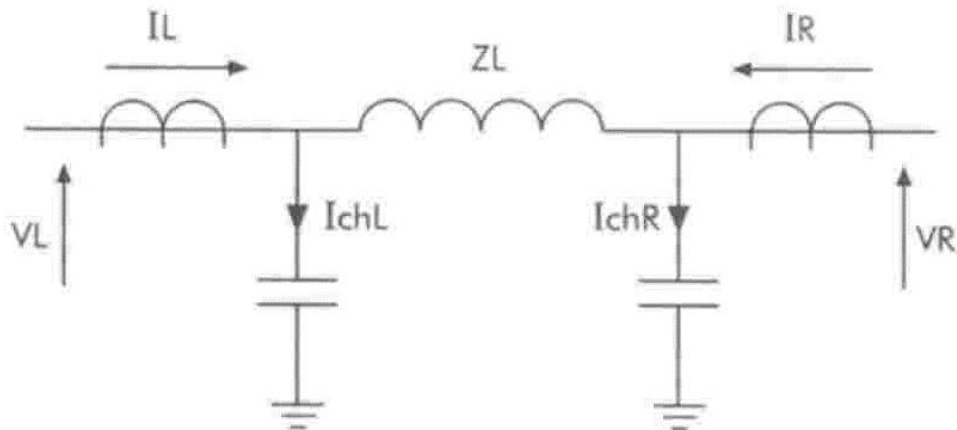
Dòng hãm:

$$I_{bias} = \frac{|\vec{I}_1| + |\vec{I}_2| + |\vec{I}_3|}{2}$$

Role xuất lệnh trip khi điểm sự cố nằm trong vùng tác động, tức là khi thỏa điều kiện:

$$\begin{aligned} |I_{diff}| &> k_1 \cdot |I_{bias}| + I_{s1} & \text{nếu } |I_{bias}| < I_{s2} \\ |I_{diff}| &> k_2 \cdot |I_{bias}| - (k_2 - k_1) \cdot I_{s2} + I_{s1} & \text{nếu } |I_{bias}| > I_{s2} \end{aligned}$$

Dòng điện dung (dòng nạp – charging current) của đường dây trên không hoặc cáp ngầm sẽ gây ra dòng so lệch và role có thể tác động sai khi dòng điện dung đủ lớn. Có hai loại dòng điện dung: dòng điện dung quá độ khi đóng điện không tải đường dây và dòng điện dung xác lập trong chế độ vận hành bình thường. Dòng điện dung quá độ khi đóng điện không tải đường dây chứa chủ yếu các thành phần hài bậc cao, bộ lọc Fourier của role sẽ lọc các thành phần hài bậc cao này và do đó bảo đảm role hoạt động ổn định. Dòng điện dung xác lập chứa chủ yếu thành phần cơ bản do đó có thể làm role tác động sai. Để tránh tác động sai, role MiCOM P546 sẽ loại trừ dòng điện dung khi tính toán dòng so lệch theo biểu thức sau:

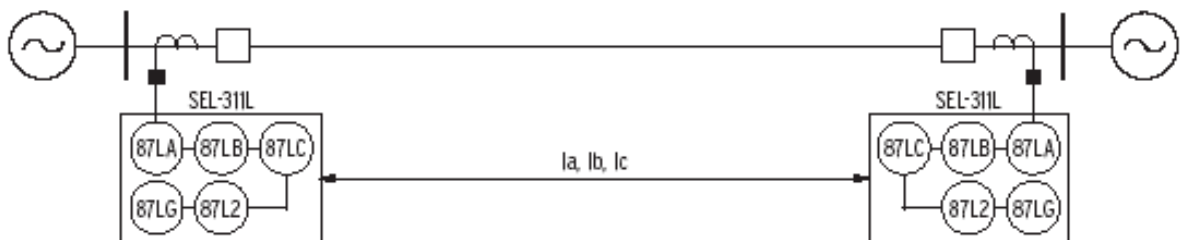


$$I_{diff} = \left( I_L - j \cdot U_L \cdot \frac{B_S}{2} \right) + \left( I_R - j \cdot U_R \cdot \frac{B_S}{2} \right)$$

với  $B_S$  là dung dẫn của đường dây.

## 2. Role SEL 311L:

Role SEL 311L có 5 phần tử so lệch dòng: ba phần tử cho 3 pha, một phần tử thứ tự nghịch và một phần tử thứ tự không.



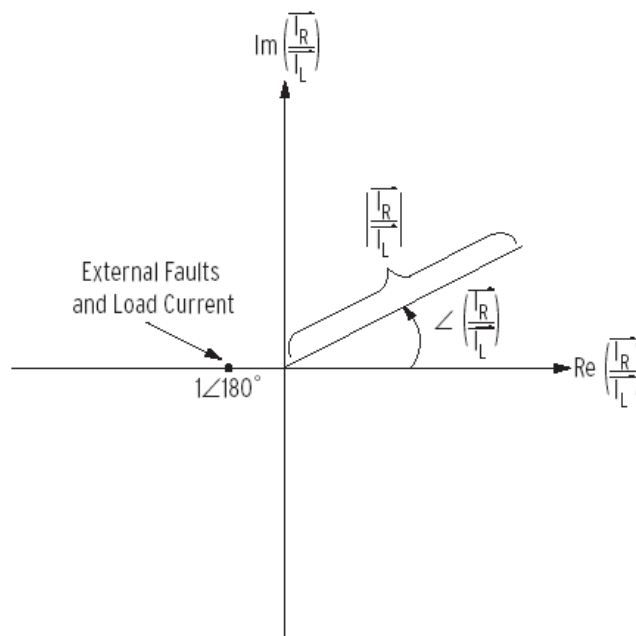
Trong tình trạng vận hành bình thường, giả sử dòng điện đi vào đường dây có góc pha  $0^\circ$  và dòng điện đi ra khỏi đường dây có góc pha  $180^\circ$ , biên độ dòng điện hai đầu đường dây bằng nhau và bằng 5A. Tỉ số dòng điện giữa hai đầu đường dây:

$$\frac{\vec{I}_{AR}}{\vec{I}_{AL}} = \frac{5\angle 180^\circ}{5\angle 0^\circ} = 1\angle 180^\circ$$

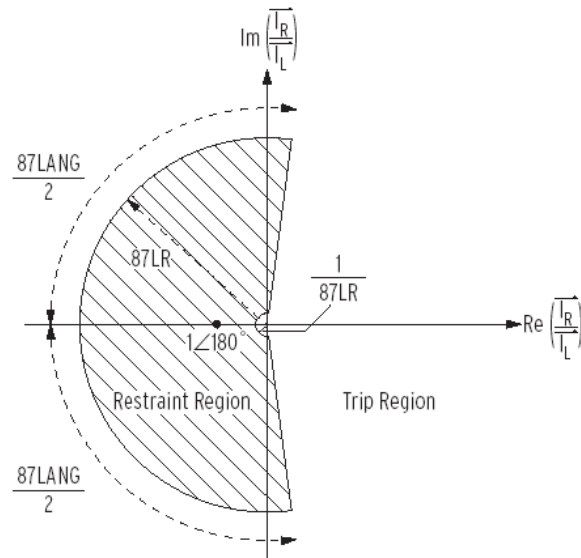
$$\frac{\vec{I}_{BR}}{\vec{I}_{BL}} = \frac{5\angle 60^\circ}{5\angle -120^\circ} = 1\angle 180^\circ$$

$$\frac{\vec{I}_{CR}}{\vec{I}_{CL}} = \frac{5\angle -60^\circ}{5\angle 120^\circ} = 1\angle 180^\circ$$

Khi vận hành bình thường và khi xảy ra sự cố ngoài vùng bảo vệ, tỉ số trên luôn có giá trị bằng  $1\angle 180^\circ$ . Tỉ số dòng điện giữa hai đầu đường dây được biểu diễn trên mặt phẳng phức như ở hình sau:



Trên mặt phẳng phức, role SEL 311L tạo ra xung quanh điểm  $1\angle 180^\circ$  một vùng hãm như hình vẽ. Chức năng so lệch tác động khi tỉ số dòng điện giữa hai đầu đường dây vượt ra ngoài vùng hãm này **và** dòng so lệch cao hơn ngưỡng cài đặt. Role không tác động khi tỉ số dòng điện giữa hai đầu đường dây nằm trong vùng hãm **hoặc** khi dòng so lệch nhỏ hơn ngưỡng cài đặt.



Dòng so lệch được xác định theo các biểu thức sau:

$$I_A^{diff} = \vec{I}_{AL} + \vec{I}_{AR}$$

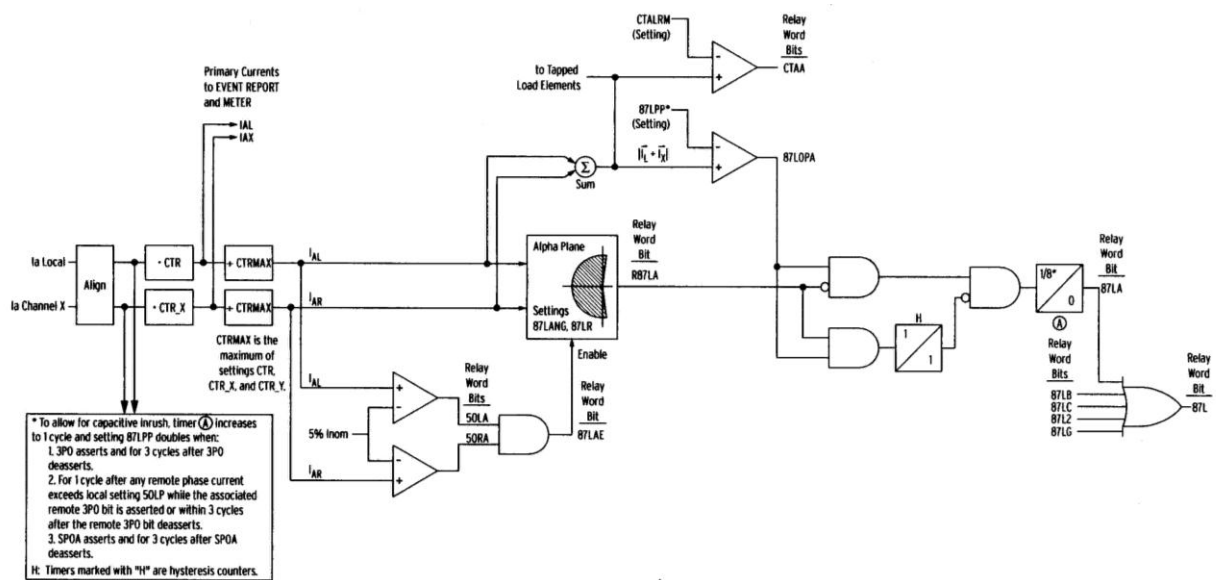
$$I_B^{diff} = \vec{I}_{BL} + \vec{I}_{BR}$$

$$I_C^{diff} = \vec{I}_{CL} + \vec{I}_{cR}$$

$$I_2^{diff} = 3 \cdot \vec{I}_{L2} + 3 \cdot \vec{I}_{R2}$$

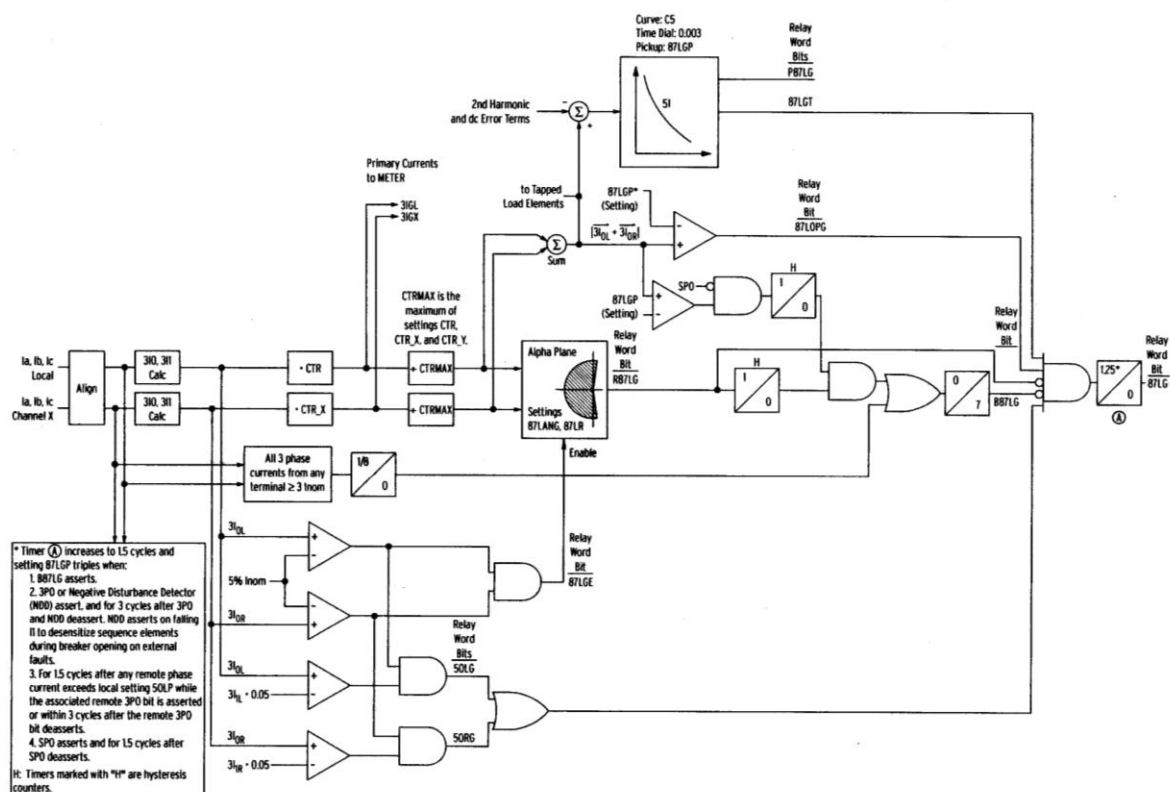
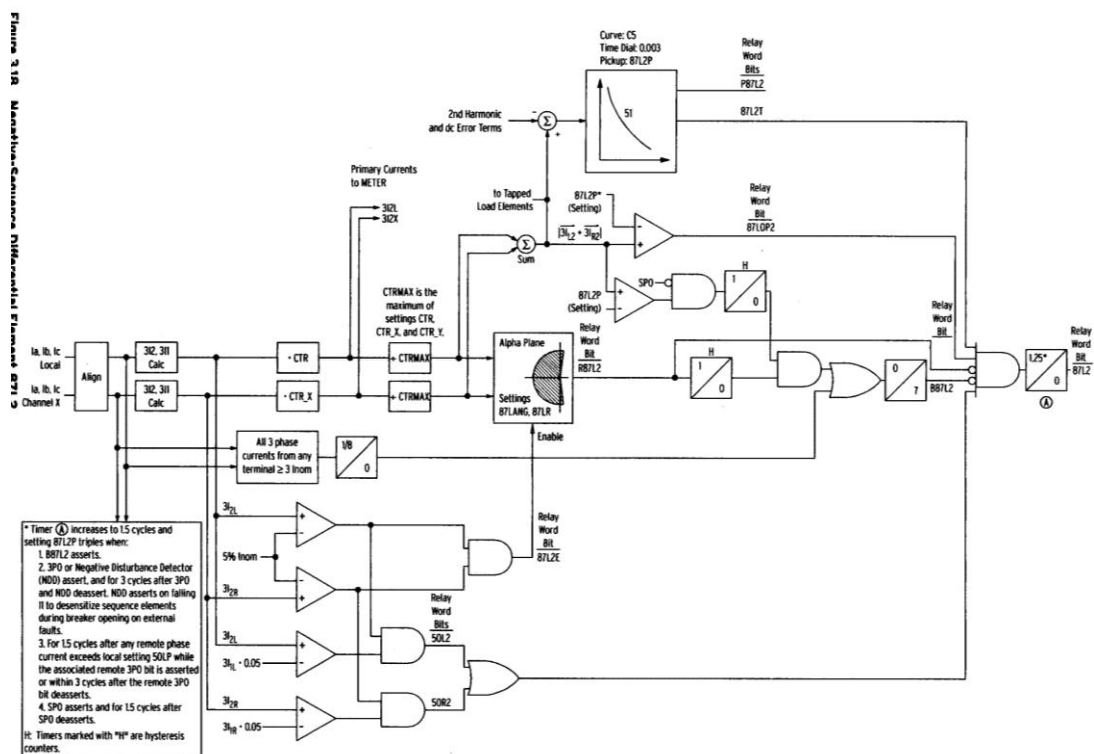
$$I_0^{diff} = 3 \cdot \vec{I}_{0L} + 3 \cdot \vec{I}_{0R}$$

Logic hoạt động của các phần tử bảo vệ so lệch dọc cho ở hình sau:



Logic hoạt động của phần tử so lệch dòng toàn phần.





Dòng so lệch:

$$I_{diff} = \left| \sum_{i=1}^n \vec{I}_i \right|$$

Dòng hãm:

$$I_{rstnt} = \sum_{i=1}^n |\vec{I}_i|$$

trong đó:

$\vec{I}_i$ : thành phần hạ tần cơ bản của dòng điện ngắn lộ thứ  $i$ .

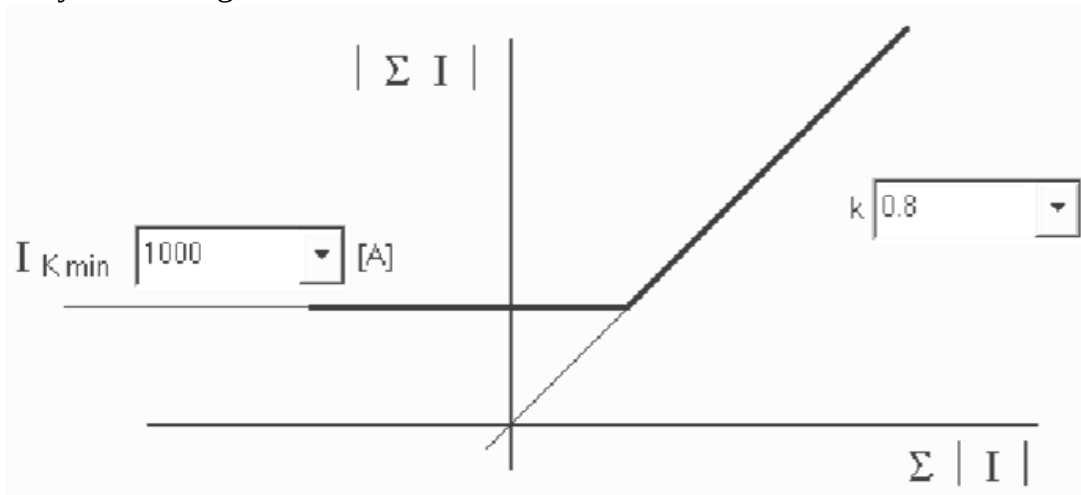
$n$ : số ngắn lộ trong vùng bảo vệ.

Hệ số ổn định  $k$  được xác định từ hai đại lượng trên:

$$k = \frac{I_{diff}}{I_{rstnt}} = \frac{\left| \sum_{i=1}^n \vec{I}_i \right|}{\sum_{i=1}^n |\vec{I}_i|}$$

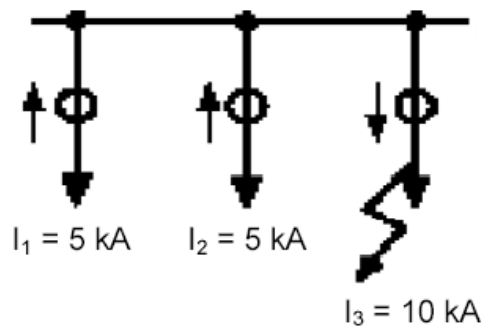
Các đại lượng trên được xác định cho từng pha và cho từng vùng bảo vệ.

Đặc tuyến tác động:



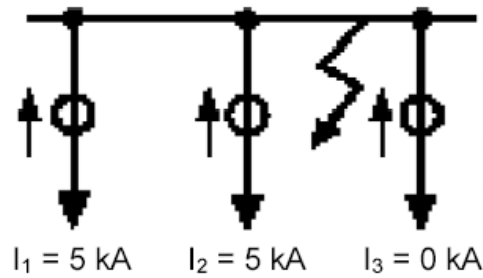
Khảo sát hoạt động của role trong các trường hợp sau:

Trường hợp 1: ngắn mạch ngoài vùng bảo vệ.



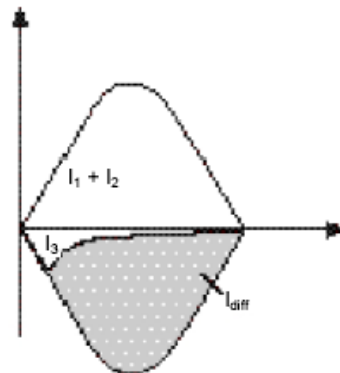
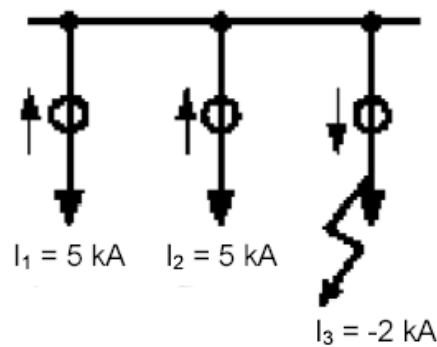
$$k = \frac{I_{diff}}{I_{rstnt}} = \frac{|5 + 5 - 10|}{|5| + |5| + |-10|} = 0$$

Trường hợp 2: ngắn mạch trong vùng bảo vệ:



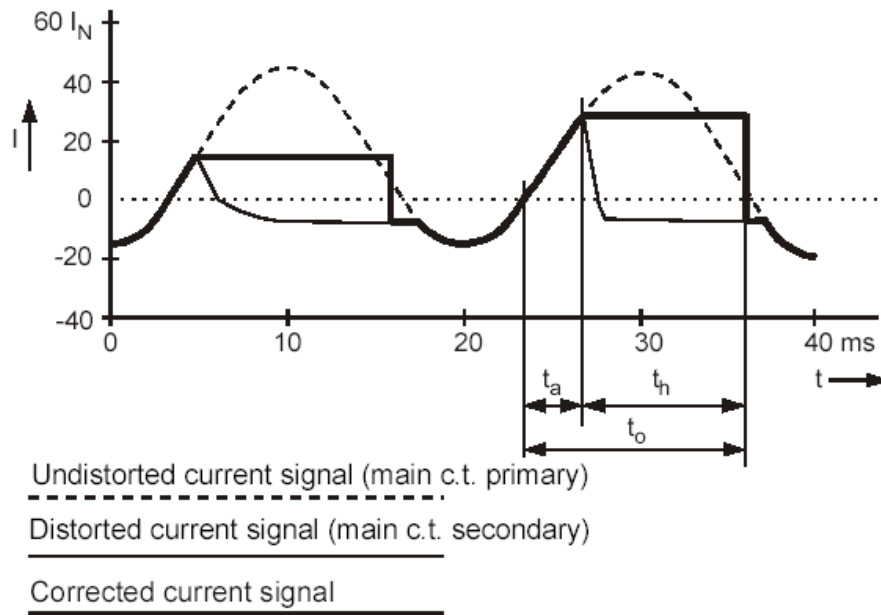
$$k = \frac{I_{diff}}{I_{rstnt}} = \frac{|5 + 5 + 0|}{|5| + |5| + |0|} = 1$$

Trường hợp 3: ngắn mạch ngoài vùng bảo vệ, CT bị bão hoà.



$$k = \frac{I_{diff}}{I_{rstnt}} = \frac{|5 + 5 - 2|}{|5| + |5| + |-2|} = 0,67$$

Khi ngắn mạch ngoài vùng bảo vệ với dòng sự cố lớn, CT có thể bị bão hòa làm xuất hiện dòng so lệch và role có thể tác động sai. Để tránh tác động sai trong trường hợp bão hòa CT, role REB 500 sử dụng chức năng đặc biệt sau đây để đạt được xấp xỉ gần đúng dạng sóng dòng điện.

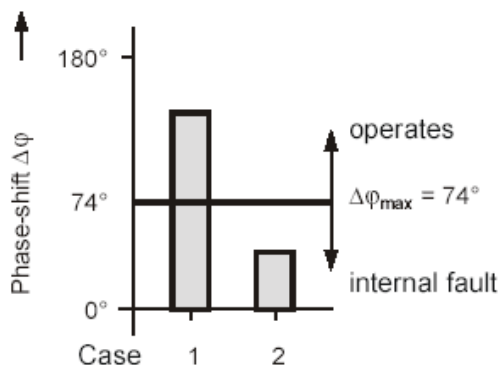


Để bảo đảm chức năng bảo vệ so lệch thanh cái không tác động sai khi CT bị bão hòa, role REB 500 sử dụng thêm chức năng so sánh góc pha dòng điện của các ngăn lộ trong vùng bảo vệ. Khi ngắn mạch trong vùng bảo vệ, dòng điện của tất cả các ngăn lộ có cùng góc pha. Ngược lại, khi ngắn mạch ngoài vùng bảo vệ, có ít nhất một ngăn lộ có dòng điện ngược pha với dòng điện những ngăn lộ còn lại. Chức năng so sánh pha so sánh góc pha tất cả các dòng điện của các ngăn lộ trong vùng bảo vệ, nếu độ lệch pha giữa chúng nhỏ hơn  $74^\circ$  thì role xác định sự cố trong vùng bảo vệ. Để bảo đảm tác động đúng, chức năng so sánh pha không xét những ngăn lộ có dòng nhỏ.

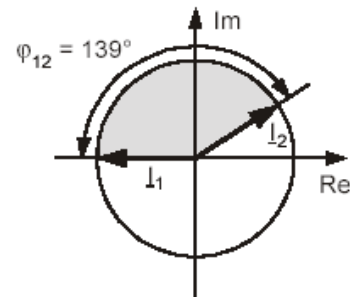
Diagram of busbar



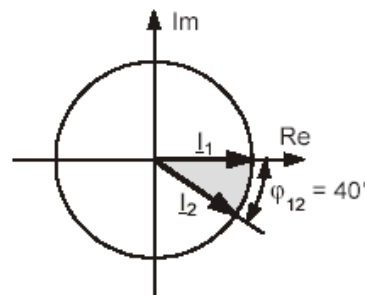
Operating characteristic



Case 1: external fault  $\Delta\phi = 139^\circ$



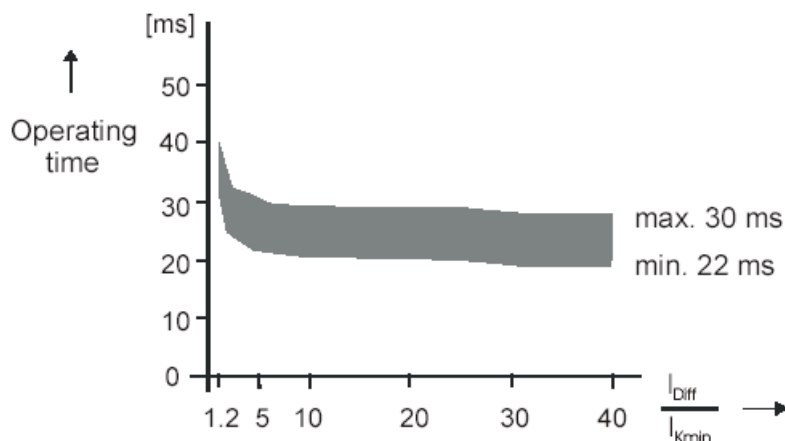
Case 2: internal fault  $\Delta\phi = 40^\circ$



Như vậy, chức năng bảo vệ thanh cái tác động khi thỏa mãn đồng thời 3 điều kiện sau:

- Dòng so lệch  $I_{diff}$  lớn hơn giá trị cài đặt.
- Hệ số  $k$  lớn hơn giá trị cài đặt.
- Góc lệch pha giữa dòng điện của các ngăn lộ nhỏ hơn giá trị cài đặt.

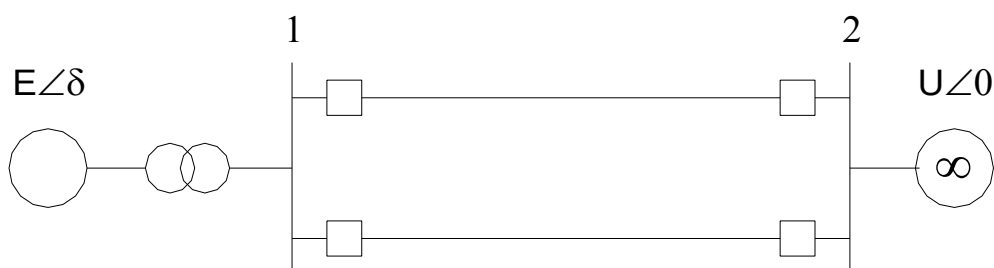
Thời gian tác động của bảo vệ so lệch thanh cái:



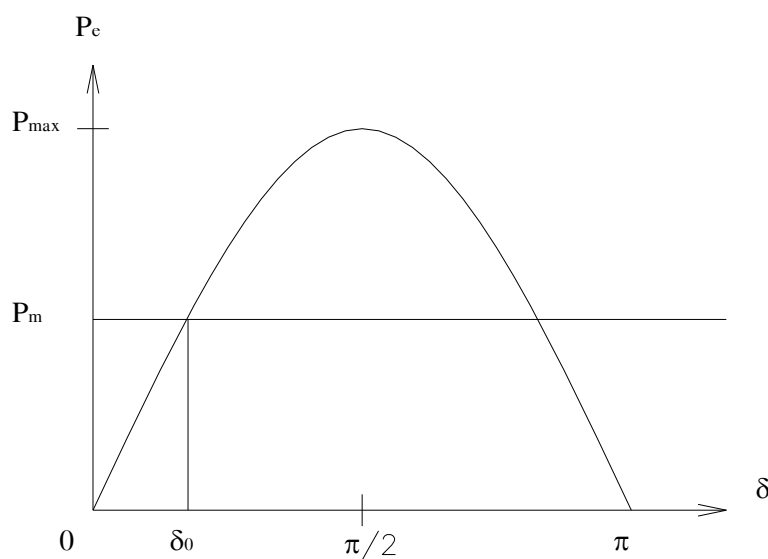
### VIII. ẢNH HƯỞNG CỦA TỰ ĐÓNG LẠI ĐỐI VỚI ỔN ĐỊNH HỆ THỐNG ĐIỆN

Thống kê cho thấy rằng khoảng 85% sự cố trên các đường dây truyền tải là sự cố thoát qua. Sau khi cắt sự cố, hồ quang có thể tự dập tắt, cách điện được phục hồi và đường dây có thể đóng lại thành công. Có hai chế độ tự đóng lại đường dây: tự đóng lại một pha và tự đóng lại ba pha. Phần sau sẽ khảo sát ảnh hưởng của tự đóng lại đối với ổn định hệ thống điện.

Xét hệ thống gồm một nguồn phát nối với thanh cái vô cùng lớn qua hai đường dây truyền tải như hình vẽ:



Đường đặc tuyến công suất truyền tải trên đường dây cho bởi hình sau:



trong đó:

$$P_e = \frac{|E| \cdot |U|}{X_{12}} \cdot \sin \delta : \text{công suất (điện) truyền tải trên đường dây.}$$

$P_m$ : công suất cơ cung cấp bởi turbin.

$X_{12}$ : trở kháng tương đương giữa nguồn  $E$  và  $U$ .

$\delta$ : góc lệch pha giữa  $E$  và  $U$ .

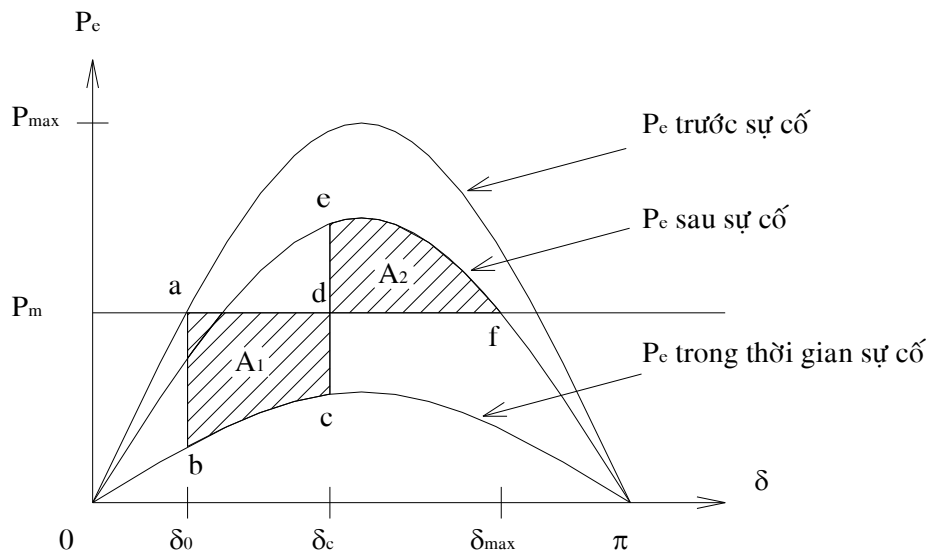
### 1. So sánh ổn định hệ thống khi không có tự đóng lại và khi có tự đóng lại 3 pha:

Ổn định quá độ (ổn định động - transient stability) của hệ thống đơn giản ở trên có thể khảo sát bằng tiêu chuẩn cân bằng diện tích. Hệ thống ổn định khi diện tích hãm tốc lớn hơn hoặc bằng diện tích tăng tốc.

Trường hợp 1: Không có tự đóng lại.

Diện tích tăng tốc  $A_1$ : diện tích hình thang cong abcd.

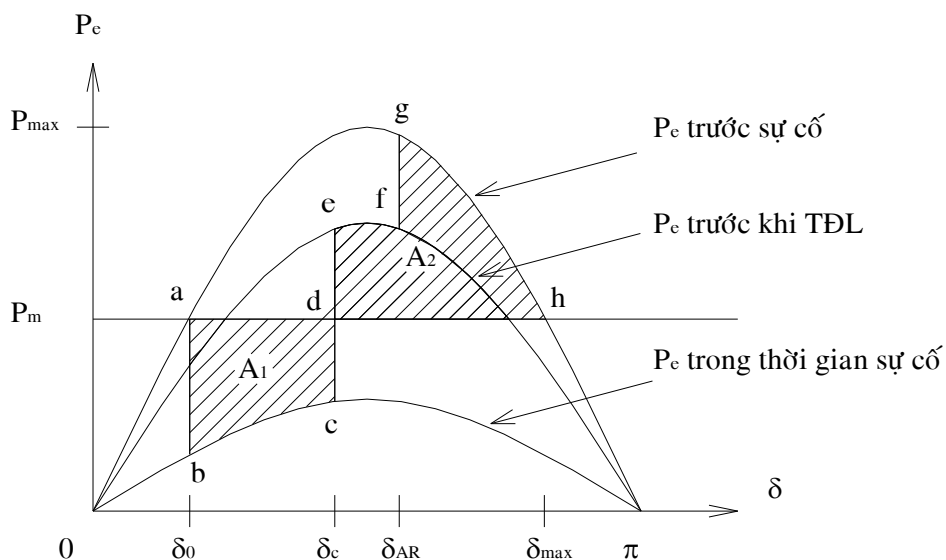
Diện tích hãm tốc  $A_2$ : diện tích tam giác cong def.



Trường hợp 2: Có tự đóng lại:

Diện tích tăng tốc  $A_1$ : diện tích hình thang cong abcd.

Diện tích hãm tốc  $A_2$ : diện tích đa giác cong defgh.



Như vậy, khi có tự đóng lại diện tích hãm tốc tăng thêm một lượng bằng diện tích tam giác cong fgh do đó hệ thống có độ dự trữ ổn định cao hơn.

## 2. So sánh ổn định hệ thống giữa tự đóng lại 3 pha và tự đóng lại một pha:

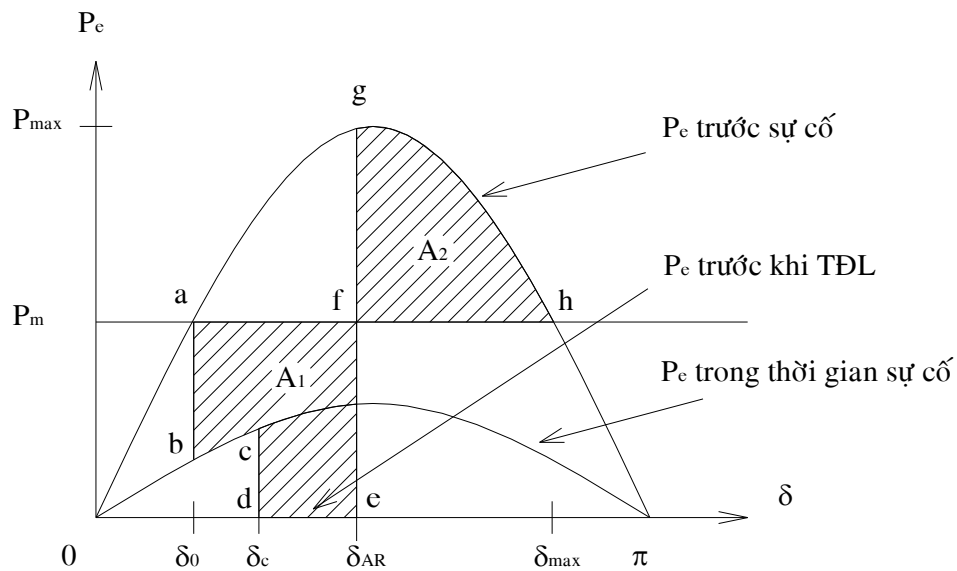
Tự đóng lại một pha đặc biệt quan trọng khi hai hệ thống liên kết với nhau hoặc một nguồn phát liên kết với hệ thống bằng một đường dây truyền tải. Xét hệ thống gồm một nguồn phát nối với thanh cái vô cùng lớn qua một đường dây truyền tải như hình vẽ:



### Trường hợp 1: Tự đóng lại ba pha:

Diện tích tăng tốc  $A_1$ : diện tích đa giác cong abcdef.

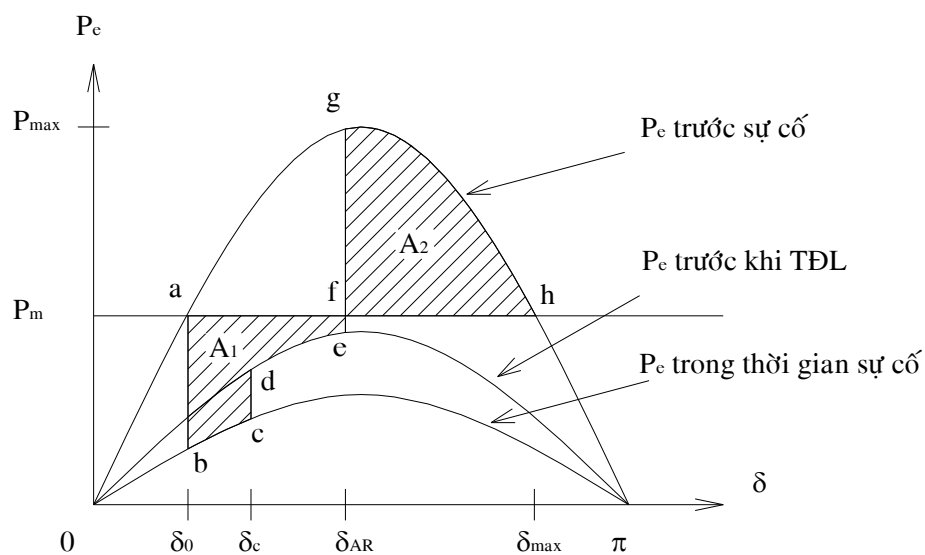
Diện tích hãm tốc  $A_2$ : diện tích tam giác cong fgh.



### Trường hợp 2: Tự đóng lại một pha:

Diện tích tăng tốc  $A_1$ : diện tích đa giác cong abcdef.

Diện tích hãm tốc  $A_2$ : diện tích tam giác cong fgh.



Như vậy, khi tự đóng lại một pha hệ thống có độ dự trữ ổn định cao hơn vì diện tích tăng tốc nhỏ hơn so với khi tự đóng lại ba pha do công suất vẫn được truyền tải qua hai pha còn lại khi pha sự cố được cắt ra.