

ÁP DỤNG MẠNG HAI CỦA TÍNH TOÁN SỰ CỐ ĐỒNG THỜI

Nguyễn Hoàng Việt, Nguyễn Ngọc Ân
Trường Đại Học Bách Khoa, ĐHQG-HCM

TÓM TẮT: Sự cố đồng thời là loại sự cố hiếm gặp trong thực tế. Tuy vậy, cũng không phải là không thể xảy ra dù xác suất rất thấp. Để có một cái nhìn tốt hơn về các tình trạng của lưới, cũng cần xem xét đến các dạng sự cố khác nhau xảy ra cùng một lúc. Bài này sẽ phân tích bài toán 2 sự cố đồng thời dùng mạng 2 cửa. Bài báo đưa ra các bước để giải bài toán tổng quát, trong đó, xác định ma trận tổng trở thành cái là bước rất quan trọng. Từ đó có thể áp dụng máy tính (ở đây dùng phần mềm MATLAB) để giải quyết vấn đề một cách hiệu quả.

1. GIỚI THIỆU

Khi tính toán chọn thiết bị và trị số đặt cho các thiết bị rơ le bảo vệ hệ thống điện, thường tính các sự cố như ngắn mạch 1 pha, 2 pha hay 3 pha tại một điểm (thường là một nút) xác định trong hệ thống.

Trong thực tế, tuy nhiên, mặc dù với xác suất rất thấp, vẫn có thể có trường hợp 2 hay nhiều sự cố cùng xảy ra một lúc tại 1,2 hay nhiều điểm khác nhau trong hệ thống. Ví dụ: đường dây bị đứt một hay nhiều pha gây hở mạch và chạm đất; một đường dây bị ngắn mạch đồng thời với một đường dây khác bị hở mạch do cầu chì bị nổ; hệ thống bị ngắn mạch nhiều nơi do thời tiết mưa bão v.v.. Trong những trường hợp như thế, trị số dòng, áp trên các phần tử của lưới có thể thay đổi khác thường. Hậu quả là có thể dẫn đến tình trạng thiết bị bảo vệ không tác động hoặc tác động sai (sự cố ở chỗ này nhưng làm cho đồng, áp ở chỗ khác vượt quá trị số tác động của rơ le).

Vì vậy, để có thể đảm bảo tốt hơn việc bảo vệ hệ thống điện, cần xem xét toàn diện hơn nữa các tình huống xấu nhất có thể xảy ra mà tính toán sự cố đồng thời cũng là một việc có thể đem lại nhiều kết quả đáng tham khảo.

Ở đây, sẽ dùng mạng 2 cửa để phân tích và dùng phần mềm MATLAB để lập trình giải bài toán tổng quát.

2. ÁP DỤNG MẠNG HAI CỬA VÀO TÍNH TOÁN SỰ CỐ ĐỒNG THỜI

Trong bài báo này, mạng 2 cửa được dùng để khảo sát 2 sự cố đồng thời. Như vậy, coi 2 điểm sự cố như là 2 cửa của mạng.

Đối với loại sự cố song song (ngang) như ngắn mạch chạm đất một hay nhiều pha, cửa vào sẽ gồm 2 nút: một nút tại vị trí ngắn mạch trong hệ thống F, nút còn lại là đất 0.

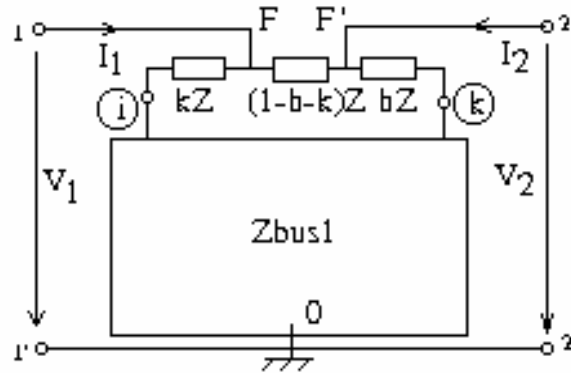
Đối với loại sự cố nối tiếp (dọc) như hở mạch đường dây một pha hay nhiều pha, cửa vào là 2 điểm hở mạch F và M. Bây giờ, vấn đề là xác định thông số của mạng 2 cửa này.

2.1. Tính thông số mạng hai cửa thứ tự thuận, nghịch và không:

Xét hai trường hợp: sự cố đồng thời trên 1 đường dây (hay phần tử) và sự cố đồng thời trên 2 đường dây khác nhau.

Trong mỗi trường hợp xét 3 trường hợp khác nhau: ngang-ngang, ngang-dọc và dọc-dọc. Biết rằng thông số của mạng 2 cửa phụ thuộc vào ma trận tổng trở Zbus của mạng.

Để minh họa, xét trường hợp sự cố loại ngang-ngang, các trường hợp còn lại cách tính hoàn toàn tương tự. Sơ đồ tương đương mạng 2 cửa thứ tự [1] lúc này cho ở hình 1



Hình 1. Sơ đồ mạng 2 cửa thứ tự tương đương trong trường hợp sự cố ngang-ngang trên 1 đường dây

Trong hình, F, F' lần lượt là 2 điểm ngắn mạch trên nhánh ik của lưới, Z là tổng trở nhánh ik, k là khoảng cách từ điểm sự cố F đến điểm đầu nhánh, h là khoảng cách từ F' đến điểm cuối nhánh, Zbus1 là ma trận tổng trở thành cái của phần lưới còn lại trừ nhánh ik. Phần lưới còn lại này xem như tương đương với mạng hai cửa ik0.

Theo định nghĩa của ma trận thành cái, dễ dàng suy ra thông số Z của mạng ik0 [2] như sau: $Z_{11} = Z_{bus1}(i,i)$; $Z_{12} = Z_{bus1}(i,k)$; $Z_{21} = Z_{bus1}(k,i)$; $Z_{22} = Z_{bus1}(k,k)$

Như vậy, dễ dàng suy ra thông số mạch tương đương hình pi của nó như sau:

$$Z_1 = \frac{Z_{11}Z_{22} - Z_{12}Z_{21}}{Z_{12}}, \quad Z_3 = \frac{Z_{11}Z_{22} - Z_{12}Z_{21}}{Z_{11} - Z_{12}}, \quad Z_2 = \frac{Z_{11}Z_{22} - Z_{12}Z_{21}}{Z_{22} - Z_{21}}$$

Với: Z_1 là tổng trở nhánh dọc, Z_2 và Z_3 là 2 tổng trở nhánh ngang của mạch hình pi.

Biết thông số mạng ik0, dễ dàng suy ra thông số mạng 2 cửa 11'-22'.

Trên đây là cách tính thông số thụ động cho các mạng thứ tự của lưới. Trong mạng thứ tự thuận, còn phải tính các điện áp hở mạch trên hai cửa.

Tính điện áp hở mạch của mạng 2 cửa thứ tự thuận:

Giải bài toán phân bố công suất của lưới trước sự cố để tìm điện áp các nút, sau đó tính điện áp hở mạch 2 cửa như sau:

$$V_{z1} = \frac{V_k - V_i}{Z} kZ + V_i, \quad V_{z2} = \frac{V_i - V_k}{Z} hZ + V_k$$

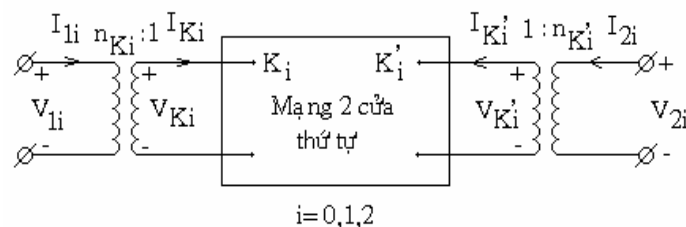
Trong đó, V_i , V_k là điện áp nút i và nút k trước sự cố.

2.2. Tính áp, dòng tại các điểm sự cố:

Các loại sự cố xét ở đây gồm: sự cố ngắn mạch chạm đất 1 pha (1LG), chạm đất 2 pha (2LG), chạm đất 3 pha (3LG), hở mạch 1 pha (1LO), hở mạch 2 pha (2LO) và hở mạch 3 pha (3LO).

+Trường hợp sự cố không đối xứng-không đối xứng:

Để tìm dòng, áp tại điểm sự cố, ta dùng sơ đồ mạng 2 cửa thứ tự có máy biến áp lý tưởng của Atabekov như hình 2:



Hình 2. Mạng 2 cửa thứ tự diễn tả sự cố đồng thời

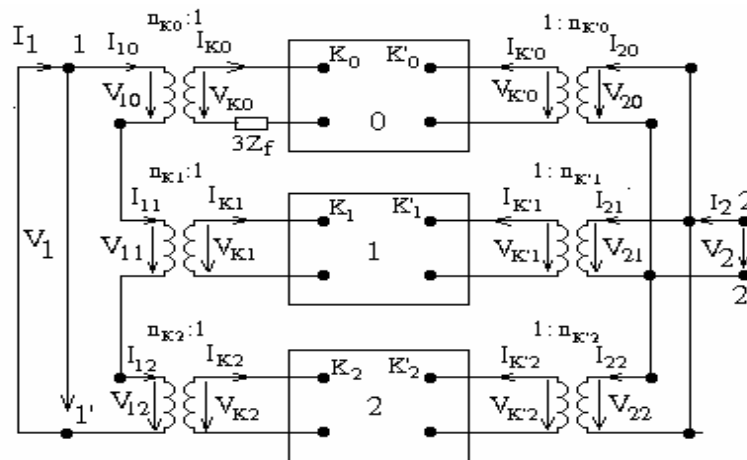
Trong đó, $K_i \equiv F$ và $K_i' \equiv F'$ nếu sự cố là ngắn mạch và $K_i \equiv M$ và $K_i' \equiv M'$ nếu sự cố là hở mạch; V_{Ki} , I_{Ki} , $V_{K'i}$, $I_{K'i}$ là áp và dòng thứ tự pha a tại 2 điểm sự cố. Các máy biến áp lý tưởng hay máy dịch pha có các tỉ số biến đổi:

$$n_{Ki} = \frac{V_{li}}{V_{Ki}} = \frac{I_{li}}{I_{Ki}} \quad n_{K'i} = \frac{V_{2i}}{V_{K'i}} = \frac{I_{2i}}{I_{K'i}}$$

n_{Ki} , $n_{K'i}$ có giá trị tùy thuộc vào ‘pha đối xứng’ như sau:

Vị trí sự cố	Pha đối xứng	Độ dịch pha		
		n_0	n_1	n_2
a hoặc b-c	a	1	1	1
b hoặc c-a	b	1	a^2	a
c hoặc a-b	c	1	a	a^2

Kết nối các mạng 2 cửa thứ tự được thực hiện trên các cực $\emptyset$ - $\emptyset$ của máy biến áp [1]
 Đối với sự cố không đối xứng, có 2 loại kết nối mạng thứ tự: nối tiếp (1LG, 2LO) và song song (2LG, 1LO). Ví dụ: đối với sự cố đồng thời 1LG-1LO kết nối mạng thứ tự sẽ là nối tiếp-song song như hình 3:

**Hình 3.** Kết nối các mạng 2 cửa thứ tự của sự cố 1LG-1LO

Các phương trình ràng buộc: Gồm: Phương trình mạng 2 cửa, phương trình biến đổi áp, dòng của máy dịch pha, phương trình điều kiện sự cố. Giải hệ các phương trình này, sẽ tìm được các dòng, áp thứ tự pha a tại các điểm sự cố, từ đó suy ra dòng, áp toàn phần tương ứng.[3]

+Trường hợp sự cố đối xứng-đối xứng:

Gồm tổ hợp của 2 loại sự cố ngắn mạch 3 pha chạm đất và hở mạch 3 pha. Vì là đối xứng nên sơ đồ không cần máy biến áp dịch pha và chỉ cần tính toán thành phần thứ tự thuận.

+Trường hợp sự cố đối xứng-không đối xứng:

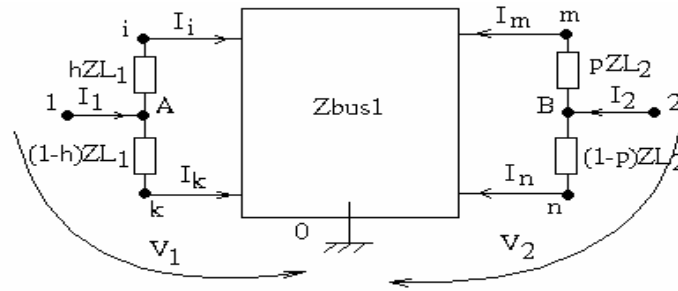
Ở cửa đối xứng sơ đồ không dùng máy biến áp còn ở cửa không đối xứng thì giống như trên.

2.3.Tính dòng, áp nhánh khi sự cố:

Cho mạng thứ tự nghịch và không (H.4)

Trường hợp sự cố trên 2 nhánh:

Ví dụ 1LG-2LG



Hình 4. Sơ đồ tương đương của lưới khi sự cố đồng thời 1LG-2LG trên 2 nhánh

Vì mạng thứ tự nghịch và không có nguồn nên phương trình mô tả mạng Zbus1 có dạng:

$$V = Z_{bus1}.I \quad (1)$$

Với:

$$V = \begin{bmatrix} V_1 \\ \vdots \\ V_t \end{bmatrix} \quad \text{và} \quad I = \begin{bmatrix} I_1 \\ \vdots \\ I_t \end{bmatrix} \quad (t \text{ là số nút mạng})$$

là véc tơ điện áp nút và véc tơ nguồn dòng nút của mạng Zbus1.

Khi sự cố, chỉ có các nút i, k, m, n là được bơm vào các nguồn dòng ngắn mạch I_i, I_k, I_m, I_n với:

$$I_i = \frac{V_A - V_i}{hZ_{ik}} = \frac{1}{hZ_{ik}} V_A - \frac{1}{hZ_{ik}} V_i \quad I_k = \frac{V_A - V_k}{(1-h)Z_{ik}} = \frac{1}{(1-h)Z_{ik}} V_A - \frac{1}{(1-h)Z_{ik}} V_k$$

$$I_m = \frac{V_B - V_m}{pZ_{mn}} = \frac{1}{pZ_{mn}} V_B - \frac{1}{pZ_{mn}} V_m \quad I_n = \frac{V_B - V_n}{(1-p)Z_{mn}} = \frac{1}{(1-p)Z_{mn}} V_B - \frac{1}{(1-p)Z_{mn}} V_n$$

Thay các dòng này vào (1) và làm một ít biến đổi, ta được: $V = Z_{bus1}(M - NV)$

Trong đó: M và N là 2 ma trận phụ thuộc vào các giá trị điện áp tại các điểm sự cố A và B.

Từ đây, suy ra: $V = (I + Z_{bus1}.N)^{-1}.Z_{bus1}.M$

Các trường hợp khác: Tính tương tự ta cũng được kết quả giống vậy.

+ Cho mạng thứ tự thuận:

Vì mạng thứ tự thuận có nguồn nên phương trình áp nút của nó có dạng:

$$V = Z_{bus1}.I + V_{ho} \quad (2)$$

Với: V_{ho} là ma trận điện áp nút của mạng Zbus1 trước sự cố.

Giải (2) tương tự như trường hợp a) ta được: $V = (I + Z_{bus1}.N)^{-1}(Z_{bus1}.M + V_{ho})$.

Sau khi tính được điện áp thứ tự ở các nút, ta tính được các dòng thứ tự các nhánh [3]. Từ đó suy ra dòng và áp toàn phần.

3. ỨNG DỤNG MÁY TÍNH TÍNH SỰ CỐ ĐỒNG THỜI:

Từ các phân tích ở trên ta có thể lập trình tính toán sự cố đồng thời với các bước như sau:

- Tính ma trận tổng trở thành cái của mạng Zbus.
- Tính ma trận tổng trở thành cái 'thứ cấp' Zbus1 của mạng ban đầu sau khi bỏ các nhánh sự cố.
- Từ Zbus1 tính thông số của mạng 2 của thứ tự thuận, nghịch và không của lưới.
- Tính điện áp hở mạch của mạng 2 của bằng cách giải bài toán phân bố công suất của lưới trước sự cố.
- Tính dòng, áp thứ tự tại các điểm sự cố.

-Tính điện áp hở mạch Vho của các nút lưới trước sự cố.

-Tính dòng, áp thứ tự trên các nhánh lưới.

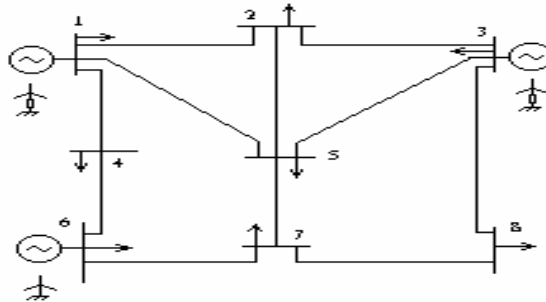
-Tính dòng, áp nhánh toàn phần từ dòng, áp nhánh thứ tự.

Ta có thể dùng phần mềm MATLAB với ưu thế về tính toán ma trận để lập trình.

Ghi chú: Cách tính trên là tính chính xác. Ngoài ra cũng có thể tính gần đúng bằng cách coi điện áp nút trước sự cố đều bằng nhau và bằng 1.

4. VÍ DỤ

Cho mạng điện 8 nút có sơ đồ như hình 5.



Hình 5. Sơ đồ một sợi của lưới ví dụ

Số liệu máy phát và phụ tải được cho trong bảng 1.

Bảng 1

STT nút	Mã nút	Biên độ áp	Góc áp	Tải		Máy phát				Tu điện tính
				Mw	Mvar	Mw	Mvar	Qmin	Qmax	
1	1	1,08	0	53	30	0	0	0	0	0
2	0	1	0	70	25	0	0	0	0	0
3	2	1,06	0	20	10,2	60	0	-40	50	0
4	0	1	0	40	15	0	0	0	0	0
5	0	1	0	35	20	0	0	0	0	0
6	2	1,06	0	25	11	60	0	-30	50	0
7	0	1	0	10	5,5	0	0	0	0	0
8	0	1	0	27	9	0	0	0	0	0

Máy phát 1 là máy phát cân bằng có điện áp $1,08\angle 0^\circ$, máy phát 3 và 6 có điện áp là 1,06 và 1,06. Giá trị đầu của các thanh cái phụ tải cho bằng 1. Ký hiệu thanh cái cân bằng là 1, thanh cái máy phát là 2 và thanh cái phụ tải là 0. Tất cả máy phát đều có trung tính nối đất.

Số liệu điện trở và điện kháng thứ tự thuận và không của các nhánh được cho trong bảng 2 tính bằng đơn vị tương đối trên cơ bản là 100 MVA. Dung dẫn các nhánh giả thiết bằng 0.

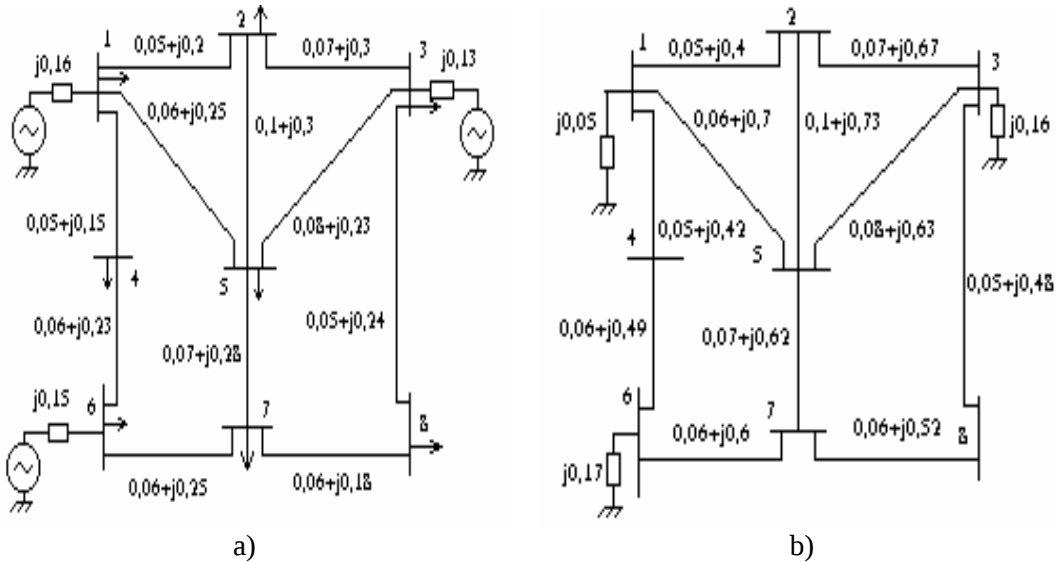
Bảng 2

Từ nút	Đến nút	R	X_1	X_0	B
1	2	0,05	0,2	0,4	0
2	3	0,07	0,3	0,67	0
1	5	0,06	0,25	0,7	0
1	4	0,05	0,15	0,42	0
2	5	0,03	0,3	0,73	0
3	5	0,08	0,2	0,63	0
4	6	0,06	0,23	0,49	0
5	7	0,07	0,28	0,62	0
6	7	0,06	0,25	0,6	0

7	8	0,06	0,18	0,52	0
3	8	0,05	0,24	0,48	0
1	0	0	0,16	0,05	0
3	0	0	0,13	0,16	0
6	0	0	0,15	0,17	0

Chương trình tính sự cố đồng thời được viết để tính toán ảnh hưởng của 2 sự cố cùng lúc so với sự cố ngắn mạch tại một điểm. Điểm ngắn mạch xét là điểm giữa đường dây 3-8 còn điểm sự cố thứ hai xảy ra hoặc là cũng tại điểm giữa dây 3-8 hoặc là tại một điểm trên đường dây khác, ví dụ điểm giữa của dây 5-7. Điểm ngắn mạch 1 có thể là ngắn mạch một pha hay hai pha chạm đất và điểm sự cố 2 có thể là ngắn hay hở mạch một pha hay hai pha chạm đất. Tất cả các tổng trở chạm đất đều bằng 0.

Giải: Sơ đồ thứ tự thuận và không của mạng như hình 6.



Hình 6. a) Sơ đồ tương đương thứ tự thuận; b) Sơ đồ tương đương thứ tự không

Từ các số liệu đã cho, ta có bảng kết quả sau. Trong đó, máy cắt 1 và 2 là hai máy cắt ở hai đầu đường dây 3-8 (máy cắt 1 ở đầu 3, máy cắt 2 ở đầu 8):

stt	Loại sự cố ((1), (2): chỉ số đường dây bị sự cố)	Dòng máy cắt 1 (dvtđ)			Dòng máy cắt 2 (dvtđ)		
		a	b	c	a	b	c
1	(1) ngắn a- ngắn a	3,8180	0,3169	0,1787	1,1690	0,2354	0,1519
2	(1) hở a - ngắn a	0,0000	0,4044	0,1046	1,4571	0,4044	0,1046
3	(2) ngắn a- ngắn a	3,5665	0,2537	0,1833	0,4178	0,2537	0,1833
4	(2) ngắn a-ngắn b	4,3416	4,3954	0,2493	1,3713	1,5112	0,1678
5	(1) hở b- ngắn a	3,8690	0,0000	0,0938	1,1296	0,0000	0,0938
6	(2) ngắn a- ngắn bc	4,0866	0,9686	0,9566	1,1865	0,9686	0,9566
7	(1) ngắn ab-ngắn ab	4,3417	4,3960	0,2493	1,3714	1,5112	0,1678
8	(1) hở ab-ngắn ab	0,0000	0,0000	0,2048	1,6351	1,7803	1,5841
9	(1) ngắn ab-ngắn c	4,6852	4,6852	4,6846	1,5840	1,5840	1,5841
10	(2) ngắn ab-ngắn ab	3,9613	3,9774	0,2021	0,4515	0,5579	0,2021

11	(2) ngắn ab-ngắn bc	4,5296	4,2122	0,9120	0,6344	1,4655	0,1988
12	(2) ngắn ab-ngắn a	4,0670	4,5023	0,1988	0,6344	1,4655	0,1988
13	(2) ngắn ab- hở a	4,7347	4,7822	0,2653	1,1532	1,4724	0,2653
14	(2) ngắn ab-ngắn c	4,5240	4,6028	0,7995	1,3771	1,4992	0,7995

hận xét: Từ bảng kết quả nhận thấy:

So với dòng qua máy cắt khi ngắn mạch tại một điểm:

- Khi sự cố đứt dây gây hở và ngắn mạch, dòng qua máy cắt ở phía ngắn mạch tăng lên.
- Khi ngắn mạch trên một đường dây mà nếu có xảy ra ngắn mạch trên đường dây khác ở cùng pha thì dòng qua máy cắt giảm.
- Khi ngắn mạch trên một đường dây mà nếu có xảy ra ngắn mạch trên đường dây khác ở khác pha thì dòng qua máy cắt tăng.
- Khi có ngắn mạch trên một đường dây mà có hở mạch trên đường dây khác ở cùng pha thì dòng qua máy cắt tăng.

5. KẾT LUẬN

Từ các phân tích ở trên thấy rằng sự cố đồng thời có ảnh hưởng đến dòng ngắn mạch. Nó có thể làm tăng hay giảm dòng ngắn mạch. Do xác suất xảy ra sự cố đồng thời nhỏ nên các sách, tài liệu đã công bố thường ít đề cập đến, tuy nhiên với kết quả tính toán trên trong một số trường hợp và các điểm trong hệ thống cần quan tâm và tính toán trước để đảm bảo hệ thống rơ le luôn làm việc đúng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Paul M. Anderson, *Analysis of faulted Power Systems*, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, New York, (1995).
- [2]. Lê Văn Út, *Ngắn mạch trong hệ thống điện*, NXB Khoa học và kỹ thuật Hà Nội, (2002).
- [3]. John J. Grainger, William D. Stevenson, JR., *Power System Analysis*.