

NGHIÊN CỨU GIẢM HỒ QUANG THỨ CẤP CỦA ĐƯỜNG DÂY MẠCH KÉP PLEIKU – CẦU BÔNG

RESEARCH REDUCE SECONDARY ARC OF PLEIKU-CAU BONG DOUBLE LINE

Nguyễn Hồng Anh

Trường Đại học Quy Nhơn; nhanh@qnu.edu.vn

Tóm tắt - Bài báo trình bày các kết quả nghiên cứu về sự ảnh hưởng của hoán vị đường dây đến hồ quang thứ cấp. Đặc biệt tính toán chứng minh sơ đồ đường dây hoán vị 500kV Pleiku-Cầu Bông chưa thật sự tối ưu khi xảy ra sự cố. Qua đó bài báo cũng trình bày giải pháp hoán vị mới giảm thời gian chết ($T_{dead\ time}$), nâng cao sự ổn định hệ thống khi xảy ra sự cố. Để có được các kết quả nghiên cứu bài báo sử dụng phần mềm EMTP-RV để xây dựng các mô hình thiết bị cũng như hệ thống, kết cấu của lưới đúng với thực tế. Giả thiết các trường hợp sự cố tại các vị trí khác nhau trên cùng đường dây truyền tải Pleiku-Cầu Bông để kiểm tra hồ quang thứ cấp. Kết quả là các dạng sóng điện áp, dòng điện thu được khi thực hiện mô phỏng.

Từ khóa - EMTP-RV; hoán vị; dòng điện hồ quang; hồ quang thứ cấp; điện áp phục hồi.

1. Đặt vấn đề

Hồ quang thứ cấp là một hiện tượng nguy hiểm của quá độ, ảnh hưởng trực tiếp đến sự thành bại khi sử dụng kỹ thuật đóng lặp lại một pha (Single Phase Auto Reclose – SPAR). Việc giảm thời gian tồn tại của hồ quang thứ cấp là một giải pháp nâng cao độ tin cậy cung cấp điện. Hồ quang thứ cấp liên quan đến hoán vị, đảo pha trên đường dây, đặc biệt là các đường dây mạch kép. Theo Quy phạm trang bị điện 2006, điều II.5.8 yêu cầu sơ đồ đảo pha đường dây trên không hai mạch cùng điện áp đi chung cột phải giống nhau, do vậy việc thiết kế vận hành đường dây theo quy phạm là điều bắt buộc. Tuy nhiên, qua quá trình vận hành cho thấy sơ đồ đảo pha như quy phạm yêu cầu là chưa phù hợp, ảnh hưởng nhiều đến vận hành tin cậy của hệ thống do thời gian chờ cho đóng lặp lại thành công bị kéo dài, đặc biệt đối với những đường dây dài trên 200km. Để chứng minh nhận định này, bài báo sẽ tập trung nghiên cứu trên đường dây mạch kép 500kV Pleiku - Cầu Bông có chiều dài 437km với sơ đồ đảo pha đang vận hành thực tế theo [8] và đề xuất giải pháp hoán vị mới giảm thời gian tồn tại của hồ quang. Các tính toán nghiên cứu sẽ được ứng dụng trên phần mềm EMTP-RV theo sơ đồ lưới 500kV, 220kV Việt Nam năm 2015.

2. Các khái niệm

2.1. Hồ quang thứ cấp

Hồ quang thứ cấp trên đường dây 500 kV là tổng của các dòng điện hồ cảm, hồ dung giữa các pha mang điện gần kề đối với pha sự cố sau khi đường dây bị cắt ra bởi máy cắt ở hai đầu. Dòng điện hồ quang thứ cấp là dòng điện tồn tại sau khi loại trừ sự cố 1 pha chạm đất thoáng. Điện áp phục hồi được gọi là điện áp tại chỗ sự cố sau khi hồ quang thứ cấp tắt và trước khi đóng lại đường dây sự cố.

Theo [1], dòng điện hồ quang thứ cấp và điện áp phục hồi bao gồm một phần do điện dung (I_{SC} , U_{SC}) và một phần do điện kháng (I_{SL} , U_{SL}), có công thức tính như sau:

$$I_S = I_{SC} + I_{SL}$$

Abstract - This paper presents the researched results for the influences of line transposition to secondary arc. Special calculation proves that 500kV Pleiku - Cau Bong transmission line transposition isn't really optimal when fault. Therefore, the paper also presents new optimized transposition solution to reduce dead time ($T_{dead\ time}$), and improve the system stability when fault. To receive the researched results, EMTP-RV software has been used to build the equipment model and system, network structure is right with actually. Assuming that the incidents to check secondary arc are at different positions on 500kV Pleiku - Cau Bong transmission line, the results will be voltage, current waveforms when simulation

Key words - EMTP-RV; transposition; arc current; secondary arc; transient recovery voltage.

$$U_S = U_{SC} + U_{SL}$$

2.1.1. Dòng điện và điện áp ảnh hưởng bởi điện trường

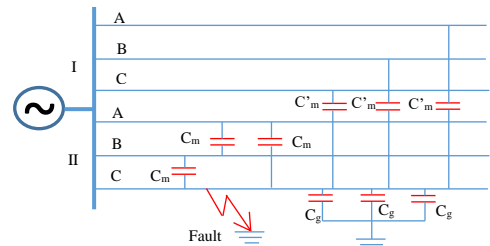
Giả thiết sự cố pha C mạch 2 của đường dây mạch kép, ta có công thức sau:

Dòng điện phụ thuộc vào thông số điện dung

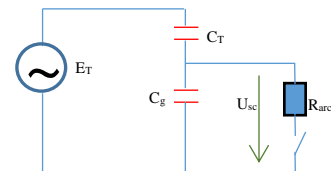
$$I_{SC} = (E_{IIA} + E_{IIB})\omega C_m + (E_{IA} + E_{IB} + E_{IC})\omega C'_m \quad (\text{A/km}) \quad (1)$$

Điện áp phụ thuộc vào thông số điện dung

$$U_{SC} = \frac{(E_{IIA} + E_{IIB})C_m + (E_{IA} + E_{IB} + E_{IC})C'_m}{C_g + 3C'_m + 2C_m} \quad (\text{kV}) \quad (2)$$



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý chung về thông số ảnh hưởng bởi điện trường



Hình 2. Sơ đồ nguyên lý rút gọn về thông số ảnh hưởng bởi điện trường

Trong đó:

C_m , C'_m : Điện dung giữa 2 dây dẫn trong 1 mạch và giữa mạch này với mạch kia;

C_g : Điện dung của 1 pha với đất;

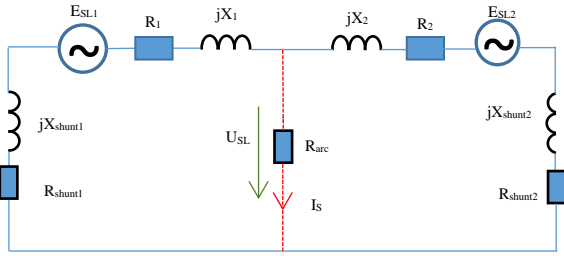
C_T : Điện dung tổng có sự ảnh hưởng đến pha sự cố;

ω : là tốc độ góc;

E_{IA} , E_{IB} , E_{IC} , E_{IIA} , E_{IIB} , E_{IIC} : Điện áp từng pha trên mỗi mạch.

Theo công thức (1) (2), I_{SC} sẽ phụ thuộc nhiều vào chiều dài của đường dây truyền tải, còn U_{SC} ít phụ thuộc hơn.

2.1.2. Dòng điện và điện áp ảnh hưởng bởi từ trường



Hình 3. Các thông số ảnh hưởng bởi từ trường

Dòng điện phụ thuộc vào điện cảm đường dây

$$I_{SL} = \frac{(E_{SL1} - E_{SL2})R_{shunt}}{(R_{shunt1} + R_1 + R_{arc})(R_{shunt2} + R_2 + R_{arc}) - R_{arc}^2} \quad (3)$$

Điện áp phụ thuộc vào điện cảm đường dây

$$U_{SL} = \frac{E_{SL1}(R_1 + R_{shunt1}) - E_{SL2}(R_2 + R_{shunt2})}{R_{shunt1} + R_{shunt2} + R_1 + R_2} \quad (4)$$

Trong đó:

E_{SL1}, E_{SL2} : Điện áp cảm ứng từ các pha không bị sự cố sang pha sự cố;

R_{shunt}, X_{shunt} : Điện trở và điện kháng của các kháng bù ngang;

$R_{1,2}$: Điện trở đường dây;

$X_{1,2}$: Điện kháng đường dây bị sự cố;

R_{arc} : Điện trở hồ quang thứ cấp.

Theo (3), (4) thì I_{SL}, U_{SL} ảnh hưởng điện áp đường dây, vị trí sự cố và điện trở của kháng bù ngang.

2.2. Thời gian chết ($T_{dead\ time}$) của đường dây 500kV

Thời gian chết đóng lại một pha cho các đường dây 500kV thực hiện bù ngang được tính theo công thức sau:

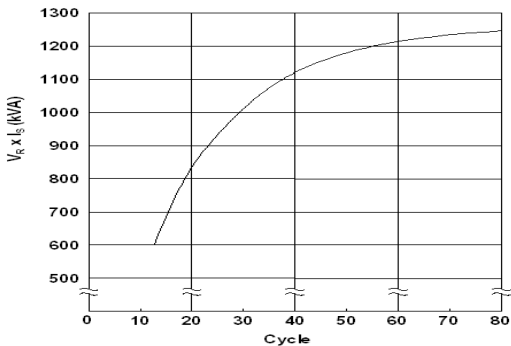
$$T_{dead\ time} = T_{dc} + T_{arc} + T_{dielectric}$$

Ở đây:

T_{arc} : thời gian cần thiết để dập tắt thành phần 50 Hz được tra theo đồ thị Hình 4 [10].

$T_{dielectric}$: thời gian cần thiết để phục hồi cách điện = 100ms.

T_{dc} : thời gian để có điểm về không đầu tiên của dòng hồ quang thứ cấp.



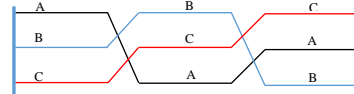
Hình 4. Đồ thị xác định thời gian dập tắt của thành phần 50Hz (T_{arc})

Lưu ý rằng thời gian chết này là thời gian cho hệ thống tự động đóng lại, đảm bảo xác suất thành công gần 100%.

3. Các yếu tố ảnh hưởng đến hồ quang thứ cấp

3.1. Thông số điện dung và hồ dung

Do chiều dài của đường dây truyền tải lớn lại đi qua các địa hình khác nhau, đồng thời sự bố trí các pha không giống nhau, nên các thông số về điện dung, điện cảm của các pha sẽ khác nhau, dẫn đến sự mất cân bằng về dòng điện và điện áp giữa các pha. Vì vậy sự hoán vị đường dây sẽ có nhiệm vụ cân bằng thông số của các pha.

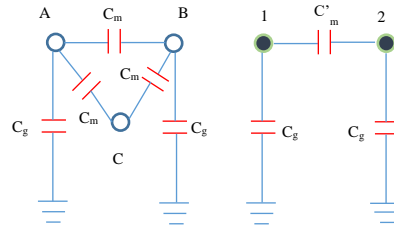


Hình 5. Sơ đồ nguyên lý mạch đường dây hoán vị

Theo quan niệm trước đây thì việc hoán vị đường dây truyền tải nhằm giảm sự mất cân bằng của dòng điện và điện áp trong chế độ vận hành bình thường. Tuy nhiên thật sự thì hoán vị đường dây không những ảnh hưởng đến chế độ vận hành bình thường, mà còn có những tác động trực tiếp khi xảy ra quá độ.

Theo công thức (1) và (2) ta nhận thấy dòng điện hồ quang thứ cấp cũng như biên độ điện áp phục hồi phụ thuộc vào thông số hồ dung của 2 mạch.

Theo [5], [9] đối với đường dây mạch kép, thành phần điện dung giữa các pha trên một mạch cũng như giữa hai mạch phụ thuộc vào khoảng cách hình học giữa các pha.



Hình 6. Các thông số điện dung giữa các pha trong 1 mạch và giữa 2 mạch

Điện dung của 1 pha so với đất

$$C_g = \frac{0,02413}{\log_{10} \frac{8h^3}{GMRc \cdot GMD^2}} \quad (\mu F/Km) \quad (5)$$

Điện dung hồ cảm giữa các pha trong 1 mạch

$$C_m = \frac{0,02413}{\log_{10} \frac{8h^3}{GMRc \cdot GMD^2}} \cdot \frac{\log_{10} \frac{2h}{GMD}}{\log_{10} \frac{2h}{r^b}} \quad (\mu F/Km) \quad (6)$$

Điện dung hồ cảm giữa các pha trong 2 mạch

$$C'_m = \frac{0,02413}{\log_{10} \frac{8h^3}{GMRc \cdot GMD^2}} \cdot \frac{\log_{10} \frac{2h}{GMD}}{\log_{10} GMRc} \quad (\mu F/Km) \quad (7)$$

$GMRc$: Bán kính trung bình hình học của các pha mạch 1 với pha mạch 2.

$$GMRc = \sqrt[3]{R_A \cdot R_B \cdot R_C} \quad (8)$$

R_A, R_B, R_C : Là bán kính trung bình riêng giữa các pha A, B, C.

r^b : Bán kính trung bình của 1 dây dẫn khi phân pha.

$$R_A = \sqrt{r^b D_{A1A2}}$$

$$R_B = \sqrt{r^b D_{B1B2}} \quad (9)$$

$$R_C = \sqrt{r^b D_{C1C2}}$$

$D_{A1A2}, D_{B1B2}, D_{C1C2}$: Khoảng cách của các pha cùng tên.

GMD: Khoảng cách trung bình hình học của 3 pha.

$$GMD = \sqrt[3]{D_{AB} \cdot D_{BC} \cdot D_{AC}} \quad (10)$$

Trong đó:

$$D_{AB} = \sqrt[4]{D_{A1B1} D_{A1B2} D_{A2B1} D_{A2B2}}$$

$$D_{BC} = \sqrt[4]{D_{B1C1} D_{B1C2} D_{B2C1} D_{B2C2}}$$

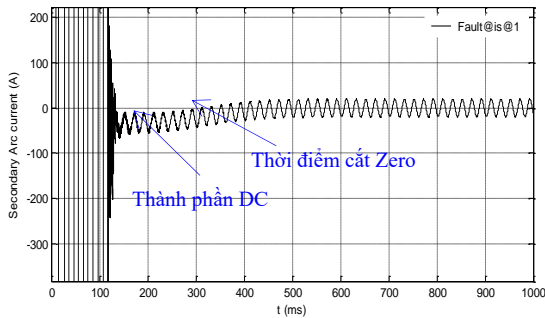
$$D_{AC} = \sqrt[4]{D_{A1C1} D_{A1C2} D_{C2C1} D_{A2C2}}$$

Qua các công thức trên thấy rằng khoảng cách các pha ảnh hưởng nhiều đến các thông số điện dung của đường dây. Như vậy sơ đồ hoán vị ảnh hưởng trực tiếp đến thời gian dập tắt hồ quang khi xảy ra sự cố.

Thành phần điện áp và dòng điện hồ cảm giữa các pha tỉ lệ với công suất truyền tải trên các pha không bị sự cố và có thể có giá trị tương đối lớn, nếu như đường dây quá dài. Các thông số khác như hoán vị đường dây cũng như trào lưu công suất vô công cũng đóng vai trò quan trọng.

3.2. Kháng bù ngang

Đối với đường dây dài, thường lắp đặt kháng bù ngang nhằm đảm bảo các yêu cầu điện áp trên đường dây được duy trì trong giới hạn cho phép, khi thực hiện đóng phóng điện đường dây. Kháng bù ngang tạo ra thành phần một chiều do năng lượng bị "bẫy" trong cuộn kháng và nó ảnh hưởng đến giá trị hồ quang thứ cấp. Thành phần này xuất hiện từ thời điểm máy cắt hai đầu đường dây mở ra đến thời điểm dòng điện hồ quang thứ cấp cắt điểm không đầu tiên. Nếu không xét đến điện trở hồ quang thứ cấp, thời gian để thành phần này cắt điểm không đầu tiên rất dài. Tuy nhiên trong thực tế, điện trở hồ quang thứ cấp sẽ tăng theo thời gian.

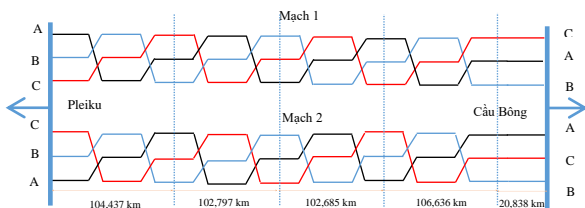


Hình 7. Sóng dòng điện hồ quang thứ cấp

4. Mô phỏng phân tích thực tế

4.1. Với sơ đồ mạch hoán vị theo quy phạm

Đường dây 500kV Pleiku - Cầu Bông được thiết kế theo [8] với các vị trí đảo pha như Hình 8.

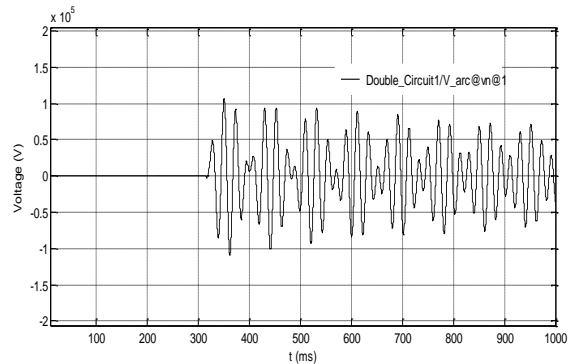


Hình 8. Sơ đồ mạch hoán vị tuân theo quy phạm

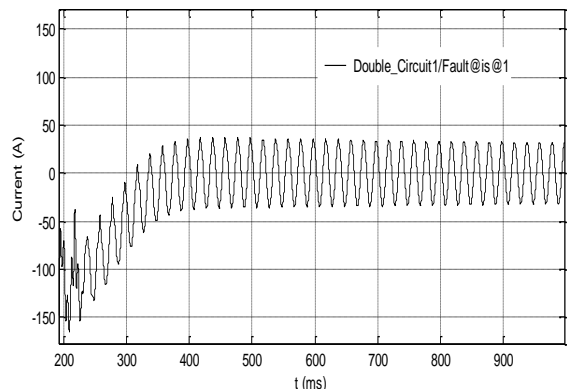
Theo các công thức (1) - (10) được phân tích trên, có thể thấy khoảng cách trung bình riêng của các pha ảnh hưởng rất nhiều đến hiện tượng hồ quang thứ cấp. Tuy nhiên, để có những kết luận chính xác hơn bài báo thực hiện mô phỏng hồ quang thứ cấp, khi loại trừ sự cố 1 pha chạm đất trên cung đường dây 500kV Pleiku-Cầu Bông với kháng bù ngang 157MVar kết hợp kháng trung tính 1200Ohm, được lắp ở hai đầu đường dây.

Giả thiết sự cố 1 pha chạm đất thoáng qua tại 4 vị trí khác nhau và ngẫu nhiên trên cả 3 pha. Vị trí 1 cách trạm Pleiku 34km, vị trí 2 cách trạm Pleiku 72 km, vị trí 3 cách trạm Pleiku 138km, vị trí 4 cách trạm Pleiku 273km. Điện trở hồ quang thứ cấp được mô phỏng bằng một hàm số của thời gian với giá trị điện trở ban đầu là 0,5 Ohm, tốc độ tăng là 0,8 Ohm/giây và tăng đến giá trị cuối cùng là 100 Ohm.

Kết quả mô phỏng là các dạng sóng điện áp và dòng điện của thành phần hồ quang thứ cấp, trong đó Hình 9, 10 tương ứng là dạng sóng điện áp phục hồi và dòng điện hồ quang thứ cấp tại vị trí 1. Dựa trên kết quả cho thấy thời điểm dòng điện hồ quang thứ cấp cắt điểm không đầu tiên là $T_{dc}=0,317s$.



Hình 9. Điện áp phục hồi tại vị trí 1 khi sự cố pha A



Hình 10. Dòng điện hồ quang tại vị trí 1 khi sự cố pha A

Bảng 1. Kết quả mô phỏng pha A

Vị trí	Pha A					
	I_s (A)	V_r (kV)	$I_s \cdot V_r$ (w)	T_{dc} (s)	T_{arc} (s)	T_{dead} time (s)
1	31,6	60,0	1898	0,317	>1,3	>1,7
2	28,8	45,7	1314	0,316	>1,3	>1,7
3	32,2	98,2	3161	0,317	>1,3	>1,7
4	42,4	52,0	2204	0,319	>1,3	>1,7

Bảng 2. Kết quả mô phỏng sự cố pha B

Vị trí	Pha B					
	I_s (A)	V_r (kV)	$I_s \cdot V_r$ (w)	T_{dc} (s)	T_{arc} (s)	T_{dead} time (s)
1	30,8	97,4	2999	0,316	>1,3	>1,7
2	38,7	107	4155	0,298	>1,3	>1,6
3	49,4	72,5	3579	0,296	>1,3	>1,6
4	21,2	80,8	1712	0,316	>1,3	>1,7

Bảng 3. Kết quả mô phỏng pha C

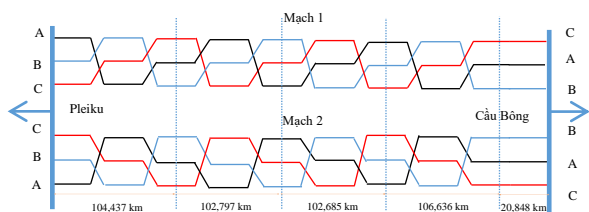
Vị trí	Pha C					
	I_s (A)	V_r (kV)	$I_s \cdot V_r$ (w)	T_{dc} (s)	T_{arc} (s)	T_{dead} time (s)
1	53,1	37,7	2000	0,202	>1,3	>1,6
2	34,5	63,8	2197	0,202	>1,3	>1,6
3	35,5	95,0	3372	0,220	>1,3	>1,6
4	54,5	76,7	4184	0,203	>1,3	>1,6

Qua các kết quả thu được khi khảo sát đối với các vị trí sự cố ở cả 3 pha đường dây cho thấy tổng thời gian chết đã vượt quá thời gian yêu cầu để thực hiện đóng lặp lại 1 pha là 1sec.

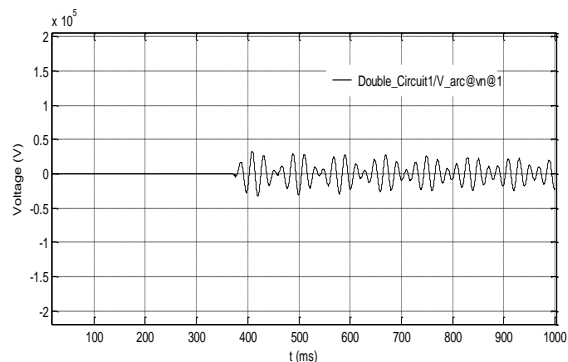
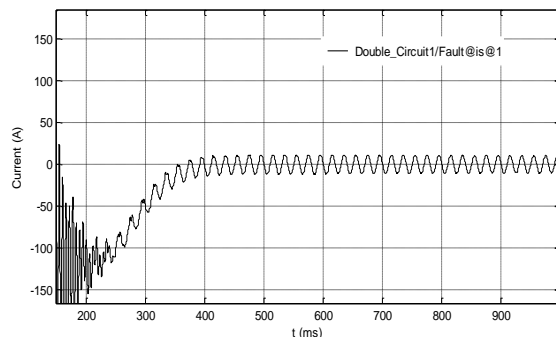
Như vậy sơ đồ hoán vị này không đảm bảo yêu cầu nâng cao ổn định hệ thống khi ứng dụng kỹ thuật SPAR.

4.2. Giải pháp thay đổi sơ đồ hoán vị

Với những kết quả phân tích như trên, ta thấy sơ đồ hoán vị thực tế làm kéo dài thời gian chết của thành phần hồ quang thứ cấp. Trong khi đó, với đường dây 500kV truyền tải công suất lớn, vấn đề yêu cầu thực hiện đóng lặp lại nhanh nhằm đảm bảo hệ thống vận hành ổn định sau khi loại trừ sự cố 1 pha chạm đất là điều kiện tiên quyết khi thiết kế đường dây. Giải pháp hoán vị theo [8] cho thấy sự không phù hợp, do vậy cần thiết xem xét cách hoán vị khác. Sơ đồ hoán vị mới sẽ thực hiện thay đổi hoán vị trên một mạch (mạch 2), mạch còn lại vẫn giữ nguyên (mạch 1) - Hình 11. Giải pháp đề xuất theo nguyên tắc hoán vị mới tạo ra được khoảng cách của các pha cùng tên lớn hơn (VD: Theo sơ đồ hoán vị Hình 8, khoảng cách của pha B mạch 1 và pha B mạch 2 là 15,4m, còn theo Hình 11, khoảng cách này tăng lên đến 26,58m...). Theo các công thức (8), (9), khi khoảng cách này tăng lên làm cho giá trị GMRC tăng, dẫn đến các thông số về điện dung sẽ lớn hơn, tạo ra giá trị hồ quang thứ cấp thấp hơn so với phương án cũ. Để kiểm chứng nhận định trên, ta cũng thực hiện mô phỏng các trường hợp sự cố tương tự như đã thực hiện ở mạch hoán vị theo quy phạm.

**Hình 11. Sơ đồ mạch hoán vị giải pháp giảm hồ quang**

Kết quả mô phỏng là các dạng sóng và giá trị của thành phần điện áp và dòng điện như sau:

**Hình 12. Điện áp phục hồi tại vị trí 1 sự cố pha A****Hình 13. Dòng điện hồ quang thứ cấp tại vị trí 1 sự cố pha A****Bảng 4. Kết quả mô phỏng pha A**

Vị trí	Pha A					
	I_s (A)	V_r (kV)	$I_s \cdot V_r$ (w)	T_{dc} (s)	T_{arc} (s)	T_{dead} time (s)
1	14,3	10,9	156,8	0,372	<0,3	<0,8
2	17,5	17,0	296,6	0,356	<0,3	<0,8
3	15,1	24,4	367,8	0,354	<0,3	<0,8
4	12,6	9,2	115,9	0,357	<0,3	<0,8

Bảng 5. Kết quả mô phỏng pha B

Vị trí	Pha B					
	I_s (A)	V_r (kV)	$I_s \cdot V_r$ (w)	T_{dc} (s)	T_{arc} (s)	T_{dead} time (s)
1	17,7	22,2	393,1	0,351	<0,3	<0,8
2	16,0	22,1	353,8	0,369	<0,3	<0,8
3	18,9	27,8	524,3	0,351	<0,3	<0,8
4	18,2	16,2	295,5	0,353	<0,3	<0,8

Bảng 6. Kết quả mô phỏng pha C

Vị trí	Pha C					
	I_s (A)	V_r (kV)	$I_s \cdot V_r$ (w)	T_{dc} (s)	T_{arc} (s)	T_{dead} time (s)
1	19,8	24,5	485,6	0,205	<0,3	<0,8
2	19,0	15,8	299,4	0,289	<0,3	<0,8
3	18,1	20,0	362,3	0,307	<0,3	<0,8
4	17,0	22,7	385,4	0,306	<0,3	<0,8

Với giải pháp hoán vị đề xuất, kết quả mô phỏng cho thấy thời gian chết của hồ quang thứ cấp giảm đáng kể.

Thời gian này đảm bảo giảm xuống mức yêu cầu của kỹ thuật SPAR.

5. Kết luận

Qua các nghiên cứu về sự hạn chế của mạch đường dây hoán vị theo quy phạm trang bị điện 2006 liên quan đến vấn đề kéo dài thời gian chết của thành phần hồ quang thứ cấp, sau khi loại trừ sự cố 1 pha chạm đất thoáng qua, bài báo đã đề xuất giải pháp hoán vị mới. Với giải pháp hoán vị này các kết quả tính toán cho thấy các thành phần dòng điện hồ quang cũng như điện áp phục hồi của hồ quang thứ cấp giảm đi rất nhiều, qua đó đảm bảo khả năng đóng lặp lại thành công hơn. Kết quả nghiên cứu của bài báo sẽ tạo tiền đề cho những nghiên cứu chuyên sâu hơn, nhằm nâng cao sự ổn định của lưới điện Việt Nam, nâng cao công tác thiết kế cũng như vận hành lưới điện.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Zhang Xu, Yan xiaoqing, Xu Zhenyu, "HSGS Investigation for Linmiting the Secondary Arc on UHV Parallel Lines", *The 2nd International Conference on Computer Application and System Modeling*, 2012.
- [2] Shang Liqun, "Study of Secondary Arc Suppression at Double-CircuitTransmission Line", *International Journal on Computer, Consumer and Control (IJ3C)*, Vol. 2, No.2 (2013).
- [3] "Transient Study for Single Phase Reclosing Using Arc Model on the Thailand 500 kV Transmission Lines from Mae Moh to Tha Ta Ko" *International Conference on Power SystemsTransients (IPST2009) in Kyoto, Japan June 3-6, 2009*.
- [4] Ji Shengchang, Ou Xiaobo, "Research on Current Interruption by Grounding switch Used in 750kV Double-circuit Transmission Lines", *Przeglad Elektrotechniczny ISSN 0033-2097*, R. 89 NR 4/2013.
- [5] Yoshihide Hase, "Handbook of Power Systems Engineering".
- [6] Larissa, Al-Dabbagh "Digital Simulation of Fault location Algorithms for EHV Transmission Lines", Thesis of Doctor of Philosophy, *The Victory University of Technology*, 1994.
- [7] "500kV Single Phase Reclosing Evaluation Using Simplified Arc Model", *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, Volume 4, Issue 6, June 2014.
- [8] Bộ Công nghiệp, *Quy phạm trang bị điện*, NXB Lao động - Xã hội, Hà Nội, 2006.
- [9] "Transmission and Distribution of Electrical Power" Dr Houssef Rafik El Hana Bouchekara 2009.
- [10] "Transient simulation study of the future 515kv hoa binh-phu lam interconnection viet nam", Hydro-québec international, Technical Feasibility of Single Reclosing on the Hoa Binh-Phu Lam 500kV Line, March 1993.

(BBT nhận bài: 20/05/2015, phân biện xong: 28/05/2015)