

PHƯƠNG PHÁP PHỐI HỢP BẢO VỆ THÍCH NGHI GIỮA RECLOSER VÀ CẦU CHÌ CÓ XÉT ĐẾN TÁC ĐỘNG CỦA NGUỒN ĐIỆN MẶT TRỜI

ADAPTIVE COORDINATION APPROACH OF RECLOSER AND FUSE CONSIDERING THE IMPACT OF PV SOURCES

Ma Thị Thương Huyền, Vũ Hoàng Giang

Trường Đại học Điện Lực

Ngày nhận bài: 04/07/2024, Ngày chấp nhận đăng: 25/07/2024, Phản biện: PGS. TS Lê Xuân Thành

Tóm tắt:

Tích hợp một lượng lớn nguồn điện mặt trời (PV) vào lưới điện phân phối sẽ làm thay đổi đáng kể giá trị và chiều của dòng điện ngắn mạch, gây ảnh hưởng tới sự làm việc của các thiết bị bảo vệ rơ le. Bài báo trình bày phương pháp phối hợp bảo vệ thích nghi giữa recloser và cầu chì trong lưới điện phân phối hình tia có kết nối nguồn PV, đặc biệt khi có sự cố thoáng qua. Trước hết, phân tích chi tiết được thực hiện nhằm đánh giá tác động của nguồn điện mặt trời tới sự phối hợp làm việc của recloser và cầu chì trong sơ đồ bảo vệ của lưới điện. Sự ảnh hưởng của các nguồn điện mặt trời theo tỷ lệ thâm nhập và vị trí đặt trong lưới điện đã được xét đến. Tiếp theo, phương pháp điều chỉnh thích nghi đặc tính làm việc của bảo vệ quá dòng có thời gian của rơ le kỹ thuật số được đề xuất nhằm đảm bảo sự phối hợp của các thiết bị bảo vệ. Kết quả mô phỏng lưới điện phân phối 22 kV trên phần mềm Etap xác nhận tính hiệu quả của phương pháp đã đề xuất.

Từ khóa:

Bảo vệ quá dòng điện, Bảo vệ thích nghi, Điện mặt trời, Phối hợp bảo vệ giữa recloser và cầu chì.

Abstract:

Integrating a large amount of solar power into the distribution grid significantly alters the values and directions of short-circuit currents, affecting the operation of relay protection. This article presents a method for adaptive protection coordinating between reclosers and fuses in a radial distribution grid with PV power integration, especially in the condition of intermittent faults. First of all, the impact of solar power on the working coordination of the recloser and fuse is analyzed in detail. The influence of solar power sources according to their location in the power grid has been taken into account. Next, a method to adaptively adjust the working characteristics of timed overcurrent protection in digital relays is proposed to ensure the coordination of protective devices. Simulation results of the 22 kV distribution grid on Etap software confirm the effectiveness of the proposed method.

Keywords:

Adaptive protection; Over-current relay; PV system; Recloser-fuse coordination.

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Cùng với xu thế toàn cầu chuyển dịch sang sử dụng năng lượng sạch, tỷ trọng các nguồn điện phân tán như điện mặt trời, điện gió thâm nhập vào lưới điện ngày càng tăng. Tích hợp một lượng lớn nguồn điện phân tán vào lưới phân phối sẽ làm thay đổi kết cấu của lưới điện cũng như sự phân bố dòng công suất trong lưới ở cả chế độ làm việc bình thường cũng như chế độ sự cố. Sự thay đổi giá trị và chiều của dòng điện sự cố làm cho các bảo vệ quá dòng điện có thể tác động sai, tác động chậm, hoặc làm mất sự phối hợp làm việc giữa các thiết bị bảo vệ [1], [2].

Lưới điện phân phối ở khu vực nông thôn thường được thiết kế dưới dạng hình tia. Các recloser được dùng để bảo vệ cho các đường dây trục chính kết hợp với cầu chì bảo vệ cho các mạch nhánh. Vì phần lớn sự cố trên lưới điện này ở dạng thoáng qua (khoảng 80%), nên các cầu chì thường phối hợp với recloser theo chế độ vận hành tiết kiệm (fuse-saving) nhằm hạn chế việc gián đoạn cung cấp điện [3]. Trong lưới có tích hợp nguồn điện phân tán, nguyên tắc phối hợp bảo vệ giữa recloser và cầu chì có thể bị phá vỡ [4]. Nhiều giải pháp nhằm đảm bảo sự phối hợp làm việc giữa recloser và cầu chì đã được nghiên cứu, đề xuất trong các nghiên cứu đã qua. Giới hạn công suất của nguồn phân tán đầu nối vào lưới điện được đề cập tới trong nghiên cứu [5]. Nhược điểm chính của giải pháp này là không tận dụng được hết công suất của nguồn điện phân tán. Sử dụng các thiết bị hạn chế dòng ngắn mạch (fault current limiter) để điều chỉnh hạn chế dòng điện sự cố cung cấp từ nguồn phân tán đã được trình bày trong các bài báo [6], [7]. Hạn chế của phương pháp này là chi phí cao và cần tính toán lựa chọn kỹ vị trí đặt thiết bị hạn chế dòng điện ngắn mạch để không ảnh hưởng tới sự làm việc của lưới điện khi các nguồn phân tán dừng hoạt động. Điều

chỉnh thích ứng thông số cài đặt của thiết bị bảo vệ role theo trạng thái làm việc của hệ thống là một trong những biện pháp hữu hiệu. Theo đó, có thể thực hiện thay đổi đặc tính làm việc của bảo vệ quá dòng theo thời gian bằng cách điều chỉnh hệ số thời gian, điều chỉnh dòng điện khởi động, điều chỉnh tỷ số giữa giá trị dòng điện sự cố và dòng điện khởi động (I/Is), điều chỉnh theo sự thay đổi dòng điện và điện áp hoặc thay đổi đặc tính làm việc theo sự thay đổi cấu trúc lưới [8]–[11]. v.v.. Trong lưới điện thông minh, ứng dụng hệ thống đa tác tử (Multi-agent system - MAS) vào hệ thống điều khiển, bảo vệ của lưới điện có tích hợp các nguồn phân tán được xem là giải pháp có hiệu quả cao. Hệ thống này cho phép tự động điều chỉnh đặc tính làm việc của recloser [12] phối hợp phù hợp với cầu chì.

Bài báo này sẽ thực hiện đánh giá tác động của nguồn điện mặt trời tới sự phối hợp làm việc của recloser với cầu chì và đề xuất giải pháp hạn chế ảnh hưởng đó bằng phương pháp điều chỉnh đặc tính làm việc của bảo vệ quá dòng có thời gian.

Phần tiếp theo của bài báo được cấu trúc như sau: mục 2 phân tích chi tiết ảnh hưởng của PV tới sự phối hợp của recloser và cầu chì. Từ đó, phương pháp điều chỉnh đặc tính của recloser và tính toán được trình bày trong mục 3. Cuối cùng, các kết luận được đưa ra trong mục 4.

2. ẢNH HƯỞNG CỦA NGUỒN ĐIỆN MẶT TRỜI TỚI SỰ PHỐI HỢP LÀM VIỆC GIỮA RECLOSER VÀ CẦU CHÌ

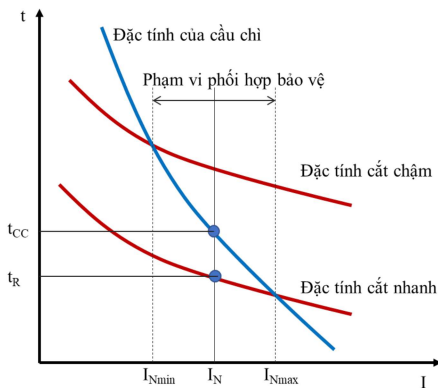
2.1. Sự phối hợp làm việc giữa recloser và cầu chì

Recloser là thiết bị hợp bộ gồm máy cắt và mạch điều khiển có khả năng đo dòng điện, xác định thời gian cắt và tự động đóng lặp lại để cung cấp điện cho đường dây. Recloser thường được trang bị với các thiết bị bảo vệ quá dòng có thời gian đặc tính độc lập hoặc phụ thuộc. Thời gian tác động của

bảo vệ quá dòng có thời gian đặc tính phụ thuộc được xác định theo công thức (1):

$$t = TMS \cdot \frac{A}{\left(\frac{I}{I_s}\right)^m - 1} + L \quad (1)$$

trong đó: t (s) là thời gian cắt; TMS là hệ số thời gian; I (A) là giá trị hiệu dụng của dòng điện sự cố; I_s (A) là giá trị dòng điện khởi động; m, L là các hệ số phụ thuộc vào tiêu chuẩn áp dụng và dạng đặc tính của bảo vệ. Các đặc tính cắt nhanh, chậm của recloser có dạng như trên Hình 1.



Hình 1. Đặc tính phối hợp làm việc giữa recloser và cầu chì

Cầu chì thường được trang bị trên các rẽ nhánh phụ tải, đặt phía sau của recloser và máy cắt. Chức năng chính của cầu chì là bảo vệ mạch trong tình trạng quá dòng điện do quá tải hoặc ngắn mạch trong phạm vi bảo vệ. Đặc tính tác động của cầu chì có dạng (2):

$$\log(t) = a \cdot \log(I) + b \quad (2)$$

trong đó, t (s) là thời gian cháy của cầu chì, I (A) là dòng điện chạy qua cầu chì, a và b là các hệ số.

Xét sơ đồ đường dây trung áp hình tia điển hình có recloser (R) đặt ở đầu đường dây trục chính và cầu chì (CC) đặt ở đầu đường dây nhánh như Hình 2. Nguyên tắc phối hợp làm việc của recloser và cầu chì như sau. Trong phạm vi phối hợp bảo vệ (dòng điện ngắn mạch biến thiên trong giới hạn từ giá trị

nhỏ nhất I_{Nmin} tới giá trị lớn nhất I_{Nmax}), khi có sự cố phía sau cầu chì, recloser sẽ tác động trước và tự động đóng lại sau một khoảng thời gian đặt trước (khoảng vài giây). Nếu sự cố là thoáng qua và tự giải trừ, sau khi recloser đóng lại đường dây lại làm việc bình thường. Ngược lại nếu sự cố là duy trì, cầu chì sẽ cháy để tách nhánh đường dây bị sự cố ra khỏi lưới. Nhờ sự phối hợp giữa recloser và cầu chì, khi có sự cố thoáng qua các hộ tiêu thụ chỉ bị mất điện tạm thời trong thời gian rất ngắn. Để đảm bảo sự phối hợp làm việc giữa recloser và cầu chì, thời gian tác động của recloser (t_r) phải luôn nhỏ hơn thời gian cháy của cầu chì (t_{cc}) như trên Hình 1. Trong thực tế, để đảm bảo an toàn, thời gian tác động của recloser được cài đặt nhỏ hơn 25% so với thời gian cháy của cầu chì [12].

2.2. Ảnh hưởng của PV tới sự phối hợp bảo vệ của recloser và cầu chì

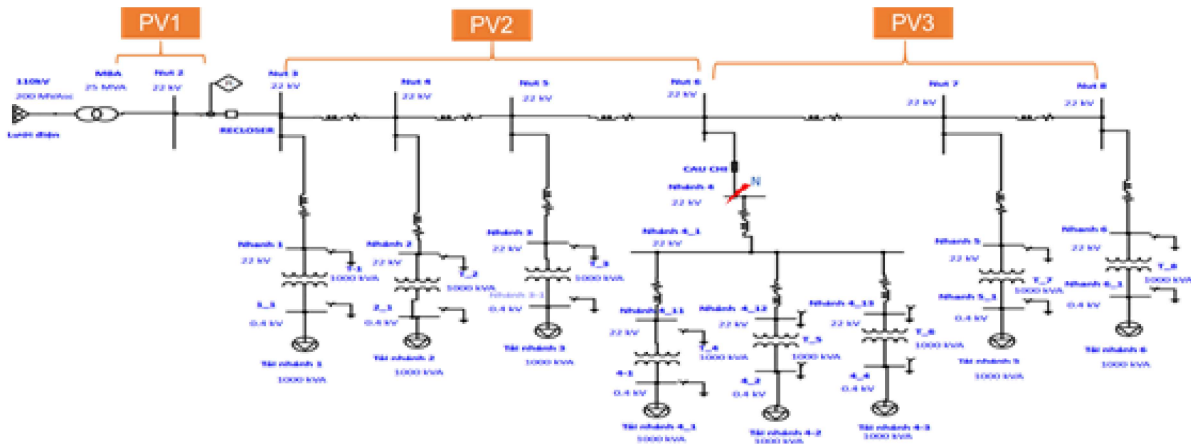
Xét lưới điện như Hình 2, với vị trí điểm sự cố ở mạch nhánh phía sau cầu chì.

Khi chưa có nguồn phân tán, dòng điện sự cố qua recloser và cầu chì là như nhau và nằm trong phạm vi phối hợp bảo vệ (Hình 1). Để đơn giản, ta giả thiết các nguồn PV được đặt tập trung.

Khi nguồn phân tán đầu nối vào phía trước recloser (PV1): (ứng với trường hợp các đường dây lân cận đường dây đang xét có kết nối nguồn phân tán, hoặc trường hợp đường dây trục chính có đặt nhiều recloser), khi sự cố phía sau cầu chì dòng ngắn mạch qua recloser và cầu chì bằng nhau và đều tăng do có thêm phần dòng điện ngắn mạch do nguồn phân tán cung cấp.

$$I_{R1} = I_{CC1} = I_{N1} = I_{NL} + \frac{Z_1}{Z_2} I_{NPV} \quad (3)$$

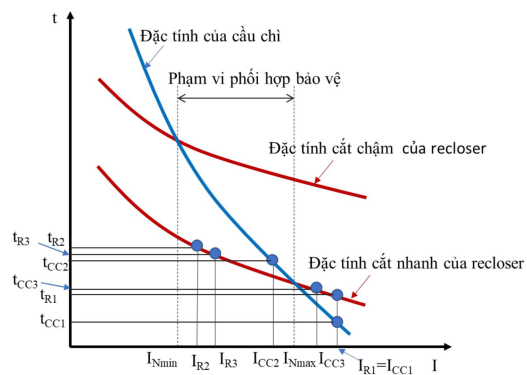
Trong đó: I_{R1}, I_{CC1} là dòng điện chạy qua recloser và cầu chì, I_{N1} là dòng ngắn mạch tại điểm sự cố, I_{NL} dòng ngắn mạch do lưới điện cung cấp, I_{NPV} là



Hình 2. Sơ đồ lưới hình tia có phối hợp recloser và cầu chì

dòng ngắn mạch do nguồn PV cung cấp, Z_1 là tổng trở tính từ lưới điện tới vị trí đầu nối nguồn PV, Z_2 là tổng trở từ lưới điện tới vị trí điểm ngắn mạch. Nếu dòng ngắn mạch I_{N1} tăng tới giá trị lớn hơn I_{Nmax} thì cầu chì sẽ làm việc trước recloser và mất sự phối hợp bảo vệ (Hình 3).

Khi nguồn phân tán được đầu nối ở khu vực giữa recloser và cầu chì (PV2) dòng điện qua cầu chì I_{CC2} tăng (4), nhưng dòng qua recloser I_{R2} lại giảm (5) nên cũng có thể gây ra mất sự phối hợp bảo vệ (Hình 3).



Hình 3. Sự mất phối hợp làm việc của recloser và cầu chì khi lưới có tích hợp nguồn PV

$$I_{CC2} = I_{N2} = I_{NL} + \frac{Z_1}{Z_2} I_{NPV} \quad (4)$$

$$I_{CC3} = I_{N2} = I_{NL} + \frac{Z_1}{Z_2} I_{NPV} \quad (6)$$

$$I_{R2} = I_{N1} = I_{NL} - \frac{Z_3}{Z_2} I_{NPV} \quad (5)$$

$$I_{R3} = I_{N1} = I_{NL} \quad (7)$$

trong đó Z_3 là tổng trở tính từ vị trí đầu nối nguồn PV tới điểm ngắn mạch.

Khi nguồn phân tán được đầu nối ở phía ngoài recloser và cầu chì (PV3) dòng điện qua cầu chì tăng và được xác định như (6), nhưng dòng qua recloser vẫn giữ nguyên không đổi (7). Recloser và cầu chì cũng có khả năng mất phối hợp bảo vệ khi dòng qua cầu chì vượt quá giá trị I_{Nmax} .

3. PHƯƠNG PHÁP PHỐI HỢP BẢO VỆ THÍCH NGHI RECLOSER VÀ CẦU CHÌ

3.1. Phương pháp hiệu chỉnh đặc tính của recloser theo khả năng điều khiển thích nghi của rơ le số

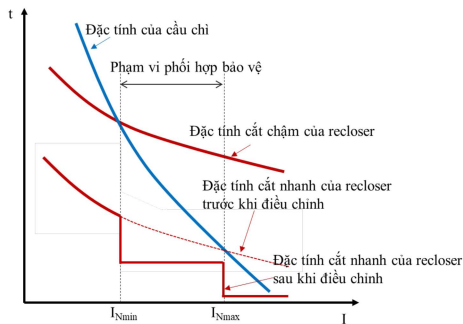
Đối với các hệ thống bảo vệ thông thường, các thông số cài đặt của rơ le thường đặt cố định. Với sự phát triển của rơ le số cho phép cài đặt các thông số của rơ le thay đổi theo sự thay đổi của lưới hệ thống. Để đảm bảo yêu cầu đầu nối lưới, khi có

sự cố trên lưới các nguồn PV phải tách ra trước khi recloser đóng lại nên ảnh hưởng của nguồn PV chủ yếu tới đường đặc tính cắt nhanh của recloser. Theo phân tích ở Mục 2, để đảm bảo phối hợp bảo vệ giữa recloser và cầu chì, thời gian cắt của recloser phải luôn nhỏ hơn thời gian chảy của cầu chì. Để khắc phục ảnh hưởng của PV tới sự phối hợp bảo vệ của recloser và cầu chì, sử dụng khả năng điều chỉnh thích nghi của rơ le số để điều chỉnh thời gian làm việc của recloser theo dòng điện qua rơ le như sau:

$$t = \begin{cases} TMS \cdot \frac{A}{\left(\frac{I}{I_s}\right)^m} + L & \text{ khi } I_{CC} < I_{Nmin} \\ 0.75x t_{cc} (I_{Nmax}) & \text{ khi } I_{Nmin} \leq I_{CC} \leq I_{Nmax} \\ 0 & \text{ khi } I_{CC} > I_{Nmax} \end{cases} \quad (8)$$

Cụ thể:

- Khi dòng qua cầu chì ICC nhỏ hơn dòng ngắn mạch I_{Nmin} recloser sẽ làm việc như đặc tính đã cài đặt trước.
- Khi dòng qua cầu chì nhỏ hơn dòng lớn nhất qua cầu chì thời gian tác động của recloser tính bằng 0,75 lần dòng chảy của cầu chì tại I_{Nmax} .
- Khi dòng qua cầu chì vượt quá giá trị I_{Nmax} , đặt thời gian tác động của recloser gần như bằng 0.



Hình 4. Đặc tính cắt nhanh của recloser sau khi điều chỉnh

Đặc tính cắt nhanh của recloser sau khi điều chỉnh sẽ có dạng như Hình 4.

3.2. Tính toán và đánh giá kết quả

Để kiểm nghiệm phương pháp đã trình bày ở trên, bài báo sử dụng phần mềm Etap để tính toán cho một lưới điện phân phối trung áp 22 kV hình tia như Hình 1. Thông số của các phần tử được cho trong phần Phụ lục. Ở đầu xuất tuyến sử dụng rơ le REF 615 của hãng ABB với đặc tính rất dốc theo tiêu chuẩn IEC để điều khiển recloser. Cầu chì đặt ở đầu nhánh rẽ tại nút 6. Sử dụng loại cầu chì Bussmann125. Phụ tải tổng của lộ đường dây là 10 MVA. Dòng ngắn mạch qua cầu chì đạt giá trị lớn nhất khi ngắn mạch xảy ra ngay vị trí phía sau cầu chì. Khi chưa có PV, dòng ngắn mạch qua rơ le và cầu chì là như nhau và bằng 1405 A, thời gian cắt của recloser là 297 s, thời gian chảy nhỏ nhất của cầu chì là 405 s, recloser và cầu chì phối hợp tốt (Hình 5). Điểm giao nhau giữa 2 đường đặc tính ứng với dòng điện là 1588A, thời gian cắt là 257s.

Tính toán phối hợp làm việc giữa recloser và cầu chì với ba trường hợp nguồn PV đặt lần lượt trước recloser (PV1), giữa recloser và cầu chì (PV2) và ngoài recloser và cầu chì (PV3) với tỷ trọng công suất PV tăng dần. Kết quả tính toán như Bảng 1, Bảng 2 và Bảng 3.

Bảng 1. Phối hợp giữa recloser và cầu chì khi có nguồn PV đặt trước recloser

P_{PV} (MW)	0	10	14	18	20
I_{CC}, I_N (A)	1405	1514	1551	1585	1601
I_R (A)	1405	1514	1551	1585	1601
t_{CC} (ms)	405	307	280	258	249
t_R (ms)	297	270	263	256	253

Bảng 2. Phối hợp giữa recloser và cầu chì khi có nguồn PV đặt giữa recloser và cầu chì

P_{PV} (MW)	0	2	4	6
I_{CC}, I_N (A)	1405	1477	1489	1530
I_R (A)	1405	1383	1361	1340
t_{CC} (ms)	405	362	326	295
t_R (ms)	297	303	309	315

Bảng 3. Phối hợp giữa recloser và cầu chì khi có nguồn PV đặt phía ngoài recloser và cầu chì

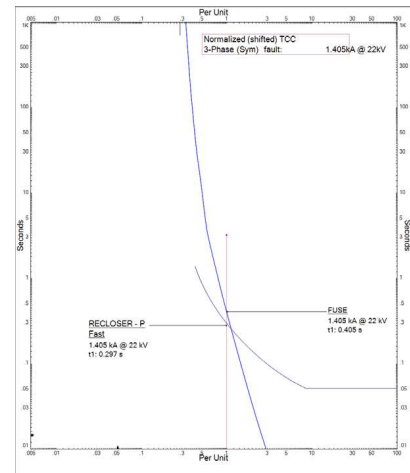
P_{PV} (MW)	0	2	4	6
I_{CC}, I_N (A)	1405	1480	1554	1628
I_R (A)	1405	1405	1405	1405
t_{CC} (ms)	405	334	278	234
t_R (ms)	297	297	297	297

Theo kết quả tính toán ở Bảng 1 ta thấy khi nguồn PV đặt trước recloser, dòng qua recloser và cầu chì bằng nhau và tăng khi tăng tỷ trọng nguồn PV. Thời gian cắt của recloser tăng, trong khi thời gian chảy của cầu chì giảm và khi có 20 MW nguồn PV kết nối thì recloser và cầu chì mất sự phối hợp bảo vệ (Hình 6).

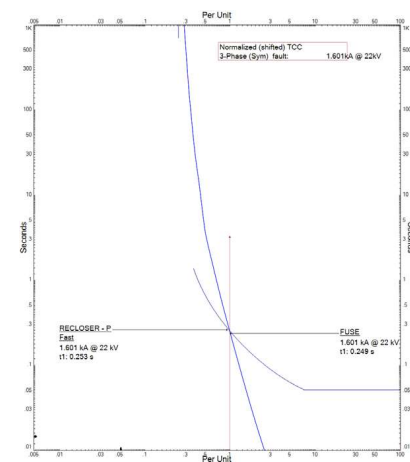
Trong trường hợp PV đặt giữa recloser và cầu chì, dòng qua cầu chì tăng dần tới thời gian chảy của cầu chì giảm, ngược lại, dòng qua recloser lại giảm, nên thời gian làm việc của recloser tăng lên, khi công suất kết nối nguồn PV là 6 MW thì thời gian chảy của cầu chì là 295 s nhỏ hơn thời gian làm việc của recloser 315 s (xem Bảng 2, Hình 7).

Khi PV đặt ngoài recloser và cầu chì (Bảng 3), thời gian làm việc của recloser không đổi (297 s) trong khi thời gian chảy của cầu chì giảm dần và dẫn tới mất phối hợp bảo vệ (Hình 8).

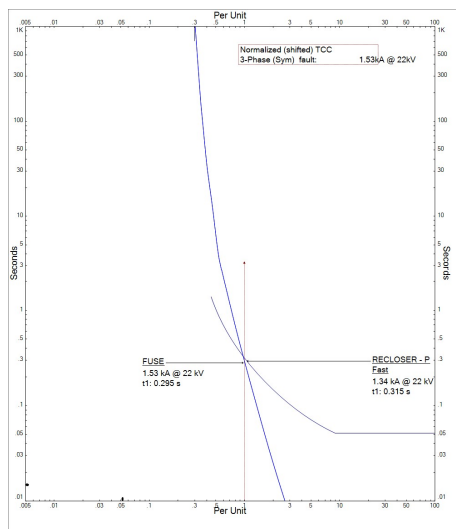
Thực hiện điều chỉnh đặc tính của recloser theo công thức (7) như sau: Khi dòng điện qua cầu chì nhỏ hơn 1588 A, đặt thời gian cắt nhanh của recloser là $0,75 \times 257 = 193$ ms. Khi dòng điện qua cầu chì lớn hơn hoặc bằng 1588 A thời gian cắt của recloser bằng 20 ms. Như vậy, luôn đảm bảo recloser và cầu chì phối hợp tốt.



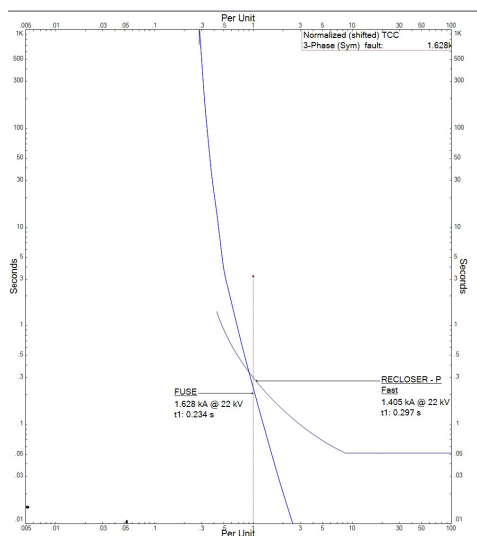
Hình 5. Phối hợp giữa recloser và cầu chì khi chưa có PV



Hình 6. Mất sự phối hợp giữa recloser và cầu chì khi có PV đặt trước recloser



Hình 7. Mất sự phối hợp giữa recloser và cầu chì khi có PV đặt giữa recloser và cầu chì



Hình 8. Mất sự phối hợp giữa recloser và cầu chì khi có PV đặt phía ngoài recloser và cầu chì

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã thực hiện đánh giá ảnh hưởng của việc đấu nối nguồn điện mặt trời với các vị trí và tỷ trọng thâm nhập khác nhau tới sự phối hợp làm việc của recloser và cầu chì trên lưới điện phân phối trung áp.

PHỤ LỤC

Đường dây trục chính: AC-120,

Chiều dài các đoạn đường dây:

$$l_{3-4}=4,5\text{km}; l_{4-5}=4\text{km}, l_{5-6}=4\text{km}, l_{6-7}=2\text{km}, l_{7-8}=2\text{km}.$$

Phần mềm Etap được sử dụng để mô phỏng và tính toán phối hợp bảo vệ cho một lưới điện hình tia cấp điện áp 22 kV. Kết quả tính toán cho thấy sự xuất hiện của nguồn PV làm thu hẹp phạm vi an toàn giữa thời gian tác động của recloser và thời gian chảy của cầu chì thậm chí mất sự phối hợp giữa recloser và cầu chì. Trên cơ sở những phân tích đó bài báo đã đề xuất giải pháp điều chỉnh đường đặc tính cắt nhanh của recloser nhằm luôn đảm bảo sự phối hợp làm việc giữa recloser và cầu chì.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. S. E. Razavi et al., "Impact of distributed generation on protection and voltage regulation of distribution systems: A review," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 105, pp. 157–167, 2019, doi: 10.1016/j.rser.2019.01.050.
- [2]. M. Akmal, F. Al-Naemi, N. Iqbal, A. Al-Tarabsheh, and L. Meegahapola, "Impact of distributed PV generation on relay coordination and power quality," 2019 IEEE Milan PowerTech, PowerTech 2019, 2019, doi: 10.1109/PTC.2019.8810791.

- [3]. VS.GS Trần Đình Long, Bảo vệ các hệ thống điện. Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật, 2007.
- [4]. M. Ghotbi-Maleki, R. Mohammadi Chabanloo, M. R. Taheri, and H. H. Zeineldin, "Coordination of non-directional overcurrent relays and fuses in active distribution networks considering reverse short-circuit currents of DGs," *IET Gener. Transm. Distrib.*, vol. 15, no. 18, pp. 2539–2553, 2021, doi: 10.1049/gtd2.12197.
- [5]. A. Fazanehrafat, S. A. M. Javadian, S. M. T. Bathaee, and M. R. Haghifam, "Maintaining the recloser-fuse coordination in distribution systems in presence of DG by determining DG's size," *IET Conf. Publ.*, no. 536 CP, pp. 132–137, 2008, doi: 10.1049/cp:20080024.
- [6]. M. E. Hamidi and R. M. Chabanloo, "Optimal Allocation of Distributed Generation with Optimal Sizing of Fault Current Limiter to Reduce the Impact on Distribution Networks Using NSGA-II," *IEEE Syst. J.*, vol. 13, no. 2, pp. 1714–1724, 2019, doi: 10.1109/JSYST.2018.2867910.
- [7]. A. Arafa, M. M. Aly, and S. Kamel, "Recloser-fuse Coordination in Radial Distribution Systems connected with Distributed Generation Using Saturated-core Superconducting Fault Current Limiter," *Proc. 2020 Int. Conf. Innov. Trends Commun. Comput. Eng. ITCE 2020*, pp. 385–390, 2020, doi: 10.1109/ITCE48509.2020.9047756.
- [8]. M. Pujiantara, D. C. Riawan, A. Indrasaputra, T. P. Sari, and V. Raki Mahindara, "The automation of time dial setting calculation and inverse type curve selection for over current relay based on numerical computation in real industrial electrical system," *4th IEEE Conf. Power Eng. Renew. Energy, ICPERE 2018 - Proc.*, pp. 1–6, 2018, doi: 10.1109/ICPERE.2018.8739673.
- [9]. L. F. F. De Gutierrez, L. Mariotto, G. Cardoso, and F. Loose, "Recloser-fuse coordination protection for inverter-based distributed generation systems," *Proc. Univ. Power Eng. Conf.*, vol. 2015-Novem, 2015, doi: 10.1109/UPEC.2015.7339778.
- [10]. B. Hussain, S. M. Sharkh, S. Hussain, and M. A. Abusara, "An adaptive relaying scheme for fuse saving in distribution networks with distributed generation," *IEEE Trans. Power Deliv.*, vol. 28, no. 2, pp. 669–677, 2013, doi: 10.1109/TPWRD.2012.2224675.
- [11]. S. Jamali and H. Borhani-Bahabadi, "Self-Adaptive Relaying Scheme of Reclosers for Fuse Saving in Distribution Networks with DG," *Int. J. Power Energy Res.*, vol. 1, no. 1, pp. 8–19, 2017, doi: 10.22606/ijper.2017.11002.
- [12]. H. Bisheh, B. Fani, G. Shahgholian, I. Sadeghkhan, and J. M. Guerrero, "An adaptive fuse-saving protection scheme for active distribution networks," *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 144, no. August 2022, p. 108625, 2023, doi: 10.1016/j.ijepes.2022.108625.

Giới thiệu tác giả:



Tác giả Ma Thị Thương Huyền, tốt nghiệp Kỹ sư Hệ thống điện và Thạc sĩ Kỹ thuật điện tại trường Đại học Bách khoa Hà Nội vào năm 2002 và 2005, sau đó nhận bằng Tiến sĩ Kỹ thuật điện tại trường Đại học Claude Bernard Lyon 1, Lyon, Cộng hòa Pháp năm 2018; tác giả hiện đang công tác tại Khoa Kỹ thuật điện, Trường Đại học Điện lực.

Lĩnh vực nghiên cứu chính: tích hợp nguồn điện phân tán; Lưới điện thông minh.



Tác giả Vũ Hoàng Giang tốt nghiệp kỹ sư Hệ thống điện và Thạc sĩ Kỹ thuật điện tại Trường Đại học Bách khoa Hà Nội vào các năm 2002 và 2005. Năm 2014 nhận bằng Tiến sĩ Kỹ thuật điện tại Trường Đại học Claude Bernard Lyon 1, Cộng hòa Pháp. Hiện nay tác giả công tác tại Trường Đại học Điện lực.

Lĩnh vực nghiên cứu chính: chẩn đoán hư hỏng và ước lượng thông số của máy điện và các bộ biến đổi điện tử công suất, tích hợp hệ thống năng lượng tái tạo vào lưới điện.