

ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG CỦA ĐIỆN MẶT TRỜI TỚI SỰ LÀM VIỆC CỦA CÁC ROLE BẢO VỆ QUÁ DÒNG ĐƯỜNG DÂY TRUNG ÁP

EVALUATION IMPACT OF SOLAR PV SYSTEM ON THE OVERCURRENT PROTECTIVE RELAYS ON MEDIUM VOLTAGE DISTRIBUTED LINES

Ma Thị Thương Huyền

Đại học Điện lực

Ngày nhận bài: 16/04/2021, Ngày chấp nhận đăng: 18/03/2022, Phản biện: TS. Nguyễn Đức Tuyên

Tóm tắt:

Việc sử dụng hệ thống điện mặt trời (PV) mái nhà kết nối với lưới điện mang lại rất nhiều lợi ích như bổ sung nguồn cung cấp điện sạch tại chỗ cho phụ tải, góp phần làm giảm phát thải khí CO₂, thúc đẩy phát triển năng lượng bền vững. Tuy nhiên, khi tích hợp một lượng lớn điện mặt trời vào lưới điện phân phối sẽ gây ảnh hưởng tới sự vận hành an toàn, tin cậy của lưới điện, trong đó phải kể đến tác động tới sự làm việc của hệ thống bảo vệ rơ le. Bài báo tập trung nghiên cứu ảnh hưởng nguồn điện mặt trời tới độ nhạy, tính chọn lọc, và sự phối hợp của bảo vệ quá dòng điện trên lưới điện trung áp có kết nối nguồn điện mặt trời. Một lưới điện trung áp điển hình được sử dụng để tính toán và kiểm tra sự làm việc của các bảo vệ rơ le quá dòng. Kết quả tính toán với các tỷ lệ thâm nhập của nguồn điện mặt trời và vị trí đấu nối khác nhau cho thấy các bảo vệ rơ le có thể tác động chậm, hoặc tác động sai, và mất sự phối hợp. Mức độ ảnh hưởng phụ thuộc vào tỷ lệ thâm nhập, vị trí đấu nối nguồn điện mặt trời.

Từ khóa:

Điện mặt trời, bảo vệ rơ le, bảo vệ rơ le quá dòng, tác động chậm, tác động sai, phối hợp bảo vệ.

Abstract:

Rooftop solar power system (PV) connected to the distribution grid brings many benefits, such as adding a clean, on-site power supply to the load, reducing CO₂ emissions, promoting sustainable energy development. However, when integrating a large amount of solar power into the distribution grid, they will affect the safe, and reliable operation of the power grid, including the operation of the relay protection system. This paper focuses on studying the influence of the solar power system on the sensitivity, selectivity, and coordination of overcurrent protection devices in medium voltage grids. A typical medium voltage line is used to calculate and verify the operation of overcurrent relay protection. Calculation results with different PV penetration scenarios and connection points show that integrating solar power sources can lead to nuisance tripping, mal-operation, loss of coordination of protective devices. The degree of impaction depends on the penetration rate and connection point location.

Keywords:

PV system; protective relay, over-current relay, relay coordination.

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Trong những năm gần đây, nhà nước có nhiều cơ chế, chính sách khuyến khích phát triển năng lượng tái tạo, đặc biệt là điện mặt trời, đã tạo ra sự phát triển mạnh mẽ cả về quy mô trang trại và điện mặt trời mái nhà. Các hệ thống điện mặt trời đã tạo ra nguồn cung cấp điện đáng kể nhằm đáp ứng được nhu cầu phụ tải trong bối cảnh các nguồn năng lượng hóa thạch đang cạn kiệt, nguồn thủy điện đã khai thác gần hết [1]. Mặt khác, nguồn điện mặt trời là nguồn phân tán, thường đặt gần hộ tiêu thụ nên sẽ giảm được chi phí xây dựng hệ thống truyền tải, giảm tổn thất điện năng trên lưới điện. Sự phát triển của điện mặt trời cũng góp phần giảm phát thải khí CO₂, chống biến đổi khí hậu, đảm bảo phát triển năng lượng bền vững [1].

Bên cạnh những lợi ích thì việc phát triển nhanh chóng của điện mặt trời cũng gây ra những khó khăn trong việc quản lý, vận hành lưới điện. Đối với lưới điện trung áp, việc tích hợp điện mặt trời có thể gây ra các hiện tượng quá tải các đường dây trung áp, quá điện áp, ảnh hưởng đến chất lượng điện năng, gây ra các vấn đề về sóng hài, v.v [2]. Lưới điện phân phối thường được thiết kế hình tia với dòng công suất, dòng điện ngắn mạch và cách thức phát hiện sự cố chỉ theo một hướng từ phía hệ thống về phía phụ tải. Khi tích hợp các hệ thống điện mặt trời vào lưới phân phối sẽ làm thay đổi kết cấu của lưới điện, công suất và dòng điện trong lưới có thể chạy theo nhiều hướng khác nhau. Bởi vậy, việc kiểm tra hệ thống bảo vệ rơ le đang được trang bị cho lưới phân phối có

đảm bảo các yêu cầu không là rất cần thiết. Trên lưới điện phân phối thường sử dụng các loại rơ le bảo vệ quá dòng điện bao gồm bảo vệ quá dòng có thời gian, bảo vệ quá dòng cắt nhanh, bảo vệ quá dòng có hướng. Các rơ le bảo vệ này phải đảm bảo yêu cầu về tác động nhanh, độ nhạy, tính chọn lọc, độ tin cậy, và tính kinh tế [3]. Theo quy định, với lưới điện trung áp có điện áp 35 kV trở xuống, dòng ngắn mạch lớn nhất cho phép là 25 kA, thời gian loại trừ sự cố của bảo vệ chính là 500 ms, thời gian chịu đựng tối thiểu của thiết bị là 1s [4].

Nguồn điện PV là một loại nguồn phân tán. Thông thường, nguồn PV được nối với lưới thông qua một bộ nghịch lưu DC-AC, nên khi có ngắn mạch trên lưới nguồn PV được xem như một nguồn dòng, cung cấp dòng điện bằng 1,2 đến 2 lần dòng điện định mức [5], [6]. Khi công suất nguồn PV là nhỏ thì dòng điện này không đáng kể, nhưng khi tích hợp một lượng lớn điện mặt trời thì sẽ có ảnh hưởng nhất định tới sự làm việc của hệ thống bảo vệ rơ le. Nhiều nghiên cứu đánh giá tác động của hệ thống PV lên bảo vệ lưới điện phân phối đã được thực hiện [7]-[11]. Phân tích tác động của PV với tỷ lệ thâm nhập lớn tới hệ thống bảo vệ rơ le trên lưới điện phân phối, các tác giả đã cho thấy các bảo vệ quá dòng có thể tác động sai (tác động khi sự cố ngoài vùng bảo vệ), không tác động khi có sự cố trong vùng bảo vệ hoặc mất sự phối hợp bảo vệ giữa recloser và cầu chì [7]. Ảnh hưởng của nguồn PV với tỷ lệ thâm nhập khoảng 100% tới bảo vệ quá dòng điện của một lưới điện cụ thể được tính toán

trong bài báo [8] cho thấy, mặc dù không gây tác động nhằm hay không tác động nhưng sự có mặt của PV làm kéo dài thời gian tác động của bảo vệ. Sự phối hợp của các bảo vệ rơ le dòng điện trên đường dây trung áp hình tia bị phá vỡ khi có kết nối nguồn phân tán được trình bày trong [9], [10]. Ảnh hưởng của PV tới sự làm việc của bảo vệ có khoảng cách được chỉ ra trong [11].

Bài báo này sẽ thực hiện đánh giá tác động của PV với các mức thâm nhập và vị trí đấu nối khác nhau tới sự làm việc của các bảo vệ rơ le quá dòng đường dây trung áp. Cấu trúc của bài báo như sau: Phần 2 sẽ phân tích ảnh hưởng của PV tới độ nhạy và tính chọn lọc của bảo vệ đường dây trung áp; Phần 3 mô tả lưới điện nghiên cứu; Phần 4 trình bày kết quả tính toán ngắn mạch và đánh giá sự làm việc của hệ thống bảo vệ rơ le. Phần 5 là kết luận.

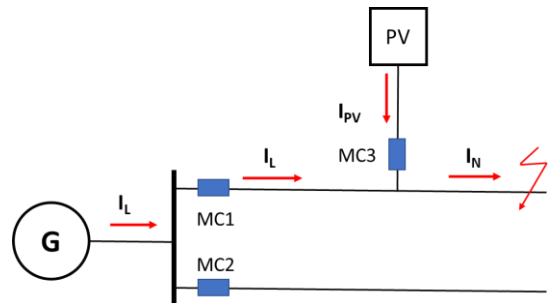
2. ẢNH HƯỞNG CỦA PV TỚI HỆ THỐNG BẢO VỆ ROLE CỦA ĐƯỜNG DÂY TRUNG ÁP

Để tích hợp với lưới điện trung áp, nguồn điện mặt trời thường được nối lên các lộ đường dây trung áp ở gần. Với các lộ đường dây hình tia, bảo vệ cho các lộ đường dây này thường dùng MCD hoặc recloser đặt ở đầu đường dây. Các ro le bảo vệ (RLBV) thường được cài đặt chức năng bảo vệ quá dòng cắt nhanh, bảo vệ quá dòng có thời gian làm việc theo đặc tính độc lập hoặc phụ thuộc. Khi nối nguồn điện mặt trời vào một lộ đường dây trung áp thì có 2 yếu tố ảnh hưởng tới sự

làm việc của máy cắt đầu đường dây cần xem xét như sau:

2.1. Bảo vệ rơ le tác động chậm hoặc không tác động

Phạm vi bảo vệ của ro le quá dòng được quyết định bởi dòng điện khởi động đã cài đặt trước. Sự xuất hiện của nguồn điện PV trên lưới phân phối sẽ làm giảm phạm vi bảo vệ của rơ le quá dòng, theo đó các sự cố có tổng trở lớn ở cuối các tuyến đường dây có nguồn PV sẽ không được phát hiện (Hình 1).

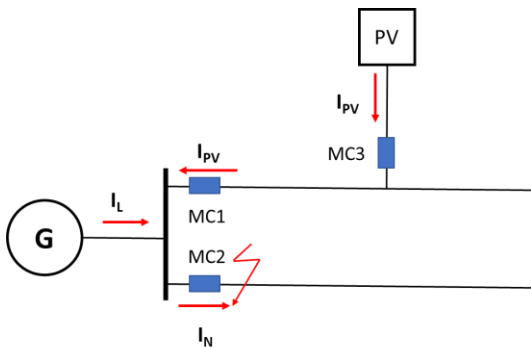


Hình 1. Bảo vệ rơ le tác động chậm hoặc không tác động

Nguyên nhân là do dòng điện mà ro le quá dòng đo được ở đầu đường dây có giá trị nhỏ hơn dòng điện sự cố thực tế vì dòng điện sự cố lúc này bao gồm hai thành phần: dòng từ lưới điện (I_L) (rơ le quá dòng đầu đường dây đo được) và dòng điện đến từ nguồn điện mặt trời. Khi ngắn mạch tại điểm N, dòng ngắn mạch lớn, nhưng dòng điện chạy qua thiết bị bảo vệ ở đầu đường dây MC1 lại giảm làm cho bảo vệ rơ le không tác động, hoặc tác động chậm. Mức độ ảnh hưởng của nguồn điện mặt trời phụ thuộc vào quy mô nguồn PV và vị trí đấu nối nguồn PV so với nguồn lưới hệ thống.

2.2. Bảo vệ rơ le tác động sai

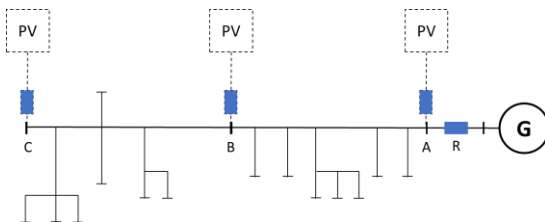
Khi có ngắn mạch trên đường dây lân cận đường dây có kết nối PV sẽ có dòng điện chạy ngược qua bảo vệ đầu đường dây có nguồn PV, Nếu dòng điện này lớn hơn dòng khởi động của rơ le bảo vệ, thì MC1 sẽ tác động, đường dây 1 bị cắt ra mặc dù nó không bị sự cố (Hình 2). Trường hợp nguy hiểm nhất là ngắn mạch ngay tại đầu đường dây lân cận khi đó dòng điện chạy ngược qua MC1 sẽ là lớn nhất. Dễ dàng nhận thấy, dòng điện chạy qua MC1 trong trường hợp này chính là dòng điện do PV cung cấp.



Hình 2. Bảo vệ rơ le tác động sai

3. LƯỚI ĐIỆN NGHIÊN CỨU

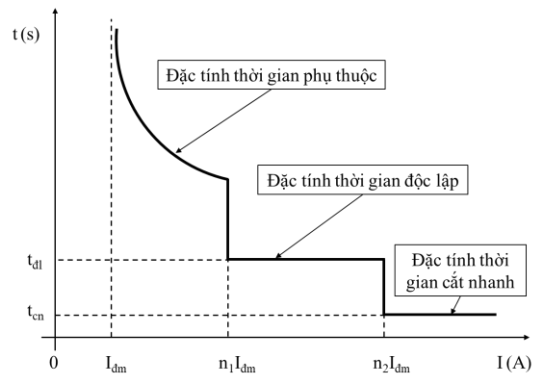
Bài báo thực hiện nghiên cứu cho lộ đường dây 22 kV 475-E1.24 lấy điện từ trạm biến áp 110 kV Hải Bối (Hình 3).



Hình 3. Sơ đồ nguyên lý đường dây 475E1.24 Hải Bối

Đường dây trục chính sử dụng loại dây

AC-240, khả năng mang tải của đường dây là 23 MVA. Công suất ngắn mạch đầu nguồn là 300 MVA. Đầu đường dây sử dụng Recloser REF 615 của nhà sản xuất ABB (ký hiệu R trên hình 3). Thông số của recloser cho trong Phụ lục. Bảo vệ quá dòng được cài đặt các chức năng phối hợp gồm ba cấp như sau: Rơle quá dòng có đặc tính thời gian phụ thuộc (Inverse Time Overcurrent Relay), Rơle quá dòng có đặc tính thời gian độc lập (Definite Time Overcurrent Relay) và Rơle quá dòng cắt nhanh (Instantaneous Overcurrent relay). Phối hợp bảo vệ của đường dây như Hình 4.



Hình 4. Phối hợp bảo vệ của các rơle quá dòng đường dây

Rơle quá dòng đặc tính thời gian phụ thuộc được cài đặt theo tiêu chuẩn IEC 60255 với dạng đặc tính rất dốc phù hợp với đường dây có chiều dài ngắn. Thời gian cắt được xác định theo công thức (1):

$$t = TMS \cdot \frac{13.5}{\frac{I}{I_s} - 1} \quad (1)$$

Trong đó:

t (s): thời gian cắt

TMS: Hệ số thời gian

I (A): giá trị hiệu dụng của dòng

điện sự cố

Is (A): giá trị dòng điện khởi động.

Đối với Recloser đầu đường dây 475-E1.24 Hải Bôi được cài đặt với dòng điện khởi động Is bằng giá trị dòng điện định mức của recloser là 600 A, và hệ số thời gian TMS = 0,15. Rơ le quá dòng có đặc tính thời gian độc lập được cài đặt với giá trị dòng khởi động bằng 6 lần dòng điện định mức của recloser ($n_1=6$) và bằng 3.600 A, thời gian cắt là $t_{d1}=150$ ms. Chức năng bảo vệ cắt nhanh được cài đặt với dòng điện bằng 14,5 lần dòng điện danh định ($n_2=14,5$) và bằng 8.700 A, thời gian cắt $t_{cn}=20$ ms. Chức năng đóng lặp lại của recloser và chức năng bảo vệ có hướng không sử dụng nên bị khoá.

Giả thiết các nguồn PV được đặt tập trung và nối vào cùng vị trí trên đường dây trục chính. Bài báo sẽ tiến hành khảo sát 3 vị trí đầu nối: cuối đường dây (điểm C), giữa đường dây (điểm B) và đầu đường dây (điểm A) như trên Hình 2. Mức độ thâm nhập của PV được xác định theo công thức (2):

$$\%PV = \frac{P_{PV}}{S_{ptmax}} \cdot 100 \quad (2)$$

Trong đó:

%PV là tỷ lệ thâm nhập của PV tính theo phần trăm,

P_{PV} : Công suất đầu ra của nguồn PV (kW)

S_{ptmax} : Công suất phụ tải cực đại của lộ đường dây.

Bài báo này sẽ xét các mức thâm nhập của PV khác nhau theo khả năng tải của đường dây. Đường dây có khả năng tải là 23 MVA nên có thể coi gần đúng công

s suất nguồn PV lớn nhất có thể kết nối vào đường dây để đường dây không bị vượt quá khả năng tải là 23MW. Các kịch bản sự cố được giả thiết và dòng điện sự cố được tính toán trong mục 4.

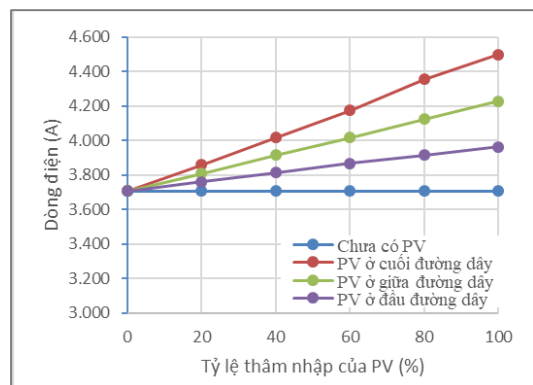
4. ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ

Bài báo sử dụng phần mềm Etap để tính toán ngắn mạch. Khi chưa có kết nối nguồn điện mặt trời, dòng ngắn mạch ba pha ở cuối đường dây bằng 3706 A chính là dòng điện chạy qua recloser. Ứng với dòng ngắn mạch này BVRL sẽ làm việc trong vùng đặc tính thời gian độc lập, thời gian cắt của recloser là 150 ms. Khi ngắn mạch ở lộ đường dây lân cận, không có dòng điện chạy qua máy cắt.

Để đánh giá ảnh hưởng của nguồn điện mặt trời tới sự làm việc của recloser, ta sẽ xét các kịch bản sau:

Kịch bản 1: Ngắn mạch ba pha ở cuối đường dây

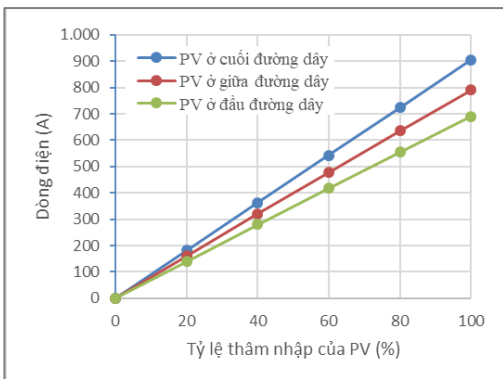
Kết quả tính toán ngắn mạch với các vị trí đầu nối và tỷ lệ thâm nhập của PV khác nhau được thể hiện trên Hình 5.



Hình 5. Dòng điện ngắn mạch 3 pha ở cuối đường dây

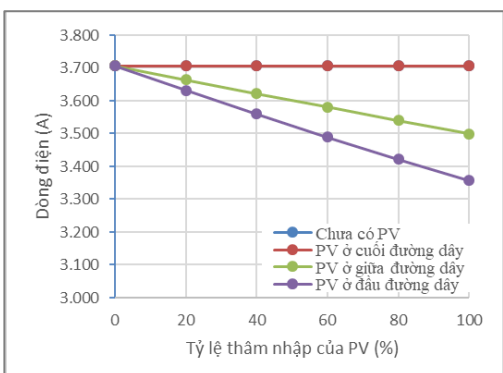
Nhìn trên biểu đồ ta thấy, khi kết nối nguồn điện PV vào đường dây dòng điện

ngắn mạch tại vị trí điểm ngắn mạch tăng lên rõ rệt. Mức độ tăng tùy thuộc vào vị trí đấu nối và mức độ thâm nhập của PV. Vị trí đấu nối càng gần điểm ngắn mạch và mức độ thâm nhập của PV càng lớn thì giá trị dòng ngắn mạch càng cao và ngược lại. Dòng sự cố tại vị trí điểm ngắn mạch tăng là do sự tham gia của nguồn PV vào cung cấp dòng sự cố. Giá trị dòng điện ngắn mạch do nguồn PV cung cấp tăng theo mức độ thâm nhập của nguồn PV. Mặt khác khi nguồn PV đặt càng gần vị trí điểm ngắn mạch thì dòng ngắn mạch do nguồn PV cung cấp càng lớn (Hình 6).



Hình 6. Dòng điện ngắn mạch do PV cung cấp

Ngược lại, do ảnh hưởng của nguồn PV, giá trị dòng điện chạy qua recloser đầu đường dây giảm giảm, mức độ giảm phụ thuộc vào mức độ thâm nhập và vị trí đấu nối của PV (Hình 7 và Bảng 1).



Hình 7. Dòng điện chạy qua recloser khi ngắn mạch cuối đường dây

Bảng 1. Giá trị dòng điện ngắn mạch qua recloser khi có sự cố cuối đường dây

Đơn vị: A

Tỷ lệ thâm nhập của PV (%)	0	20	40	60	80	100
Chưa có PV	3.706	3.706	3.706	3.706	3.706	3.706
PV ở cuối đường dây	3.706	3.706	3.706	3.706	3.706	3.706
PV ở giữa đường dây	3.706	3.664	3.622	3.581	3.540	3.499
PV ở đầu đường dây	3.706	3.632	3.560	3.490	3.422	3.357

Qua bảng kết quả cho thấy, khi PV đặt ở cuối đường dây dòng điện sự cố qua Recloser không thay đổi so với khi chưa có kết nối PV, nên không ảnh hưởng tới sự làm việc của hệ thống RLBV, bảo vệ vẫn làm việc trong vùng 2 (đặc tính độc lập) với thời gian cắt sự cố là 150 ms (Bảng 2). Nhưng khi PV đặt ở giữa đường dây, và đầu đường dây, dòng qua recloser giảm rõ rệt theo tỷ lệ tăng của nguồn PV đấu nối vào lưới. Với trường hợp PV nối ở giữa đường dây, khi tỷ lệ thâm nhập của PV vượt quá 45%, dòng điện sự cố giảm xuống dưới ngưỡng tác động của đặc tính độc lập nên RLBV chuyển sang vùng tác động 1 (đặc tính phụ thuộc) với thời gian tác động nằm trong khoảng từ 405 ms tới 419 ms. Khi PV nối vào đầu đường dây thì mức độ giảm xuất hiện sớm hơn ứng với tỷ lệ thâm nhập vượt quá 25% và thời gian tác động có thể tăng tới giá trị 441 ms khi mức thâm nhập của PV là 100% khả năng tải.

Bảng 2. Thời gian tác động của bảo vệ rơ le khi ngắn mạch ở cuối đường dây

Đơn vị: ms

Tỷ lệ thâm nhập của PV (%)	0	20	40	60	80	100
Chưa có PV	150	150	150	150	150	150
PV ở cuối đường dây	150	150	150	150	150	150
PV ở giữa đường dây	150	150	150	408	413	419
PV ở đầu đường dây	150	150	410	420	431	441

Vậy trong trường hợp sự cố này, dòng ngắn mạch tại vị trí sự cố lớn tương ứng

với vùng làm việc theo đặc tính độc lập của RLVB. Tuy nhiên, dòng điện mà RLVB ở đầu đường dây đo được lại nhỏ hơn dòng ngắn mạch, nên có nhiều trường hợp RLVB sẽ làm việc theo đặc tính phụ thuộc với thời gian loại trừ sự cố tăng lên đáng kể.

Kịch bản 2: Khi có ngắn mạch ba pha ở đầu đường dây lân cận

Trường hợp nguy hiểm nhất là vị trí điểm ngắn mạch nằm ngay đầu đường dây lân cận. Trong trường hợp này dòng ngắn mạch chạy qua recloser chính là dòng điện do PV cung cấp. Kết quả tính toán ngắn mạch trong Bảng 3

Bảng 3. Dòng điện ngắn mạch 3 pha qua recloser và thời gian tác động khi có ngắn mạch ba pha ở đầu đường dây lân cận

Tỷ lệ thâm nhập của PV (%)	0	20	40	60	80	100
Dòng qua recloser (A)	0	-184	-362	-543	-724	-905
Thời gian tác động (s)	-	-	-	-	10	4

Dấu (-) thể hiện chiều dòng điện đi từ phía đường dây về phía thanh góp đầu nguồn.

Để dàng nhận thấy khi có sự cố trên đường dây lân cận đường dây có kết nối PV, xuất hiện dòng điện chạy ngược từ phía đường dây về phía thanh góp đầu nguồn. Khi tỷ lệ thâm nhập của PV thấp, dòng điện điện này không ảnh hưởng tới sự làm việc của recloser. Nhưng khi tỷ lệ thâm nhập của PV lớn hơn 65% thì bảo vệ role quá dòng có thời gian đặc tính phụ thuộc tác động, cắt recloser với thời gian cắt như trong Bảng 3. Như vậy, trong trường hợp này bảo vệ rơ le đã tác động ngoài vùng bảo vệ. Để khắc phục, cần phải cài đặt chức năng định hướng công suất để đảm bảo tính chọn lọc.

5. KẾT LUẬN

Từ kết quả nghiên cứu có thể đưa ra một số kết luận như sau:

Khi tích hợp hệ thống điện mặt trời với mức độ thâm nhập không quá lớn thì nguồn PV không ảnh hưởng tới sự làm việc của hệ thống RLVB, không cần phải chỉnh định thông số hay thay thế các thiết bị bảo vệ.

Khi mức độ thâm nhập của PV cao, đặc biệt vị trí đấu nối gần phía nguồn lưới hệ thống, sẽ ảnh hưởng tới độ nhạy và tính chọn lọc cũng như sự phối hợp của các thiết bị bảo vệ. Bảo vệ rơ le có thể tác động chậm, tác động sai, tác động không đúng vùng cài đặt. Vị trí đấu nối của nguồn PV cũng có ảnh hưởng rất lớn. Điểm đấu nối càng gần đầu nguồn thì ảnh hưởng càng lớn.

Bài báo cũng có thể phát triển thêm theo hướng đánh giá ảnh hưởng của chiều dài đường dây tới sự làm việc của BVRL.

PHỤ LỤC

Bảng phụ lục. Thông số của recloser

Tên thiết bị	Xuất xứ	U _{dm} (kV)	I _{dm} (A)	I _{Cdm} (kA)
Recloser	ABB	23	600	12,5

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bộ công thương, Báo cáo triển vọng năng lượng Việt Nam 2019.
- [2] Balamurugan, K. & Srinivasan, D. & Reindl, Thomas, Impact of Distributed Generation on Power Distribution Systems, Energy Procedia. 25. 93–100. 10.1016/j.egypro.2012.07.013.
- [3] VS.GS Trần Đình Long, Bảo vệ các hệ thống điện, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 2007.
- [4] Thông tư 39/2015/TT-BCT, ngày 18/11/2015 của Bộ trưởng Bộ Công Thương về Quy định hệ thống điện phân phối.
- [5] Tiêu chuẩn IEC 60900-0 năm 2016.
- [6] H. Sadiq, U. Hameed, M. N. Rafique, S. A. H. Raza, and K. Imran, Impact of PV penetration on short circuit current of radial distributed feeder and existing power system protection of NUST," 2018 Int. Conf. Comput. Electron. Electr. Eng. ICE Cube 2018, 2019.
- [7] M. Jafari, T. O. Olowu, A. I. Sarwat and M. A. Rahman, "Study of Smart Grid Protection Challenges with High Photovoltaic Penetration," *2019 North American Power Symposium (NAPS)*, 2019, pp. 1-6, 2019.
- [8] H. Ravindra, M. O. Faruque, P. McLaren, K. Schoder, M. Steurer, and R. Meeker, Impact of PV on distribution protection system, 2012, North Am. Power Symp. NAPS 2012, 2012.
- [9] 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, 2019.
- [10] Jamal N.Z., Sulaiman M.H., Aliman O. (2019) Impact of Overcurrent Protection Coordination on the Location of the Distributed Generation Sources. In: Md Zain Z. et al. Proceedings of the 10th National Technical Seminar on Underwater System Technology, 2018.
- [11] Z. Zhang, Z. Tao, R. Xie, and P. Zhang, "Protection for distribution network with photovoltaic integration," *Asia-Pacific Power Energy Eng. Conf. APPEEC*, vol. 2016-Decem, pp. 1822–1826, 2016.

Giới thiệu 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; hiện đang công tác tại Khoa Kỹ thuật điện, Trường Đại học Điện lực; hướng nghiên cứu bao gồm: tích hợp hệ thống năng lượng tái tạo vào lưới; Lưới điện thông minh.

SĐT: 0965489186

Email: huyenmtt@epu.edu.vn