

Vị trí tối ưu và ảnh hưởng của các nguồn điện mặt trời 1 MWp lên bảo vệ lưới điện phân phối

Đặng Tuấn Khanh^{1,*}, Trần Huy Hoàn¹, Trương Hoàng Bảo Huy²



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

TÓM TẮT

Ngày nay sự thâm nhập các nguồn điện phân tán vào mạng điện phân phối ngày càng nhiều, nhất là các nguồn điện mặt trời dạng 1 MWp vì mô hình này được hưởng chính sách giá mua điện ưu đãi. Để đạt hiệu quả giảm tổn thất mạng điện phân phối, bài báo sử dụng thuật toán Symbiotic Organism Search (SOS) để tìm vị trí tối ưu cho các nguồn điện mặt trời này. Tuy nhiên, khi các nguồn điện phân tán này kết nối vào lưới điện phân phối, chúng có thể gây mất chọn lọc sự phối hợp giữa tự đóng lại và cầu chì, các thiết bị bảo vệ chính của lưới điện phân phối. Điểm nổi bật của bài báo đó là dựa trên tính sẵn có của tự đóng lại, cầu chì, và có xét đến hệ số K_{hc} (hệ số ảnh hưởng bởi thời gian tự đóng lại và số lần tác động) để ra giải pháp đơn giản nhưng hiệu quả để đảm bảo sự phối hợp chọn lọc của tự đóng lại – cầu chì. Thuật toán SOS và giải pháp đề xuất được áp dụng cho lưới điện phân phối 22 kV 473TH ở Tây Ninh. Các kết quả mô phỏng bằng phần mềm Matlab và Etap cho thấy thuật toán SOS cũng như giải pháp đã đưa ra giúp ích cho việc qui hoạch, định vị nguồn điện phân tán, đồng thời khắc phục được sự phối hợp không chọn lọc của tự đóng lại – cầu chì.

Từ khóa: Bảo vệ lưới điện phân phối, điện mặt trời 1 MWp, phối hợp tự đóng lại – cầu chì, thuật toán SOS, vị trí tối ưu nguồn DG

GIỚI THIỆU

Do nhu cầu sử dụng điện ngày càng tăng cao nên việc xây dựng thêm các nhà máy điện là điều cần thiết hiện nay trên thế giới nói chung và Việt Nam nói riêng. Thực tế cho thấy xây dựng nhà máy điện công suất lớn đòi hỏi chi phí đầu tư lớn, thời gian dài, cũng như rất nhiều thủ tục pháp lý, mặt bằng, và đất đai. Các nhà máy nhiệt điện lớn truyền thống sử dụng nhiên liệu hóa thạch gây ảnh hưởng ô nhiễm môi trường và hiệu ứng nhà kính. Chính vì vậy, việc phát triển các nguồn năng lượng phân tán (DG) từ nguồn năng lượng tái tạo, được kết nối vào lưới điện phân phối là thích hợp nhất¹. Đặc biệt là các nguồn điện mặt trời 1 MWp đã và đang phát triển rất phổ biến tại Việt Nam vì được hưởng chính sách khuyến khích tốt về giá mua điện cố định trong thời gian dài.

Vị trí của các nguồn điện mặt trời 1 MWp cũng rất đang được quan tâm vì chúng có tác động lớn đến bảo vệ trên lưới điện phân phối. Chọn được vị trí tối ưu của các nguồn điện mặt trời 1 MWp có thể giúp làm giảm tổn thất, đảm bảo điện áp, cải thiện chất lượng điện năng và tăng độ tin cậy cung cấp điện. Vì vậy, việc xác định vị trí các nguồn điện mặt trời 1 MWp trong lưới điện phân phối là rất quan trọng và cần thiết trong bài toán qui hoạch lưới điện cho ngành điện. Bài toán tìm vị trí tối ưu cho các nguồn

điện năng lượng tái tạo trong lưới điện phân phối đã được giải quyết bằng nhiều thuật toán tối ưu khác nhau như là phương pháp cổ điển bao gồm Quy hoạch tuyến tính (Linear Programming)² và Quy hoạch phi tuyến (Nonlinear Programming)³, hay các phương pháp dựa vào trí tuệ nhân tạo gồm có Genetic Algorithm (GA)⁴, Particle Swarm Optimization (PSO)⁵, Simulated Annealing (SA)⁶, Tabu Search (TS)⁷, Differential Evolution (DE)⁸, và Artificial Bee Colony (ABC)⁹. Mỗi phương pháp tối ưu luôn có ưu và nhược điểm riêng.

Bên cạnh mặt tích cực khi sử dụng các nguồn điện phân tán, sự hiện diện của chúng còn gây ra các thách thức cho lưới điện phân phối như phối hợp bảo vệ, chất lượng điện năng, phức tạp điều khiển và vận hành¹⁰⁻¹⁵. Trong phạm vi nghiên cứu, bài báo sẽ phân tích, thảo luận và đánh giá về sự phối hợp chọn lọc giữa tự đóng lại và cầu chì, sau đó đề xuất giải pháp khắc phục sẵn có, đơn giản và hiệu quả. Tự đóng lại và cầu chì là những thiết bị chính được sử dụng để giải trừ các sự cố trong lưới điện phân phối. Tự đóng lại được sử dụng bảo vệ trực chính, xóa bỏ các sự cố thoáng qua cũng như lâu dài. Trong khi đó, cầu chì được sử dụng bảo vệ và loại trừ các sự cố cho nhánh rẽ. Phối hợp tự của đóng lại – cầu chì thường được thực hiện dựa trên nguyên tắc tiết kiệm cầu chì. Tuy

¹Khoa Điện – Điện Tử, Trường Đại học Bách Khoa, ĐHQG-HCM, Việt Nam

²Viện Kỹ Thuật – Công Nghệ, Đại Học Thủ Dầu Một, Việt Nam

Liên hệ

Đặng Tuấn Khanh, Khoa Điện – Điện Tử, Trường Đại học Bách Khoa, ĐHQG-HCM, Việt Nam

Email: dtkhanh2002@hcmut.edu.vn

Lịch sử

- Ngày nhận: 14/6/2021
- Ngày chấp nhận: 13/8/2021
- Ngày đăng: 26/8/2021

DOI: 10.32508/stdjet.v4i3.815



Bản quyền

© ĐHQG Tp.HCM. Đây là bài báo công bố mở được phát hành theo các điều khoản của the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



Trích dẫn bài báo này: Khanh D T, Hoàn T H, Huy T H B. **Vị trí tối ưu và ảnh hưởng của các nguồn điện mặt trời 1 MWp lên bảo vệ lưới điện phân phối.** *Sci. Tech. Dev. J. - Eng. Tech.*; 4(3):1036-1047.

nhiên, sự thâm nhập cao của các nguồn điện phân tán có thể gây ra sự thay đổi, gia tăng dòng điện sự cố, dẫn đến sự phối hợp không chọn lọc của tự đóng lại – cầu chì¹⁶.

Đã có một số biện pháp được nghiên cứu và đưa ra để giảm thiểu sự phối hợp không chọn lọc của tự đóng lại – cầu chì. Kauhaniemi¹³ đã trình bày một kỹ thuật phân loại để đánh giá phối hợp các thiết bị bảo vệ được sử dụng trong lưới điện phân phối với sự hiện diện của nguồn điện phân tán có kích thước cụ thể. Nhưng sơ đồ bảo vệ chưa đưa ra giải pháp nào để tránh sự phối hợp không chọn lọc của tự đóng lại – cầu chì. B. Hussain¹⁷ đã đề xuất một chiến lược chuyển tiếp thích ứng, trong đó duy trì sự phối hợp chọn lọc của tự đóng lại – cầu chì bằng cách thay đổi cài đặt role một cách thích ứng để đáp ứng với việc thay đổi cấu hình nguồn điện phân tán. Abdi¹⁸ đã đề xuất một phương pháp giảm dòng sự cố bằng cách sử dụng bộ hạn chế dòng sự cố (FCL). Tuy nhiên, FCL được sử dụng trong các kết nối nối tiếp. Nếu FCL không hoạt động, mạch sẽ được mở. Fazanehrfat¹⁹ đã đề xuất một phương pháp phân tích, xác định khả năng tối đa của DG để duy trì sự phối hợp của các thiết bị bảo vệ của hệ thống điện phân phối. Hạn chế cơ bản của phương pháp là rất khó xác định phương trình cho mỗi cầu chì vì nó được đặc trưng bởi các đường cong khác nhau. A. Zamani²⁰ đã đề ra giải pháp để khắc phục sự phối hợp mất chọn lọc của tự đóng lại – cầu chì bằng cách nhân tỷ số phân dòng nhỏ nhất với đặc tính cắt nhanh của tự đóng lại. Tỷ số phân dòng được ký hiệu $K_{pd} = I_R/I_F$, với I_R là dòng điện ngắn mạch đi qua tự đóng lại và I_F là dòng điện ngắn mạch chạy qua cầu chì. Tuy nhiên, các nghiên cứu trên chưa xem xét đến hệ số K_{hc} liên quan đến thời gian và số lần cắt của tự đóng lại. Hệ số này có ảnh hưởng lớn đến sự phối hợp chọn lọc của tự đóng lại – cầu chì.

Bố cục của bài báo được chia làm 4 phần. Đầu tiên ở phần 1, bài báo trình bày phần giới thiệu, đặt vấn đề, và phân tích một số nghiên cứu trước đây về các thuật toán tối ưu vị trí nguồn phân tán, cũng như ảnh hưởng của các nguồn phân tán lên sự phối hợp bảo vệ trên lưới điện phân phối, cụ thể là sự phối hợp chọn lọc của tự đóng lại – cầu chì. Phần 2 mô tả phương pháp nghiên cứu thuật toán SOS để tìm vị trí tối ưu của các nguồn điện mặt trời 1 MWp và giải pháp khắc phục sự phối hợp không chọn lọc của tự đóng lại – cầu chì. Tiếp theo, kết quả và thảo luận của các kịch bản mô phỏng được trình bày trong phần 3. Cuối cùng, phần 4 đưa ra kết luận của bài báo.

PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu thuật toán SOS và lý thuyết phân bố công suất, lưu đồ tính toán áp dụng thuật toán SOS được

đề ra cũng như chương trình tính toán được viết trên nền tảng Matlab để tìm vị trí tối ưu của các nguồn điện mặt trời 1 MWp trong lưới điện phân phối. Bên cạnh đó, khi các nguồn phân tán thâm nhập vào lưới điện phân phối, chúng làm cho sự phối hợp của tự đóng lại – cầu chì mất tính chọn lọc. Cho nên, bài báo tiếp tục nghiên cứu và đưa ra giải pháp khắc phục sự phối hợp không chọn lọc của tự đóng lại – cầu chì theo các kịch bản có và không có sự tham gia của các nguồn điện 1 MWp bằng phần mềm Etap.

Thuật toán symbiotic organism search (SOS)

Thuật toán SOS là thuật toán dựa vào trí thông minh nhân tạo mô phỏng các quan hệ cộng sinh trong hệ sinh thái để tìm ra lời giải tối ưu. Thuật toán SOS đưa ra cách tiếp cận mới, mạnh mẽ và hiệu quả hơn cho những bài toán tối ưu phức tạp, và đã được ứng dụng thành công cho các vấn đề tối ưu hóa trong lĩnh vực hệ thống điện²¹⁻²⁵. Bên cạnh đó, ưu điểm của thuật toán SOS còn ở chỗ có cấu trúc đơn giản, chỉ bao gồm hai tham số điều khiển. Đó là số cá thể của quần thể và số lần lặp của thuật toán. Trong khi, hầu hết các thuật toán tối ưu khác đều có nhiều tham số điều khiển, ví dụ thuật toán PSO có 6 tham số điều khiển hay thuật toán DE có 5 tham số điều khiển. Do đó, thuật toán SOS dễ thực hiện và áp dụng vào các bài toán tối ưu hóa mà vẫn đạt kết quả tốt.

Xây dựng bài toán

Mục tiêu của bài toán là cực tiểu hàm tổn thất công suất tác dụng bằng cách tối ưu vị trí các nguồn điện mặt trời 1 MWp trong lưới điện phân phối.

$$OF = \min(P_L) \quad (1)$$

$$P_L = \sum_{k=1}^{N_L} R_k I_k^2 \quad (2)$$

Với: R_k là điện trở của đường dây thứ k , I_k là dòng điện của đường dây thứ k , N_L là tổng số nhánh trong lưới điện phân phối.

Các điều kiện ràng buộc như sau:

- Ràng buộc cân bằng công suất

$$P_{slack} + \sum_{i=1}^{N_{DG}} P_{DG,i} = \sum_{j=1}^{N_B} P_{D,j} + \sum_{k=1}^{N_L} P_{L,k} \quad (3)$$

$$Q_{slack} + \sum_{i=1}^{N_{DG}} Q_{DG,i} = \sum_{j=1}^{N_B} Q_{D,j} + \sum_{k=1}^{N_L} Q_{L,k} \quad (4)$$

Với: P_{slack} và Q_{slack} lần lượt là công suất tác dụng và công suất phản kháng của nút chuẩn, $P_{DG,i}$ và $Q_{DG,i}$

lần lượt là công suất tác dụng và công suất phản kháng của DG thứ i , $P_{D,j}$ và $Q_{D,j}$ lần lượt là công suất tác dụng và công suất phản kháng của phụ tải tại nút j , $P_{L,k}$ và $Q_{L,k}$ lần lượt là tổn thất công suất tác dụng và tổn thất công suất kháng của nhánh thứ k , N_{DG} là tổng số DG được đặt trong lưới điện phân phối, N_B là tổng số nút trong lưới điện phân phối, N_L là tổng số nhánh trong lưới điện phân phối.

• Giới hạn điện áp tại các nút

$$V_{min,i} \leq V_i \leq V_{max,i}; i = 1, \dots, N_B \quad (5)$$

Với: V_i là điện áp tại nút i , $V_{min,i}$ và $V_{max,i}$ là giới hạn điện áp cực đại và cực tiểu tại nút i .

• Giới hạn dòng điện tại các nhánh

$$|I_k| \leq |I_{max,k}|; k = 1, \dots, N_L \quad (6)$$

Với: $I_{max,k}$ là giới hạn dòng điện cực đại của nhánh thứ k .

• Giới hạn tổng công suất phát của DG

$$\sum_{i=1}^{N_{DG}} P_{DG,i} \leq \sum_{j=1}^{N_B} P_{D,j} + \sum_{k=1}^{N_L} P_{L,k} \quad (7)$$

Với: $P_{D,j}$ là công suất tác dụng của phụ tải tại nút j , $P_{L,k}$ là tổn thất công suất tác dụng của nhánh thứ k .

• Thuật toán SOS

Năm 2014, Cheng và Prayogo đã phát triển thuật toán SOS để tối ưu hóa nhiều hàm chuẩn toán học và giải quyết các vấn đề tối ưu hóa kỹ thuật. Quá trình của SOS lấy cảm hứng từ ba kiểu quan hệ cộng sinh (hỗ sinh, hội sinh và ký sinh) giữa hai cá thể sinh vật trong hệ sinh thái để có được giải pháp tối ưu. Để bắt đầu quá trình tìm kiếm giải pháp tối ưu, SOS khởi tạo ngẫu nhiên một quần thể sinh vật (hay hệ sinh thái) vào không gian tìm kiếm. Hệ sinh thái được biểu diễn bằng ma trận X như ở phương trình (8).

$$X = \begin{bmatrix} x_{1,1} & x_{1,2} & L & x_{1,m} \\ x_{2,1} & x_{2,2} & L & x_{2,m} \\ M & M & O & M \\ x_{n,1} & x_{n,2} & L & x_{n,m} \end{bmatrix}; \quad (8)$$

$n = Eco_size$
 $m = D$

Mỗi cá thể có một giá trị hàm mục tiêu nhất định và đại diện cho một giải pháp tiềm năng cho vấn đề tối ưu hóa được xem xét. Các cá thể ban đầu được biến

đổi thông qua các giai đoạn hỗ sinh, hội sinh và ký sinh để tạo ra các cá thể mới. Trong mỗi giai đoạn, những cá thể mới được đánh giá và cập nhật dựa trên các giá trị hàm mục tiêu của chúng. Sau ba giai đoạn, cá thể tốt nhất sẽ được chọn cho lần lặp tiếp theo. Việc cập nhật cá thể tốt nhất là một quá trình lặp đi lặp lại cho đến khi đáp ứng các tiêu chí dừng thuật toán.

Các giai đoạn của thuật toán gồm có: Giai đoạn hỗ sinh, giai đoạn hội sinh, và giai đoạn ký sinh.

• Giai đoạn hỗ sinh

Một ví dụ về hỗ sinh trong hệ sinh thái là sự tương tác giữa thực vật có hoa và ong mật. Ong bay giữa các hoa lấy mật đồng thời cũng lan truyền phấn hoa thụ tinh giữa các hoa, điều này có lợi cho cả hai. Cho X_i là một cá thể từ hàng thứ i của hệ sinh thái trong phương trình (8). Cá thể X_j ($i \neq j$) được chọn ngẫu nhiên từ hệ sinh thái làm đối tác của cá thể X_i để mô hình hóa mối quan hệ hỗ sinh. Các cá thể mới X_i^{new} và X_j^{new} , được tạo ra bởi các phương trình (9), (10):

$$X_i^{new} = X_i + rand(0, 1) \times (X_{best} - MV \times bf_1) \quad (9)$$

$$X_j^{new} = X_j + rand(0, 1) \times (X_{best} - MV \times bf_2) \quad (10)$$

$$MV = \frac{bf_1 + bf_2}{2} \quad (11)$$

Việc cập nhật các cá thể mới được mô tả như sau:

$$X_i = \begin{cases} X_i^{new} & \text{if } f(X_i^{new}) < f(X_i) \\ X_i & \text{otherwise} \end{cases} \quad (12)$$

$$X_j = \begin{cases} X_j^{new} & \text{if } f(X_j^{new}) < f(X_j) \\ X_j & \text{otherwise} \end{cases} \quad (13)$$

• Giai đoạn hội sinh

Mối quan hệ giữa cá remora và các loài cá khác như cá mập và cá voi là ví dụ nổi tiếng nhất về quan hệ hội sinh. Cá remora bám vào các loài cá lớn khác và ăn thức ăn thừa nhưng các loài cá khác không ảnh hưởng bởi hoạt động của cá remora. Tương tự như giai đoạn hỗ sinh, cá thể X_j cũng được chọn ngẫu nhiên từ hệ sinh thái để tương tác với cá thể X_i . Một cá thể mới, X_i^{new} , được tạo ra như sau:

$$X_i^{new} = X_i + rand(-1, 1) \times (X_{best} - X_j) \quad (14)$$

Các cá thể mới được cập nhật theo như Phương trình (12).

• Giai đoạn ký sinh

Ký sinh là sự tương tác của hai sinh vật khác nhau, trong đó một sinh vật là ký sinh và sinh vật kia là vật chủ. Vật ký sinh được hưởng lợi, và vật chủ thường bị hại. Ví dụ, bọ chét hoặc bọ ve sống trên con chó và lấy máu của con chó để kiếm sống. Những con chó bị hại trong khi bọ chét hoặc bọ ve nhận được lợi ích. Trong giai đoạn này, vai trò của cá thể X_i đóng vai trò của vật kí sinh. Cá thể X_j được chọn ngẫu nhiên từ hệ sinh thái hiện tại và đóng vai trò là vật chủ. Cá thể X_i tạo ra *Parasite_Vector (PV)* bằng cách nhân đôi chính nó. Một số biến số của *PV* được sửa đổi ngẫu nhiên bằng số ngẫu nhiên để phân biệt với cá thể X_j . Sau khi *PV* được sửa đổi, các giá trị hàm mục tiêu được tính cho cả *PV* và cá thể X_j . *PV* được cập nhật hoặc loại bỏ theo quy tắc sau²⁶:

$$X_j = \begin{cases} X_i^{PV} & \text{if } f(X_i^{PV}) < f(X_j) \\ X_j & \text{otherwise} \end{cases} \quad (15)$$

Phương pháp thực hiện thuật toán SOS

• **Khởi tạo tập hợp**

Trong thuật toán SOS, quần thể sinh vật ban đầu được biểu thị bằng ma trận X trong Phương trình (8), trong đó mỗi sinh vật X_i ($i = 1, \dots, Eco_size$) là một vectơ nghiệm bao gồm các biến vị trí (số tự nhiên) của các nguồn điện mặt trời 1 MWp. Một vectơ giải pháp cho bài toán tối ưu vị trí đặt các nguồn điện mặt trời 1 MWp được biểu thị như sau:

$$X_i = [x_{DG,1}, \dots, x_{DG,NDG}] \quad (16)$$

Các cá thể của thuật toán SOS được khởi tạo ngẫu nhiên trong các giới hạn. Do đó, các biến giải pháp cho vị trí nguồn phân tán ($x_{DG,i}$) được tạo như sau:

$$x_{DG,i} = round[x_{DGmin,i} + rand(0, 1) \times (x_{DGmax,i} - x_{DGmin,i})] \quad (17)$$

$i = 1, \dots, NDG$

• **Giá trị hàm mục tiêu**

Giá trị hàm mục tiêu được tính cho từng cá thể của SOS theo phương trình sau:

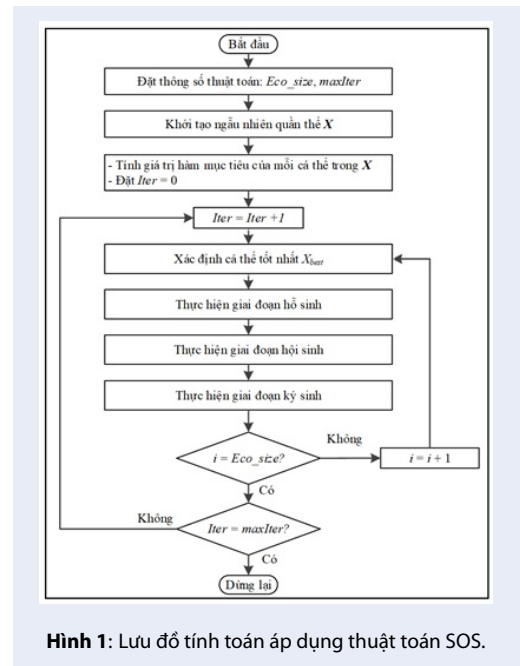
$$F_T = OF + K_p \sum_{i=1}^{N_B} (V_i - V_i^{lim})^2 + K_q \sum_{k=1}^{N_L} (I_k - I_k^{lim})^2 \quad (18)$$

Với: K_p và K_q lần lượt là hàm phạt cho ràng buộc điện áp của các nút và ràng buộc dòng điện của các nhánh.

• **Quy trình tính toán**

Thuật toán SOS được áp dụng vào bài toán tối ưu vị trí các nguồn điện mặt trời 1 MWp theo các bước như sau hay lưu đồ Hình 1:

- Bước 1: Chọn các giá trị thông số của thuật toán SOS, số biến thiết kế (D), số lượng cá thể (Eco_size), số lần lặp (maxIter).
- Bước 2: Khởi tạo ngẫu nhiên quần thể X theo phương trình (8). Xác định giá trị hàm mục tiêu cho từng cá thể. Đặt $I_{ter} = 0$.
- Bước 3: Bắt đầu vòng lặp, $I_{ter} = I_{ter} + 1$.
- Bước 4: Xác định cá thể tốt nhất X_{best} có giá trị hàm mục tiêu nhỏ nhất.
- Bước 5: Thực hiện giai đoạn hồ sinh.
- Bước 6: Thực hiện giai đoạn hội sinh.
- Bước 7: Thực hiện giai đoạn ký sinh.
- Bước 8: Thực hiện lại Bước 3 nếu I_{ter} bé hơn maxIter. Ngược lại, dừng thuật toán.



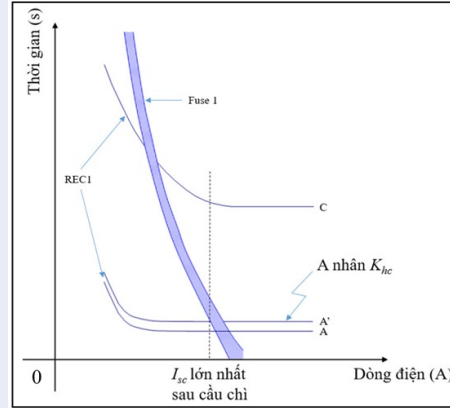
Hình 1: Lưu đồ tính toán áp dụng thuật toán SOS.

Phương pháp phối hợp và giải pháp khắc phục sự phối hợp không chọn lọc của tự đóng lại – cầu chì

Lưới điện phân phối truyền thống thông thường có dạng hình tia và nhận điện từ nguồn điện lực. Sự phối hợp giữa tự đóng lại và cầu chì có xét hệ số K_{hc} được minh họa như Hình 2.

Để đảm bảo tính chọn lọc, phương pháp phối hợp của tự đóng lại – cầu chì theo dạng tiết kiệm cầu chì phải đáp ứng²⁷:

- Thời gian nóng chảy cực tiểu của cầu chì phải lớn hơn thời gian tác động của đường cong cắt nhanh (ký hiệu A) của tự đóng lại đã nhân với hệ số K_{hc} (tra tại Bảng 1).



Hình 2: Phối hợp giữa tự đóng lại và cầu chì.

- Thời gian cắt tổng của cầu chì phải nhỏ hơn thời gian tác động của đường cong cắt chậm (ký hiệu C) của tự đóng lại.

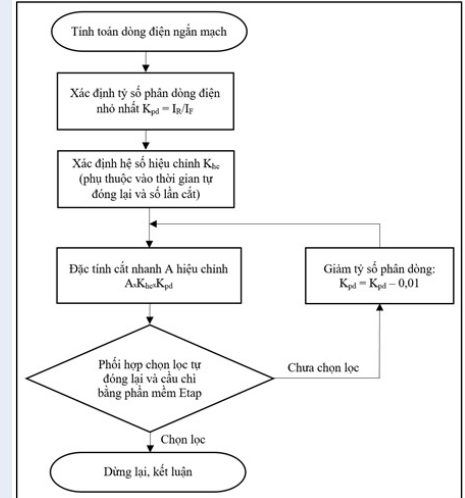
Những ngày nay với sự phát triển của các dạng nguồn năng lượng tái tạo, các nguồn phân tán dạng điện mặt trời 1 MWp thâm nhập ngày càng nhiều vào lưới điện phân phối. Chúng gây ra các vấn đề về phối hợp bảo vệ, cụ thể là làm cho sự phối hợp của tự động lại – cầu chì mất tính chọn lọc. Đã có nhiều giải pháp khắc phục cho vấn đề này như đã trình bày ở phần giới thiệu nhưng cần phải chọn giải pháp có xét cả tỷ số K_{pd} thích hợp và hệ số K_{hc} để chắn chắn đảm bảo sự phối hợp chọn lọc của tự động lại – cầu chì. Vì vậy, bài báo đưa ra giải pháp được thể hiện dưới dạng lưu đồ kiểm tra sự phối hợp chọn lọc của tự động lại – cầu chì như Hình 3 hay gồm các bước như sau:

- Bước 1: Tính toán dòng điện ngắn mạch.
- Bước 2: Xác định tỷ số K_{pd} .
- Bước 3: Xác định hệ số K_{hc} .
- Bước 4: Hiệu chỉnh đặc tính cắt nhanh A.
- Bước 5: Kiểm tra phối hợp chọn lọc của tự động lại – cầu chì bằng phần mềm Etap. Nếu chưa chọn lọc thì giảm tỷ số K_{pd} và quay lại Bước 5.
- Bước 6: Nếu đảm bảo tính chọn lọc thì dừng lại và kết luận.

KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Phần vị trí tối ưu

Sau khi đã dùng thuật toán SOS áp dụng cho các lưới điện IEEE 33 nút và IEEE 69 nút để tìm vị trí tối ưu ứng với điều kiện đạt được tổn thất cực tiểu khi có các nguồn điện mặt trời 1 MWp, kết quả cho thấy thuật toán SOS có đáp số hoàn toàn phù hợp với các thuật

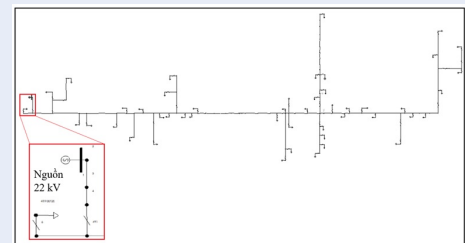


Hình 3: Lưu đồ kiểm tra sự phối hợp chọn lọc của tự động lại – cầu chì.

toán khác như PSO, DE với thời gian tính toán tốt. Đó cũng là lý do bài báo chọn thuật toán SOS áp dụng cho lưới điện phân phối thực tế.

Hiện nay, để thuận lợi về pháp lý cũng như chính sách ưu đãi của việc đầu tư nguồn năng lượng tái tạo nên các nhà đầu tư thường xây dựng các nguồn điện mặt trời dạng 1 MWp hay cụm 2 MWp (gồm 2 hệ 1 MWp), cụm 3 MWp (gồm 3 hệ 1 MWp), và cụm 4 MWp (gồm 4 hệ 1 MWp). Dựa vào thực tế này, bài báo dùng thuật toán SOS để xác định vị trí, dung lượng và tổn thất khi có sự tham gia các nguồn điện mặt trời 1 MWp vào lưới điện phân phối.

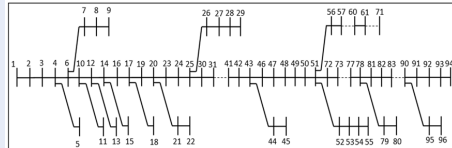
Lưới điện phân phối 22 kV 473TH nhận nguồn từ trạm biến áp 110/22 kV Tân Hưng và công suất tiêu thụ với kịch bản là 8,23 MW và 2,40 MVar. Hình 4 minh họa lưới điện phân phối 22 kV 473TH trên phần mềm PSS/A và Hình 5 biểu diễn thu gọn lưới điện phân phối 22 kV 473TH gồm 96 nút.



Hình 4: Lưới điện phân phối 22 kV 473TH trên nền PSS/A.

Bảng 1: Hệ số K_{hc} khi phối hợp giữa tự đóng lại và cầu chì.

Thời gian tự đóng lại (chu kỳ)	Hệ số hiệu chỉnh	
	1 lần cắt nhanh	2 lần cắt nhanh
25-30	1,25	1,80
60	1,25	1,35
90	1,25	1,35
120	1,25	1,35

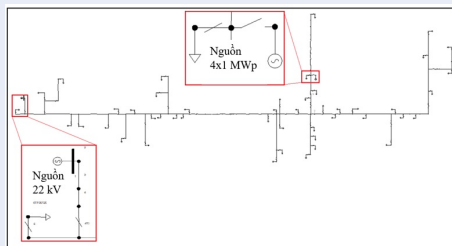


Hình 5: Lưới điện phân phối 22 kV 473TH thu gọn gồm 96 nút, với nút 1 là nút nguồn.

Số lượng nguồn điện mặt trời 1 MWp được xem xét trong bài báo này là từ 1 đến 4. Áp dụng thuật toán SOS, kết quả tính toán được tập hợp vào Bảng 2 gồm dung lượng, vị trí nút, và tổn hao công suất.

Quan sát Bảng 2 thấy rằng tổn thất thấp nhất là 21,5853 kW ứng với trường hợp dung lượng nguồn điện mặt trời cụm 4x1 MWp và vị trí đặt là nút 60 như Hình 6. Với đặc điểm riêng của lưới điện phân phối 22 kV 473TH, kết quả vị trí đặt của tất cả các trường hợp đều là tại nút 60. Điều này có thể giải thích nguyên nhân là do phụ tải tại nút 60 có công suất lớn trên lưới điện phân phối.

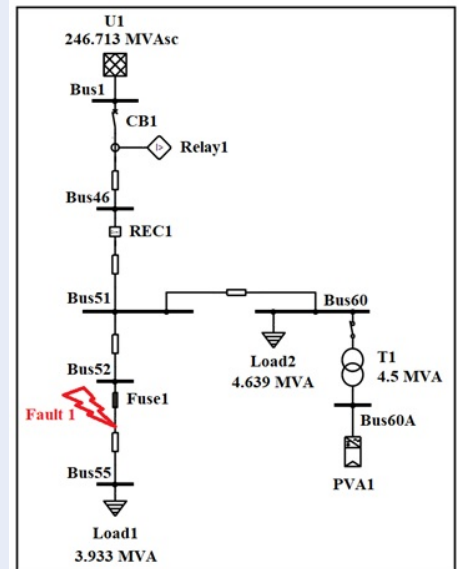
Kết quả vị trí đặt tại nút 60 và dung lượng 4x1 MWp sẽ được dùng để xem xét tiếp theo trong phần mô phỏng, thảo luận và phân tích ảnh hưởng của nguồn điện này lên phối hợp bảo vệ của lưới điện phân phối 22 kV 473TH.



Hình 6: Lưới điện phân phối 22 kV 473TH khi có nguồn 4x1 MWp.

Phân giải pháp khắc phục

Để thuận lợi cho việc mô phỏng trên phần mềm Etap về phân tích phối hợp bảo vệ, lưới điện Hình 6 được tiến hành thu gọn như Hình 7. Các thông số của lưới điện cũng như những thông số của các thiết bị bảo vệ tại Hình 7 có các giá trị được cho từ Bảng 3 đến Bảng 9.



Hình 7: Lưới điện phân phối thu gọn trên nền Etap

Xét Hình 7, các kịch bản có và không có nguồn PVA1 tham gia vào lưới điện phân phối được mô phỏng bằng phần mềm Etap. Các kết quả mô phỏng thu được sẽ được thảo luận và phân tích. Điều lưu ý là việc kiểm tra sự phối hợp này có xét hệ số K_{hc} được cho trong Bảng 1. Đây cũng là điểm bổ sung của bài báo so với các bài báo nghiên cứu trước đây đã đề cập tại phần giới thiệu.

• Khi không có nguồn điện mặt trời PVA1

Trường hợp không có sự tham gia của nguồn 4x1 MWp, xét sự cố tại Fault 1 tại Hình 7, dòng điện ngắn

Bảng 2: Kết quả vị trí đặt và tổn hao công suất.

Dung lượng (MWp)	Vị trí (nút)	Tổn hao P_L (kW)	Tỉ lệ giảm tổn hao (%)
0	-	112,6243	
1	60	79,7905	29,15
2	60	53,7650	52,26
3	60	34,4076	69,45
4	60	21,5853	80,83

Bảng 3: Thông số nguồn hệ thống điện.

Tên nguồn	INM ⁽³⁾ (kA)	SNM ⁽³⁾ (MVA)	INM ⁽¹⁾ (kA)	SNM ⁽¹⁾ (MVA)
U1	5,935	246,713	5,644	234,617

Bảng 4: Thông số nguồn PVA1 4x1 MWp.

Tên DG	Cấp điện áp (kV)	Công suất
PVA1	0,8	4x1 MWp

Bảng 5: Thông số phụ tải.

Tải	Công suất (kW +jkVAr)
Load 1	3776 + j1101
Load 2	4453 + j1299

Bảng 6: Thông số đường dây.

Đường dây	Điểm đầu nối	$R + jX$ (Ω /km)	Chiều dài (km)
Line1	Bus 1 - 46	0,118+j0,328	5,437
Line2	Bus 46 - 51	0,118+j0,328	0,26
Line3	Bus 51 - 60	0,595+j0,384	1
Line4	Bus 51 - 52	0,706+j0,652	0,45
Line5	Bus 52 - 55	0,706+j0,652	0,585

Bảng 7: Thông số cài đặt tự đóng lại.

Nhà sản xuất	Cooper	
Loại thiết bị	NOVA 27	
Kiểu	Form 4C	
Giá trị chỉnh định (A)	TCC1	410
	TCC2	410
Số lần cắt nhanh	1	
Số lần cắt để khóa	2	
Hệ số hiệu chỉnh K_{bc}	1,25	

Bảng 8: Thông số máy biến áp của nguồn 4x1 MWp.

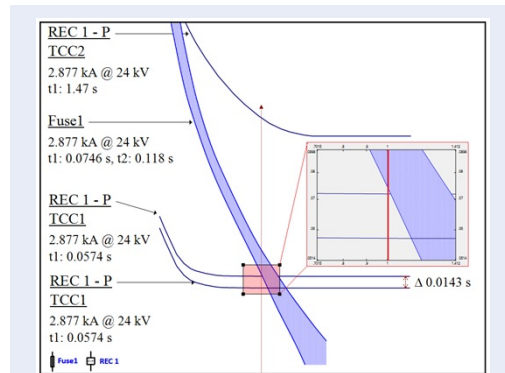
Tên MBA	Cấp điện áp (kV)	Công suất (MVA)	UN %	Tổ đấu dây
T1	0,8/22	4,5	7,15	Dyn1

Bảng 9: Thông số cầu chì.

Nhà sản xuất	Kiểu	Tốc độ	Giá trị cài đặt (A)
Chance	Fuse Link (K)	Fast	140

mạch được tính toán và được tổng hợp tại Bảng 10. Dễ dàng nhận thấy dòng điện sự cố đi qua tự động lại REC1 và cầu chì Fuse1 là như nhau.

Xét sự phối hợp giữa tự động lại phía đầu nguồn REC1 và cầu chì phía tải Fuse1 tại Hình 7, hệ số K_{hc} cần phải được quan tâm để luôn luôn đảm bảo tính chọn lọc. Được cài đặt một lần cắt nhanh và một lần cắt chậm, giá trị hệ số K_{hc} của tự động lại là 1,25 theo Bảng 1. Sự cố ngắn mạch ba pha tại điểm Fault 1 tại Hình 7, dòng ngắn mạch ba pha có giá trị là 2,877 kA. Dựa vào mô phỏng trên phần mềm Etap, thời gian tác động của tự động lại, cầu chì và kết quả phối hợp được thể hiện như Hình 8.

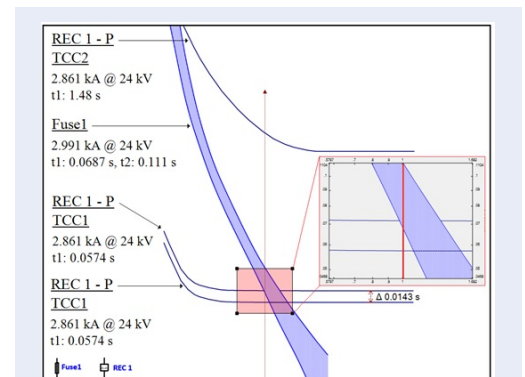


Hình 8: Phối hợp của tự động lại – cầu chì khi chưa có nguồn PVA1, có xét K_{hc} là 1,25

Trường hợp có sự tham gia của nguồn PVA1, khi sự cố tại Fault 1 xảy ra như Hình 7, lúc này dòng điện ngắn mạch đi qua tự động lại và cầu chì không còn giống nhau. Cụ thể là dòng điện ngắn mạch chạy qua cầu chì Fuse1 sẽ có giá trị lớn hơn dòng điện ngắn mạch đi qua tự động lại REC1.

Giá trị của dòng điện ngắn mạch khi xảy ra các dạng sự cố khác nhau tại điểm Fault 1 tại Hình 7 được ghi nhận tại Bảng 11.

Từ Bảng 11, dòng điện ngắn mạch ba pha đi qua cầu chì có giá trị là 2,991 kA còn dòng điện ngắn mạch chạy qua tự động lại có giá trị là 2,861 kA. Kết quả mô phỏng của phần mềm Etap về sự phối hợp của tự động lại – cầu chì được thể hiện như ở Hình 9.



Hình 9: Phối hợp tự động lại – cầu chì khi có PVA1, có xét đến K_{hc} là 1,25

Dựa vào phần mềm Etap, thời gian cắt nhanh của tự động lại REC1 có xét hệ số K_{hc} là 1,25:

$$t_{TCC1} = 0,0717 \text{ (s)}$$

Thời gian nóng chảy cực tiểu của cầu chì Fuse1:

$$t_{F1} = 0,0746 \text{ (s)}$$

Thời gian cắt tổng của cầu chì Fuse1:

$$t_{F2} = 0,118 \text{ (s)}$$

Thời gian cắt chậm của tự động lại REC1:

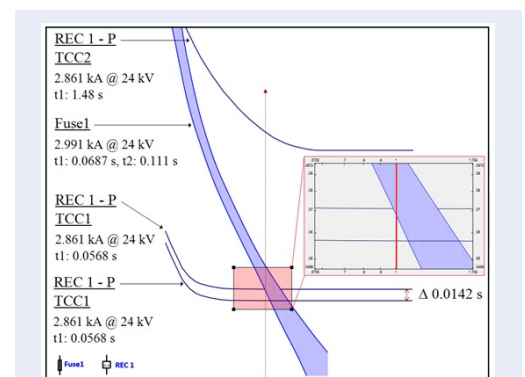
$$t_{TCC2} = 1,47 \text{ (s)}$$

Với kết quả như trên, dễ dàng nhận thấy:

$$t_{TCC1} < t_{F1} \text{ và } t_{F2} < t_{TCC2}$$

Như vậy, trong trường hợp không có sự tham gia của nguồn PVA1, khi ngắn mạch tại điểm Fault 1 sự phối hợp chọn lọc của tự động lại – cầu chì vẫn đảm bảo.

- Khi có nguồn điện mặt trời PVA1



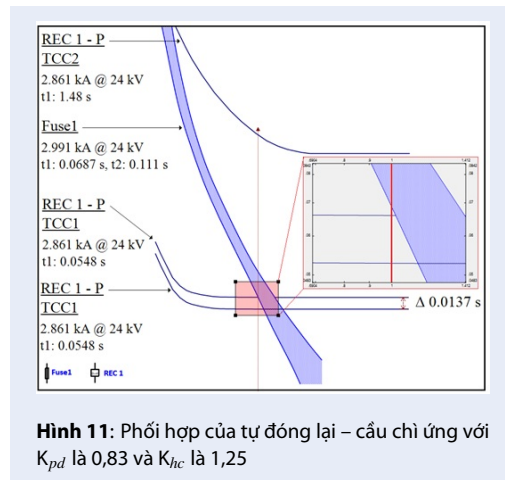
Hình 10: Phối hợp của tự động lại – cầu chì ứng với K_{pd} là 0,956 và K_{hc} là 1,25

Bảng 10: Dòng điện sự cố khi không có nguồn PVA1

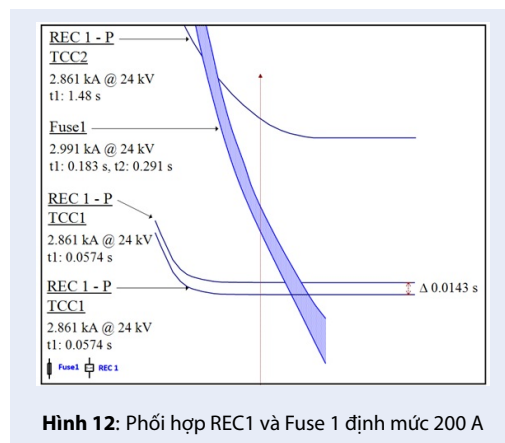
Vị trí sự cố	Dạng ngắn mạch	Dòng ngắn mạch (kA)
Fault 1	N ⁽³⁾	2,877
	N ⁽¹⁾	2,134
	N ⁽²⁾	2,491
	N ^(1.1)	1,694

Bảng 11: Dòng điện sự cố khi có nguồn PVA1

Vị trí sự cố	Dạng ngắn mạch	I_R (kA)	I_F (kA)	I_R/I_F
Fault 1	N ⁽³⁾	2,861	2,991	0,956
	N ⁽¹⁾	2,163	2,163	1
	N ⁽²⁾	2,463	2,558	0,962
	N ^(1.1)	1,748	1,748	1



Hình 11: Phối hợp của tự đóng lại – cầu chì ứng với K_{pd} là 0,83 và K_{hc} là 1,25



Hình 12: Phối hợp REC1 và Fuse 1 định mức 200 A

Dựa vào phần mềm Etap, thời gian cắt nhanh của tự đóng lại REC1 có xét hệ số K_{hc} là 1,25:

$$t_{TCC1} = 0,0717 \text{ (s)}$$

Thời gian nóng chảy cực tiểu của cầu chì Fuse1:

$$t_{F1} = 0,0687 \text{ (s)}$$

Thời gian cắt tổng của cầu chì Fuse1:

$$t_{F2} = 0,111 \text{ (s)}$$

Thời gian cắt chậm của tự đóng lại REC1:

$$t_{TCC2} = 1,48 \text{ (s)}$$

Với kết quả như trên, mặc dù $t_{F2} < t_{TCC2}$ nhưng giá trị $t_{TCC1} > t_{F1}$. Điều này đã vi phạm nguyên tắc phối hợp chọn lọc của tự đóng lại – cầu chì²⁷, dẫn tới sự phối hợp không chọn lọc.

- Khi có nguồn điện mặt trời PVA1 có xét tỷ số K_{pd} và hệ số K_{hc}

Theo²⁰ đề xuất, để đảm bảo sự phối hợp chọn lọc của tự đóng lại – cầu chì thì chỉ cần nhân thêm tỷ số K_{pd} nhỏ nhất với đường đặc tính cắt nhanh của tự đóng lại.

Từ Bảng 11, tỷ số K_{pd} nhỏ nhất là 0,956 ứng với ngắn mạch 3 pha tại vị trí Fault 1 tại Hình 7. Kết hợp với hệ số K_{hc} là 1,25 kết quả mô phỏng phối hợp dựa trên phần mềm Etap được minh họa như Hình 10.

Thời gian tác động của đường đặc tính cắt nhanh của tự đóng lại REC1 có xét tỷ số K_{pd} và hệ số K_{hc} :

$$t_{TCC1} = 0,071 \text{ (s)}$$

Thời gian nóng chảy cực tiểu của cầu chì Fuse1:

$$t_{F1} = 0,0687 \text{ (s)}$$

Thời gian cắt tổng của cầu chì Fuse1:

$$t_{F2} = 0,111 \text{ (s)}$$

Thời gian cắt chậm của tự đóng lại REC1:

$$t_{TCC2} = 1,48 \text{ (s)}$$

Trường hợp này đã có xét đến cả tỷ số K_{pd} và hệ số K_{hc} nhưng kết quả mô phỏng thu được là $t_{TCC1} > t_{F1}$ nên vẫn chưa đảm bảo được tính phối hợp chọn lọc của hai thiết bị. Vì vậy, có thể thấy rằng nếu chỉ xét tỷ số K_{pd} mà không xem xét đến hệ số K_{hc} thì kết luận sự phối hợp chọn lọc của tự đóng lại – cầu chì là chưa thuyết phục.

• **Áp dụng giải pháp khi có nguồn điện mặt trời PVA1**

Do hệ số K_{hc} tra theo Bảng 1 nên được xem như cố định, còn tỷ số K_{pd} có thể thay đổi trị số phù hợp để có thể giúp cho sự phối hợp của tự đóng lại – cầu chì đảm bảo tính chọn lọc. Áp dụng lưu đồ Hình 3 đối với lưới điện phân phối 22 kV 473TH, tỷ số K_{pd} tính toán được là 0,83. Với K_{hc} là 1,25 và K_{pd} là 0,83, kết quả mô phỏng sự phối hợp của tự đóng lại – cầu chì bằng phần mềm Etap được thể hiện như Hình 11.

Thời gian tác động của đường đặc tính cắt nhanh của tự đóng lại REC1 có xét tỷ số K_{pd} và hệ số K_{hc} :

$$t_{TCC1} = 0,0685 \text{ (s)}$$

Thời gian nóng chảy cực tiểu của cầu chì Fuse 1:

$$t_{F1} = 0,0686 \text{ (s)}$$

Thời gian cắt tổng của cầu chì Fuse 1:

$$t_{F2} = 0,111 \text{ (s)}$$

Thời gian cắt chậm của tự đóng lại REC1:

$$t_{TCC2} = 1,48 \text{ (s)}$$

Với kết quả $t_{TCC1} < t_{F1}$ và $t_{F2} < t_{TCC2}$, chứng tỏ sự phối hợp của tự đóng lại – cầu chì đã đảm bảo tính chọn lọc.

• **Thay đổi giá trị định mức của cầu chì:**

Ngoài giải pháp thay đổi đặc tính cắt nhanh của tự đóng lại để đảm bảo sự phối hợp chọn lọc của tự đóng lại – cầu chì, còn có cách thức là nâng định mức của cầu chì. Ví dụ theo lưới điện phân phối 22 kV 473TH, cầu chì được dùng là 200A thay thế cho cầu chì 140A hiện hữu. Kết quả phối hợp được mô phỏng bằng phần mềm Etap như Hình 12.

Thời gian tác động của tự đóng lại REC1 ứng với đặc tính cắt nhanh khi có xét hệ số K_{hc} :

$$t_{TCC1} = 0,0717 \text{ (s)}$$

Thời gian nóng chảy cực tiểu của cầu chì Fuse1:

$$t_{F1} = 0,183 \text{ (s)}$$

Thời gian cắt tổng của cầu chì Fuse1:

$$t_{F2} = 0,291 \text{ (s)}$$

Thời gian cắt chậm của tự đóng lại REC1:

$$t_{TCC2} = 1,48 \text{ (s)}$$

Với kết quả trên, $t_{TCC1} < t_{F1}$ và $t_{F2} < t_{TCC2}$ cho thấy sự phối hợp đảm bảo được tính chọn lọc.

Tuy nhiên, với giải pháp này cần phải thay thế cầu chì có định mức mới cho cầu chì hiện hữu trên lưới điện

phân phối. Điều này làm tốn thêm chi phí và nhân công thực hiện. Bên cạnh đó, yêu cầu phải kiểm tra cầu chì mới thay thế có còn bảo vệ tốt cho đường dây nhánh rẽ vì lúc này dòng điện định mức của cầu chì đã tăng lên.

KẾT LUẬN

Các nguồn điện mặt trời 1 MWp nói riêng và các nguồn điện phân tán nói chung đã và đang được phát triển phổ biến trong và ngoài nước. Để cực tiểu về tổn thất lưới điện phân phối khi có sự tham gia các nguồn phân tán, thuật toán SOS với ưu điểm chỉ cần 2 tham số điều khiển so với các thuật toán khác đã được áp dụng cho lưới điện phân phối 22 kV 473 TH. Kết quả đạt được cho thấy thuật toán SOS dễ dàng thực hiện và ứng dụng tốt vào các bài toán tối ưu vị trí nguồn phân tán.

Với sự thâm nhập cao của các nguồn điện mặt trời 1 MWp vào lưới điện phân phối, chúng có thể làm cho sự phối hợp của tự đóng lại – cầu chì mất tính chọn lọc. Bài báo đã đưa ra giải pháp đơn giản nhưng hiệu quả dựa vào tính sẵn có của tự đóng lại. Đó là hiệu chỉnh đặc tính cắt nhanh của tự đóng lại có xét đến tỷ số K_{pd} thích hợp và hệ số K_{hc} với mục đích đảm bảo chắc chắn sự phối hợp chọn lọc của tự đóng lại – cầu chì. Để minh chứng tính hiệu quả của giải pháp, các kết quả phối hợp của tự đóng lại – cầu chì dựa trên nền tảng Etap đã được thực hiện cho lưới điện phân phối thực tế 22 kV 473TH.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Bách Khoa, ĐHQG – HCM trong khuôn khổ đề tài cấp Trường mã số T-ĐĐT-2020-43. Chúng tôi xin cảm ơn Trường Đại học Bách Khoa, ĐHQG – HCM đã hỗ trợ thời gian và phương tiện vật chất cho nghiên cứu này.

DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT

ABC Artificial bee colony

DE: Differential Evolution

DG Distributed Generation (Nguồn điện phân tán)

FCL Fault Current Limiter (Bộ hạn chế dòng sự cố)

IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers

PSO Particle Swarm Optimization

PV Parasite Vector

SA Simulated Annealing

SOS Symbiotic Organism Search

TS Tabu Search

XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

Nhóm tác giả xin cam đoan rằng không có bất kỳ xung đột lợi ích nào trong công bố bài báo.

ĐÓNG GÓP CÁC TÁC GIẢ

Đặng Tuấn Khanh: Đề ra ý tưởng, kế hoạch và phương pháp thực hiện, phân tích, thảo luận và đánh giá các kết quả thu được, trả lời các phản biện và hoàn chỉnh bài báo.

Trần Huy Hoàn và Trương Hoàng Bảo Huy: Thực hiện mô phỏng, xuất ra các kết quả, soạn bản thảo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Ackermann T, et al. Distributed generation : a definition. *Elect. Power Syst. Res.* 2000;57:195–204. Available from: [https://doi.org/10.1016/S0378-7796\(01\)00101-8](https://doi.org/10.1016/S0378-7796(01)00101-8).
- Rueda-Medina AC, et al. A mixed-integer linear programming approach for optimal type, size and allocation of distributed generation in radial distribution systems. *Electric Power Systems Research.* 2013;97:133–143. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.epr.2012.12.009>.
- Abri RSA, et al. Optimal Placement and Sizing Method to Improve the Voltage Stability Margin in a Distribution System Using Distributed Generation. *IEEE Transactions on Power Systems.* 2013;28:326–334. Available from: <https://doi.org/10.1109/TPWRS.2012.2200049>.
- Ganguly S, Samajpati D. Distributed generation allocation with on-load tap changer on radial distribution networks using adaptive genetic algorithm,” *Applied Soft Computing.* 2017;59:45–67. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2017.05.041>.
- El-Zonkoly AM. Optimal placement of multi-distributed generation units including different load models using particle swarm optimization,” *Swarm and Evolutionary Computation.* 2011;1:50–59. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.swevo.2011.02.003>.
- Dharageshwari K, Nayanatara C. Multiobjective optimal placement of multiple distributed generations in IEEE 33 bus radial system using simulated annealing,” in 2015 International Conference on Circuits, Power and Computing Technologies [ICCPCT-2015]. 2015;p. 1–7. Available from: <https://doi.org/10.1109/ICCPCT.2015.7159428>.
- Pereira BR, et al. Optimal Distributed Generation and Reactive Power Allocation in Electrical Distribution Systems. *IEEE Transactions on Sustainable Energy.* 2016;7:975–984. Available from: <https://doi.org/10.1109/TSTE.2015.2512819>.
- Kumar S, Mandal KK, et al. Optimal DG placement by multi-objective opposition based chaotic differential evolution for techno-economic analysis. *Applied Soft Computing.* 2019;78:70–83. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2019.02.013>.
- Mohandas N, et al. Optimal location and sizing of real power DG units to improve the voltage stability in the distribution system using ABC algorithm united with chaos,” *International Journal of Electrical Power & Energy Systems.* 2015;66:41–52. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2014.10.033>.
- Barker P, et al. Determining the Impact of Distributed Generation on Power Systems: Part 1-Radial Power Systems,” Presented at IEEE PES summer power meeting, Seattle, WA, July, 2000;.
- Brahma SM, Girgis AA. Impact of distributed generation on fuse and relay coordination: analysis and remedies. in *Proc. Int. Assoc. Sci. Technol. 1. Develop, Clearwater, FL.* 2001;p. 384–389.
- Doyle MT, et al. Reviewing the Impacts of Distributed Generation on Distribution System Protection. *Power Engineering Society Summer Meeting, 2002 IEEE;*1:103 –105.
- Kauhaniemi K, Kumpulainen L. Impact of distributed generation on the protection of distribution networks,” *Developments in Power System Protection, Eighth IEE International Conference.* 2004;1:315–318. Available from: <https://doi.org/10.1049/cp:20040126>.
- Kumpulainen LK, Kauhaniemi KT. Analysis of the impact of distributed generation on automatic reclosing. *Power Systems Conference and Exposition, IEEE PES.* 2004;1:603 –608.
- Shah PH, Bhalja BR. New adaptive digital relaying scheme to tackle recloser-fuse miscoordination during distributed generation interconnections. in *Proc. IET Gener.Transm. Distrib.* 2014;p. 682–688. Available from: <https://doi.org/10.1049/iet-gtd.2013.0222>.
- Shah PH, Bhalja BR. New adaptive digital relaying scheme to tackle recloser-fuse miscoordination during distributed generation interconnections. in *Proc. IET Gener.Transm. Distrib.* 2014;p. 682–688. Available from: <https://doi.org/10.1049/iet-gtd.2013.0222>.
- Hussain B, et al. An adaptive relaying scheme for fuse saving in distribution networks with distributed generation. *IEEE Trans. Power Del.* 2013;28(2):669–777. Available from: <https://doi.org/10.1109/TPWRD.2012.2224675>.
- Abdi B, et al. Coordination return of protective devices in distribution systems in presence of distributed generation. *Energy Procedia.* 2011;12:263–270. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2011.10.036>.
- Fazanehrafat A, et al. Maintaining the recloser-fuse coordination in distribution systems in presence of DG by determining DG's size. in *Proc. 9th Int. Conf.Inst. Eng. Technol. Develop. Power Syst. Protect.* 2008;p. 124–129. Available from: <https://doi.org/10.1049/cp:20080024>.
- Zamani A, et al. A strategy for protection coordination in radial distribution networks with distributed generators. *IEEE PES General Meeting, Minneapolis, MN, USA.* 2010;p. 1–8. Available from: <https://doi.org/10.1109/PES.2010.5589655>.
- Saha S, Mukherjee V. Optimal placement and sizing of DGs in RDS using chaos embedded SOS algorithm. *IET Generation, Transmission & Distribution.* 2016;10:3671–3680. Available from: <https://doi.org/10.1049/iet-gtd.2016.0151>.
- Duman S. Symbiotic organisms search algorithm for optimal power flow problem based on valve-point effect and prohibited zones. *Neural Computing and Applications.* 2017;28:3571–3585. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00521-016-2265-0>.
- Kamankesh H, et al. Optimal scheduling of renewable microgrids considering plug-in hybrid electric vehicle charging demand. *Energy.* 2016;100:285–297. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.01.063>.
- Verma S, et al. A novel symbiotic organisms search algorithm for congestion management in deregulated environment. *Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence.* 2017;29:59–79. Available from: <https://doi.org/10.1080/0952813X.2015.1116141>.
- Guha D, et al. Quasi-oppositional symbiotic organism search algorithm applied to load frequency control. *Swarm and Evolutionary Computation.* 2017;33:46–67. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.swevo.2016.10.001>.
- Cheng MY, Prayogo D. Symbiotic organisms search: A new metaheuristic optimization algorithm. *Computers & Structures.* 2014;139:98–112. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.compstruc.2014.03.007>.
- Gers JM, Holmes EJ. Protection of Electricity Distribution Networks;.

Optimal location and impacts of 1 MWP solar pv plants on distribution network protection

Khanh Tuan Dang^{1,*}, Tran Huy Hoan¹, Bao Huy Truong²



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

ABSTRACT

Nowadays, the penetration of the distributed energy resources into the power distribution network is increasing, especially the 1 MWp solar PV plants since they have been enjoying the Feed-in tariff scheme. In order to reduce the losses of the distribution power network efficiently, this paper uses the Symbiotic Organism Search (SOS) algorithm to determine the optimal location for these solar power sources. However, when these distributed power sources are connected to the distribution network, they can cause to lose the selective coordination between reclosers and fuses - the main protection devices of the distribution network. The prominent feature of this report is to be based on the availability of reclosers, fuses, and with consideration of the K_{hc} coefficient (which is affected by the time and number of reclose attempts). Hence, a simple but efficient solution is proposed to ensure selective recloser – fuse coordination. The mentioned SOS algorithm and the solution are to be applied to the 473TH 22 kV distribution network in Tay Ninh province. The simulation results using Matlab and Etap indicate that the SOS algorithm along with the proposed solution are beneficial to planning and locating distributed power sources, and simultaneously help to overcome the non-selective recloser – fuse coordination.

Key words: 1 MWp solar PV plants, DG optimal location, distribution network protection, recloser – fuse coordination, symbiotic Organism Search (SOS)

¹Faculty of Electrical and Electronics Engineering, Ho Chi Minh City University of Technology, VNU-HCM, Vietnam

²Institute of Engineering and Technology, Thu Dau Mot University, Vietnam

Correspondence

Khanh Tuan Dang, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, Ho Chi Minh City University of Technology, VNU-HCM, Vietnam

Email: dtkhanh2002@hcmut.edu.vn

History

- Received: 14/6/2021
- Accepted: 13/8/2021
- Published: 26/8/2021

DOI : 10.32508/stdjet.v4i3.815



Copyright

© VNU-HCM Press. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



Cite this article : Dang K T, Hoan T H, Truong B H. **Optimal location and impacts of 1 MWP solar pv plants on distribution network protection.** *Sci. Tech. Dev. J. – Engineering and Technology;* 4(3):1036-1047.