

XÁC ĐỊNH VỊ TRÍ VÀ DUNG LƯỢNG TRẠM BIẾN ÁP 22/0,4KV NHẪM GIẢM TỔN THẤT CÔNG SUẤT TRÊN LƯỚI ĐIỆN HẠ THỂ

TRƯƠNG VIỆT ANH¹, TÔN NGỌC TRIỀU^{1,2}, DƯƠNG THANH LONG³, BÙI VINH QUANG⁴

¹Khoa Điện – Điện tử, Trường Đại học Sư Phạm Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh

²Khoa Điện – Điện tử, Trường Cao đẳng Công nghệ Thủ Đức, Thành phố Hồ Chí Minh

³Khoa Công nghệ Điện, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

⁴Điện Lực Bến Tre, Bến Tre, Việt Nam

tvanh@gmail.com

Tóm tắt. Hiện nay nhu cầu của phụ tải ngày càng tăng vì vậy việc mở rộng lưới điện hạ áp cần phải thực hiện nhằm đáp ứng với thực tế của lưới điện hạ áp. Để mở rộng khả năng cung cấp điện khi lưới điện hạ thể quá tải do nhu cầu phụ tải tăng cao thì việc lắp đặt thêm trạm biến áp là một giải pháp khả thi để thực hiện mở rộng lưới điện hạ thể. Bài báo này đề xuất thuật toán chuyển đổi nhánh cải tiến nhằm xác định vị trí và dung lượng của các trạm cần lắp đặt nhằm giảm tổn thất công suất trên lưới điện hạ thể là thấp nhất. Kết quả kiểm tra của thuật toán đề xuất được thực hiện trên lưới điện 35 nút đã cho thấy tính khả thi của phương pháp đề xuất.

Từ khóa: Lưới điện phân phối, trạm biến áp, tổn thất công suất, vị trí và dung lượng

LOCATION AND SIZE OF VOLTAGE STATION STATION 22/0,4KV TO REDUCE THE POWER LOSS ON VOLTAGE ELECTRIC NETWORK

Abstract. Currently the demand of additional load is increasing so the expansion of low-voltage grid needs to be implemented in response to the reality of low-voltage grid. In order to expand the power supply capacity when the low voltage grid is overloaded due to high demand for additional electricity, the additional transformer station is a feasible solution to expand the low voltage grid. This paper proposes an innovative branch transformation algorithm to determine the location and capacity of the stations to be injected to minimize power on the low voltage grid. The test results of the proposed algorithm implemented on the 35-node grid showed the feasibility of the proposed method.

Keywords: Distribution grid, transformer station, power loss, location and capacity

1. GIỚI THIỆU

Hiện nay có nhiều biện pháp để giảm tổn thất điện năng trong quá trình phân phối điện năng như bù công suất phản kháng, nâng cao điện áp vận hành lưới điện phân phối, hoặc tăng tiết điện dây dẫn... Tuy nhiên, các biện pháp này đều mang tính khả thi về kỹ thuật nhưng lại tốn các chi phí đầu tư và lắp đặt thiết bị khi thực hiện. Trong khi đó, biện pháp tái cấu trúc lưới thông qua việc chuyển tải bằng cách đóng/mở các khóa điện có sẵn trên lưới kết hợp với việc lắp đặt thêm trạm biến áp nhằm mở rộng lưới điện khi phụ tải tăng theo nhu cầu thực tiễn và giảm tổn thất công suất đáng kể. Khi đó, lưới điện đạt được cân bằng công suất giữa các tuyến dây và đáp ứng với việc phụ tải tăng dần mà không cần nhiều chi phí để cải tạo toàn bộ lưới điện và từ đó lựa chọn cấu hình lưới vận hành trong một thời gian dài để vận hành nhằm mang lại tính khả thi về kỹ thuật và lợi ích kinh tế [1].

Lắp đặt thêm trạm biến áp kết hợp tái cấu trúc lưới ngoài việc giảm thiểu tổn thất công suất, còn nâng cao khả năng mang tải, giảm sụt áp cuối đường dây và giảm thiểu rủi ro cho một số lượng hộ tiêu thụ bị mất điện khi có sự cố hay khi cần sửa chữa đường dây [2]. Do đó, để kết hợp việc tái cấu trúc lưới có xem xét đến lắp đặt thêm trạm biến áp luôn cần một phương pháp đề xuất phù hợp với lưới điện thực tế và cần có một giải thuật để kết hợp việc lắp đặt thêm trạm biến áp với tái cấu trúc nhằm giảm thiểu tổn thất công suất trong lưới điện. Trên cơ sở những kết quả của các công trình nghiên cứu về vị trí và dung lượng của các nguồn điện phân tán trước đây bài báo này đề xuất thuật toán xác định vị trí và dung lượng trạm biến áp 22/0,4kV nhằm giảm tổn thất công suất trên lưới điện 0,4kV nhằm giảm thiểu tổn thất công suất [3], [4].

2. PHƯƠNG PHÁP GIẢM TỔN THẤT CÔNG SUẤT TRÊN LƯỚI ĐIỆN

Từ hàm tổn thất công suất trên lưới điện lưới đơn giản có công thức như biểu thức (1) [5].

$$\Delta P = \frac{P_n^2 + Q_n^2}{U_{dm}^2} r_0 L \quad (1)$$

Trong đó: ΔP là tổn thất công suất tác dụng; U_{dm} là điện áp vận hành; r_0 : điện trở trên 1 km của dây dẫn; L : chiều dài dây dẫn; P_n , Q_n : công suất tác dụng và phản kháng truyền trên nhánh 3 pha. Để giảm tổn thất công suất có phương pháp để giảm tổn thất công suất:

- Đánh giá mức độ cân bằng pha: Công thức (1) cho thấy đây là tổn thất được tính trên lưới điện 3 pha cân bằng. Nếu xuất hiện sự mất cân bằng giữa các pha, sẽ xuất hiện dòng điện trên dây trung tính ngay cả khi lưới điện đang vận hành hình tia. Điều này sẽ làm tăng tổn thất công suất.

$$\Delta P = I_A^2 r_0 L + I_B^2 r_0 L + I_C^2 r_0 L + I_{N_0}^2 r_{0N} L \quad (2)$$

Với $|I_A| + |I_B| + |I_C| = \text{const}$ và

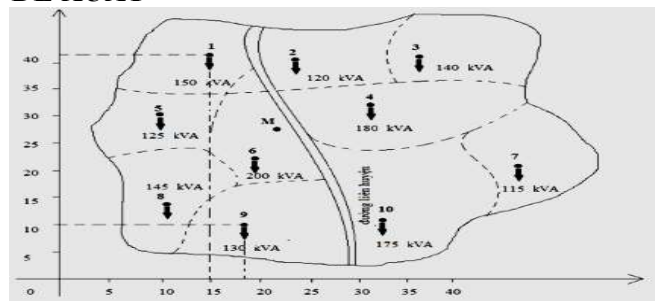
$$\begin{aligned} \Delta P &= I_A^2 r_0 L + I_B^2 r_0 L + I_C^2 r_0 L + I_{N_0}^2 r_{0N} L \rightarrow \text{Min} \\ \text{Nên} \quad &\begin{cases} |I_A| = |I_B| = |I_C| \\ \cos \varphi_A = \cos \varphi_B = \cos \varphi_C \end{cases} \end{aligned} \quad (3)$$

Việc duy trì $\cos \varphi$ giữa các pha có thể dễ dàng thực hiện bằng cách bù trên lưới hạ thế để $\cos \varphi$ tiến đến 0,95. Tuy nhiên việc duy trì biên độ dòng điện giữa các pha bằng nhau là điều khó khăn ngay cả gần bằng nhau. Vì vậy việc cân bằng pha cần được xem xét trước tiên, đặc biệt là lưới điện khi có sự phát triển của lưới 1 pha dẫn đến việc mất cân bằng khá lớn trên các pha trên 2 phát tuyến.

- Đánh giá mức độ giảm điện trở đơn vị: Để giảm tổn thất công suất, biện pháp khá đơn giản là giảm r_0 trên đường dây bằng cách tăng tiết diện dây dẫn. Tuy nhiên, điều này dẫn đến chi phí đầu tư khá lớn.
- Tái cấu hình lưới phân phối: Việc tái cấu hình lưới điện một trong những biện pháp tác động trực tiếp lên (1) nhằm giảm ΔP hay ΔA bằng cách cân bằng lại P_n , Q_n và L giữa các nhánh và tuyến dây. Cũng có thể tận dụng giải pháp này để cân bằng giữa các pha trên tuyến dây mà không cần phải đầu tư thêm bất cứ một chi phí xây dựng cơ bản nào ngoài việc thay đổi các trạng thái khoá điện.
- Tăng điện áp vận hành: Tổn hao công suất ΔP hay ΔA sẽ giảm khi tăng điện áp vận hành U_{dm} . Điều dễ thấy nếu tăng điện áp vận hành lên 10% so với định mức thì tổn hao sẽ giảm 20%. Đây là giải pháp khá đơn giản bằng cách thay đổi nấc điều áp của MBA. Tuy nhiên, biện pháp này thường được áp dụng ngay khi đưa trạm và tuyến dây vào vận hành, nên các vấn đề quan tâm đến giảm tổn hao công suất đều đã được các nhân viên vận hành thực hiện và không thể tăng thêm điện áp.
- Xây dựng thêm nối tuyến: Đây là giải pháp hợp lý với chi phí đầu tư ít nhưng hiệu quả cao sau khi đã đầu tư xây dựng các phát tuyến trung thế mới nhằm giảm tải cho các tuyến trung thế cũ. Đây là giải pháp tăng thêm không gian vận hành cho lưới phân phối nhằm đạt hiệu quả tái cấu hình lưới nhằm giảm tổn thất công suất hay các mục tiêu khác.
- Bù công suất: Công suất phản kháng Q_n có thể giảm bằng cách lắp đặt các tụ bù tại tải.

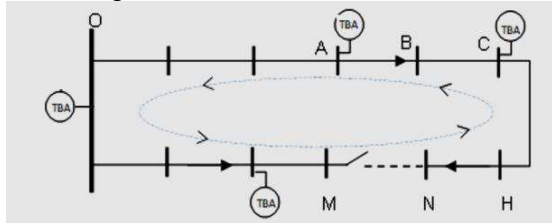
Do lưới điện hiện nay với sự phát triển của phụ tải nên việc xem xét lắp đặt thêm trạm biến áp để làm giảm khả năng quá tải của đường dây nên việc lắp đặt trạm biến áp cũng phải xem xét là một phương án nhằm để giảm về tổn thất công suất trên lưới điện hạ thế.

3. PHƯƠNG PHÁP ĐỀ XUẤT



Hình 1. Khu vực có các trạm biến áp hiện hữu

Để giảm tổn thất công suất trên lưới điện hạ thế, bài báo đề xuất việc lắp đặt trạm biến áp song song cùng với việc tái cấu hình nhằm giảm tổn thất công suất. Lưới điện hiện nay không có khả năng đóng cắt nhiều lần trong thời gian khảo sát do chi phí chuyển tải quá lớn so với mức giảm tổn thất điện năng. Để giảm chi phí vận hành và tránh mất điện khi chuyển tải trong lưới điện phân phối, các điều độ viên chỉ khi cho phép thay đổi cấu trúc lưới điện thì khi thật cần thiết với mục tiêu như: giảm tổn thất công suất hệ thống, chống quá tải trên các nhánh của lưới điện, tái cấu trúc để khôi phục lưới điện sau sự cố... Với mục tiêu giảm tổn thất công suất của lưới điện hạ áp được nghiên cứu và xem xét phải phù hợp với chi phí vận hành. Hình 1 cho thấy đường dây trung thế được đưa đến cho các trạm biến áp 22/0,4kV cho một khu vực. Như vậy, cần xem xét các vị trí và dung lượng máy biến áp phù hợp để cung cấp cho mạng phối thứ cấp nhằm giảm thiểu tổn thất công suất.

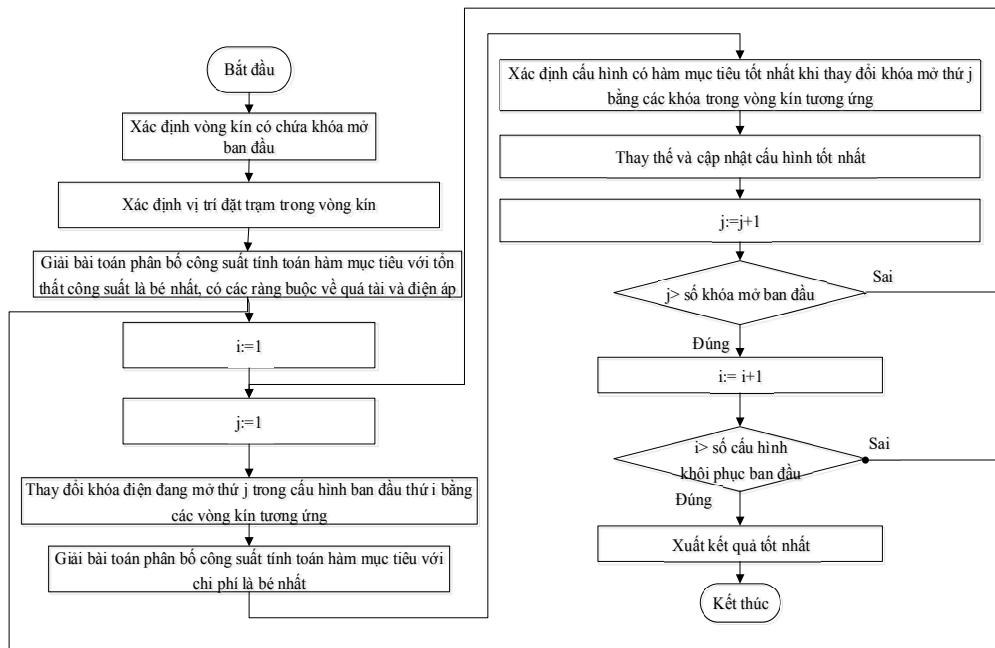


Hình 2. Lưới điện kín và hở

Xét lưới điện đơn giản như Hình 2 với 3 vị trí có lắp đặt thêm trạm biến áp 22/0,4kV cho phép không làm mất tính tổng quát khi mô tả tất cả các trường hợp vị trí khóa mở và vị trí khóa đóng. Xét lưới điện đơn giản có các trạm biến áp và chiều dương được chọn là ngược chiều kim đồng hồ như Hình 2. Nếu khóa điện MN đóng, LĐPP đang ở trạng thái vận hành mạch vòng. Gọi dòng điện trên các nhánh thứ i là I_i ($i=1 \dots n$). Khi mở khóa MN, nếu giả thiết dòng điện trên các nhánh thuộc OM giảm đi một lượng I_{MN} , thì dòng điện trên các nhánh thuộc ON sẽ tăng lên một lượng là I_{MN} . Khi đó, hàm tổn thất công suất tác dụng ΔP cho lưới điện kín và cho lưới điện hở của LĐPP được viết tại biểu thức (4) và biểu thức (5). Tổn hao công suất của LĐPP trước khi tái cấu hình lưới [6]–[8]:

$$\Delta P^{kín} = \sum_{i \in OM} R_i I_i^2 + R_{MN} I_{MN}^2 + \sum_{i \in NO} (-I_i)^2 R_i \quad (4)$$

$$\Delta P^{hở} = \sum_{i \in OM} R_i (I_i - I_{MN})^2 + \sum_{i \in NO} R_i (I_i + I_{MN})^2 \quad (5)$$



Hình 3. Lưu đồ giải thuật đề nghị

So sánh tổn thất công suất tác dụng của LĐPP vận hành mạch vòng và vận hành hở được biểu diễn theo

biểu thức (5). R_{MN}^{Loop} là tổng điện trở các nhánh trong vòng kín MN. Mặt khác, do phân bố công suất trên lưới điện mạch hở, dòng điện trên các nhánh không phụ thuộc vào tổng trở của nhánh của lưới điện mà chỉ phụ thuộc vào công suất tiêu thụ tại các phụ tải. Vậy có thể giả thiết rằng tồn tại một lưới điện có tổng trở nhánh thuần trở vẫn đảm bảo tổn hao công suất tác dụng như lưới điện thông thường và được tính như (6). Do đó, khi đóng khóa điện trên nhánh MN của lưới điện này, theo định luật K2 thì:

$$\sum_{i \in OM}^n R_i I_i + R_{MN} I_{MN} - \sum_{i \in NO}^n I_i R_i = 0 \quad (6)$$

$$\text{Ta có: } \Delta P^{hở} - \Delta P^{kín} = I_{MN}^2 R_{loop} = \delta > 0 \Rightarrow \Delta P^{hở} > \Delta P^{kín} \quad (7)$$

Hàm mục tiêu giảm tổn thất công suất như sau:

$$P_{loss} = \sum_{i=1}^{Nbr} k_i \Delta P_i = \sum_{i=1}^{Nnr} k_i \cdot R_i \cdot |I_i|^2 = \sum_{i=1}^{Nbr} k_i R_i \frac{P_i^2 + Q_i^2}{V_i^2} \quad (8)$$

Trong đó: ΔP_i : Tổn thất công suất tác dụng trên nhánh thứ i ; Nbr: Tổng số nhánh; P_i, Q_i : Công suất tác dụng và công suất phản kháng trên nhánh thứ i ; V_i, I_i : Điện áp nút kết nối của nhánh và dòng điện trên nhánh thứ i ; P_{loss} : Tổn thất công suất tác dụng của hệ thống; k_i : Trạng thái của của các khóa điện, nếu $k_i = 0$, khóa điện thứ i mở và ngược lại.

Trong phạm vi bài báo này trạm biến áp chọn loại có công suất nhỏ được sử dụng để tối ưu cấu hình lưới khi lắp đặt thêm trạm biến áp, và giới hạn công suất của các trạm biến áp được định nghĩa như sau:

$$S_{TBAi,min} \leq S_{TAB,i} \leq S_{TBAi,max}, \text{ với } i = 1, 2, \dots, N_{TBA} \quad (9)$$

Dòng điện chạy qua các nhánh phải luôn nằm trong giới hạn cho phép của đường dây:

$$|I_i| \leq I_{i,max}, \text{ với } i = 1, 2, \dots, Nbr \quad (10)$$

Điện áp các nút phải được giữ trong giới hạn vận hành cho phép:

$$V_{i,min} \leq |V_i| \leq V_{i,max}, \text{ với } i = 1, 2, \dots, Nbus \quad (11)$$

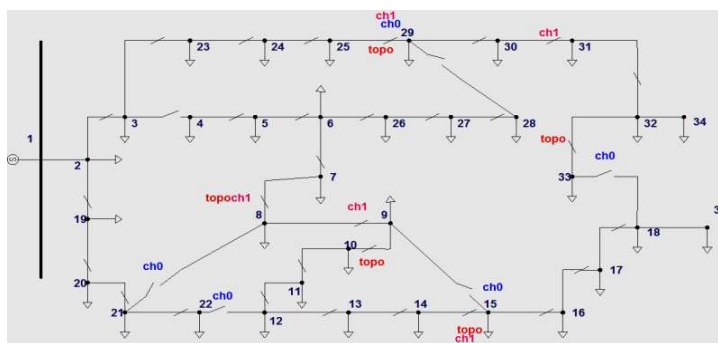
Như vậy, có thể thấy rằng việc xác định cấu hình vị trí đặt trạm với mục tiêu là tổn thất công suất là bé nhất có thể thực hiện bằng kỹ thuật trao đổi nhánh. Các bước thực hiện như Hình 3.

4. KẾT QUẢ KIỂM TRA

Lưới điện 0.4kV ở phường 8, thành phố Bến Tre gồm có 35 nút, 39 nhánh, 32 khóa điện thường đóng và 5 khóa thường mở, sơ đồ đơn tuyến như Hình 4 và phụ tải ở Bảng 1. Tổng công suất thực và phản kháng là 389.5kW và 248.5kVAr. Nguồn điện được cung cấp với trạm biến áp hiện hữu là 400kVA. Lưới gồm có 3 nhánh lớn: Nhánh 1 = [1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 35 26 27 28]; Nhánh 2 = [1 2 19 20 21 22]; Nhánh 3 = [1 2 3 23 24 25 29 30 31 32 33 34]; Nhánh 1 liên kết với nhánh 2 qua khóa thường mở là 8-21, 12-22, 9-15; Nhánh 1 liên kết với nhánh 3 qua khóa điện thường mở là 28-29, 18-33.

Bảng 1. Số liệu tải phường 8, TP Bến Tre

Tải	Nút	Công suất		Tải	Nút	Công suất	
		P (kW)	Q (kVAr)			P (kW)	Q (kVAr)
Load10	10	10	7	Load26	26	13	10
Load11	11	5	3.5	Load27	27	14	11
Load12	12	5	3	Load28	28	14	10
Load13	13	5	3	Load29	29	10	6
Load14	14	10	7	Load3	3	7.5	3.5
Load15	15	5	1	Load30	30	17	5
Load16	16	5	2	Load31	31	12.5	6
Load17	17	5	2	Load32	32	17.5	8
Load18	18	7.5	3	Load33	33	7	5
Load19	19	7.5	3	Load34	34	15	12.5
Load2	2	25	5	Load35	35	14	10
Load20	20	7.5	4	Load4	4	10	6
Load21	21	7.5	4	Load5	5	5	2.5
Load22	22	7.5	3	Load6	6	5	2
Load23	23	7.5	4	Load7	7	15	7
Load24	24	35	16	Load8	8	17	8
Load25	25	35	16	Load9	9	5	2
TỔNG						389.5	248.5

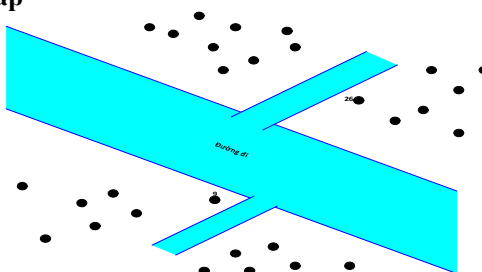


Hình 4. Lưới điện được vận hành bình thường

4.1. Vận hành ở điều kiện bình thường

Ở điều kiện vận hành bình thường thì có 5 khóa mở là: 28-29; 18-33; 8-21; 12-22; 9-15 với tổng tổn thất công suất thực và phản kháng đối với trường hợp ban đầu là 18,6 kW và 10,2 kVAR. Khi vận hành ở điều kiện bình thường, các đường dây hiện hữu bị quá tải: đường dây 1-2 với dòng điện cho phép là 250A, đường dây 3-4, 4-5, 5-6 có dòng điện cho phép là 95A. Như vậy, với trường hợp này cần phải giải quyết bài toán nhằm giảm quá tải của đường dây cũng như nhu cầu phụ tải tăng trong thực tế. Giải pháp đưa ra là lắp đặt trạm biến áp trên lưới điện và tái cấu hình lưới điện nhằm đáp ứng nhu cầu trên và giảm thiểu tổn thất công suất.

4.2. Lắp đặt thêm trạm biến áp



Hình 5. Sơ đồ vị trí của các phụ tải

Với lưới điện hiện hữu ở Hình 5, vị trí có thể lắp đặt trong lưới điện này khả thi theo thực tế thì lắp đặt trạm ở nút 9 và nút 26. Với nhu cầu phụ tải thực tế yêu cầu tăng 20% so với lúc thiết kế. Do đó, việc quá tải trên các đường dây: đường dây 1-2; 3-4, 4-5, 5-6 nên cần lắp đặt thêm trạm ở các vị trí khả thi nhằm giảm quá tải của đường dây. Khi lắp đặt trạm, cần phải thực hiện khóa mở phù hợp để lưới đảm bảo vận hành dạng hình tia. Ở đây, để vận hành hình tia thì đề xuất ưu tiên mở khóa 3-4.

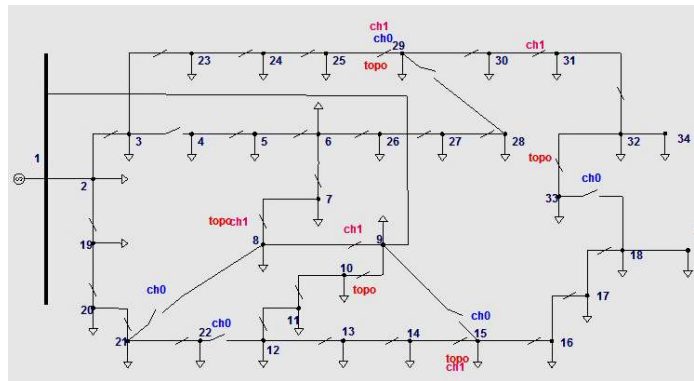
4.2.1. Lắp đặt một trạm biến áp 150kVA

Trường hợp khả năng yêu cầu lắp đặt một trạm biến áp 150kVA tại 1 hay 2 vị trí đã được khảo sát. Lúc này, lưới điện được thể hiện là có 2 nguồn điện cung cấp: Một nguồn từ nguồn điện hiện hữu là trạm biến áp 22/0.4kV, 400kVA, và lắp đặt thêm 1 trạm 150 kVA được cung cấp từ đường dây trung thế 22kV. Như vậy, yêu cầu cần xác định khóa mở nào tối ưu để lưới điện khi lắp đặt thêm một trạm 150 kVA làm việc tối ưu nhất với tổn thất công suất là bé nhất trên toàn lưới. Mở khóa 3-4 nhằm giảm quá tải cũng như lưới vận hành hờ.

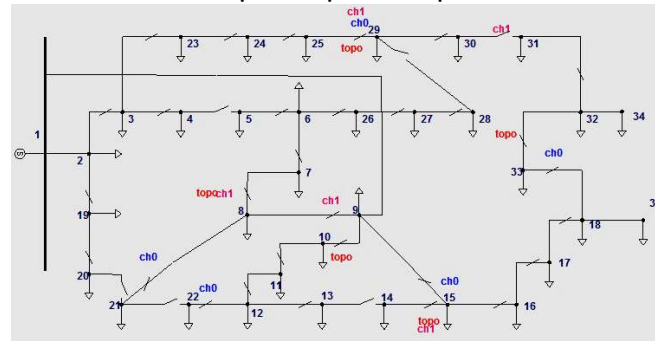
- Trường hợp 1: Vị trí đặt trạm ở vị trí nút 9

Khi lắp đặt thêm trạm biến áp 150kVA vào vị trí nút số 9, lúc này các đường dây: đường dây 1-2, đường dây 3-4, đường dây 4-5, đường dây 5-6 không những không còn quá tải mà vẫn còn khả năng gánh thêm phụ tải do nhu cầu phụ tải tăng thêm. Lúc này khóa mở ban đầu là các khóa: 3-4, 28-29; 18-33; 8-21; 12-22; 9-15. Kết quả sử dụng phương pháp đề xuất: Các khóa mở ban đầu là 3-4; 28-29; 18-33; 8-21; 12-22; 9-15, khi sử dụng phương pháp đề xuất thì các khóa mở: 4-5; 28-29; 30-31; 20-21; 21-22; 13-14. Như vậy, khi tái cấu hình lưới thì có phải chuyển đổi 5 khóa mở so với ban đầu, kết quả này cho thấy tổng tổn thất của toàn lưới điện chỉ còn 5.8kW so với chưa áp dụng giải thuật đề xuất là 8.6kW. Tương tự công cụ TOPO khi chạy chương trình tối ưu thì cũng cho kết quả tương tự.

XÁC ĐỊNH VỊ TRÍ VÀ DUNG LƯỢNG TRẠM BIẾN ÁP 22/0,4KV
NHẪM GIẢM TỒN THẤT CÔNG SUẤT TRÊN LƯỚI ĐIỆN HẠ THẾ

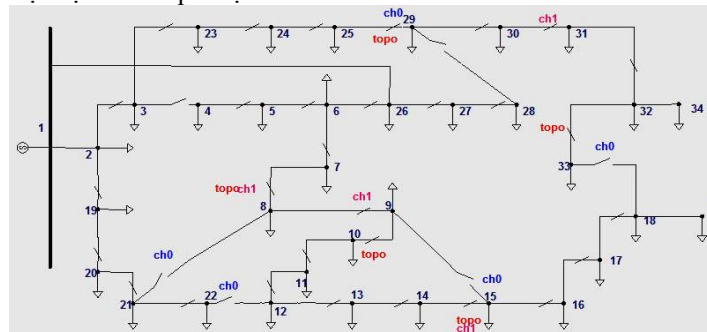


Hình 6. Lưới điện khi vận hành trạm ở nút số 9



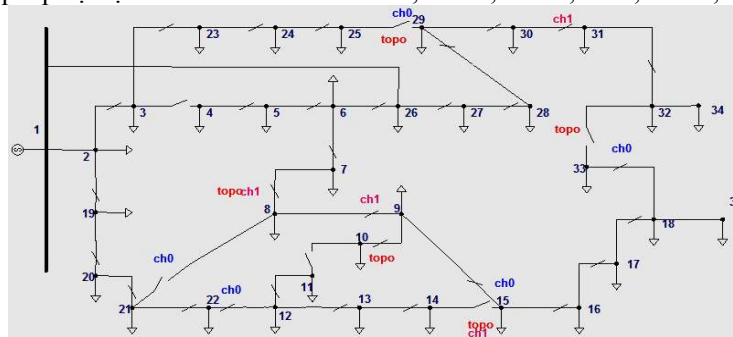
Hình 7. Cấu hình khi lắp đặt trạm tại nút 9

- Trường hợp 2: Vị trí đặt trạm biến áp ở vị trí nút 26



Hình 8. Lưới điện khi lắp đặt thêm trạm ở nút số 26

Trường hợp lắp đặt trạm biến áp tại vị trí nút 26: khi lắp đặt thêm trạm biến áp 150kVA vào vị trí nút số 26, lúc này các đường dây: đường dây 1-2, đường dây 3-4, đường dây 4-5, đường dây 5-6 không còn quá tải mà vẫn còn khả năng gánh thêm phụ tải do nhu cầu tải tăng thêm. Lúc này các khóa mở ban đầu trong tự như ở trường hợp lắp đặt trạm ở nút 9 là các khóa: 3-4, 28-29; 18-33; 8-21; 12-22; 9-15.



Hình 10. Cấu hình khi lắp đặt trạm tại nút 26

Các khóa mở ban đầu là 3-4; 28-29; 18-33; 8-21; 12-22; 9-15, khi sử dụng phương pháp đề xuất thì các khóa mở là: 3-4; 25-29; 32-33; 8-21; 10-11; 14-15. Như vậy, khi tái cấu hình lưới điện thì có phải chuyển đổi 5 khóa mở so với ban đầu, kết quả này cho thấy tổng tổn thất chỉ còn 7.8kW so với ban đầu là 9.4kW. Như vậy, trong các trường hợp chọn vị trí lắp đặt trạm thì vị trí lắp đặt trạm tốt nhất là ở vị trí nút 9 là có độ giảm tổn thất cao nhất. Kết quả được thể hiện ở Bảng 2 đã cho thấy hiệu quả của phương pháp đề xuất đã giảm tổng tổn thất công suất trên toàn lưới. Với 2 trường hợp, thì chọn vị trí lắp đặt trạm biến áp ở vị trí nút 9 cho thấy tính hiệu quả cao hơn so với vị trí lắp đặt trạm ở nút 26.

Bảng 2. Kết quả của các trường hợp đặt một trạm biến áp

Vị trí lắp đặt trạm biến áp	Chưa tái cấu hình		Tái cấu hình		Đường dây bị quá tải
	Khóa mở	ΔP (W)	Khóa mở	ΔP (W)	
Ban đầu	28-29; 18-33; 8-21; 12-22; 9-15	18,603	-	-	1-2; 3-4; 4-5; 5-6
Nút 9	3-4; 28-29; 18-33; 8-21; 12-22; 9-15	8,654	4-5; 28-29; 30-31; 20-21; 21-22; 13-14	5,833	Không quá tải
Nút 26	3-4; 28-29; 18-33; 8-21; 12-22; 9-15	9,405	3-4; 25-29; 32-33; 8-21; 10-11; 14-15	7,802	Không quá tải

4.2.2. Lắp đặt hai trạm biến áp 75kVA

Khi lắp đặt 2 trạm biến áp với dung lượng là 75kVA ở 2 vị trí tại nút số 9 và nút số 26. Các khóa mở ban đầu là 3-4; 7-8; 28-29; 18-33; 8-21; 12-22; 9-15, khi sử dụng phương pháp đề xuất thì các khóa mở là: 3-4; 7-8; 25-29; 31-32; 20-21; 12-22; 14-15. Như vậy, khi tái cấu hình thì phải chuyển đổi 4 khóa mở so với ban đầu, kết quả này cho thấy tổng tổn thất còn 3.96kW so với ban đầu 7.97kW. Kết quả được trình bày ở Bảng 3.

Bảng 3. Kết quả của các trường hợp lắp đặt 2 trạm

Vị trí lắp đặt trạm biến áp	Chưa tái cấu hình		Tái cấu hình		Đường dây bị quá tải
	Khóa mở	ΔP (W)	Khóa mở	ΔP (W)	
Ban đầu	28-29; 18-33; 8-21; 12-22; 9-15		-	-	1-2; 3-4; 4-5; 5-6
Nút 9 và 26	3-4; 7-8; 28-29; 18-33; 8-21; 12-22; 9-15	7,97	3-4; 7-8; 25-29; 31-32; 20-21; 12-22; 14-15	3,961	Không quá tải

Tương tự với trường hợp lắp đặt nhiều trạm biến áp hơn, thì phương pháp đề xuất được xác định vị trí tối ưu nhằm giảm thiểu tổn thất công suất. Nếu so sánh thì với trường hợp 2 máy biến áp 75kVA tại 2 vị trí thì cho kết quả giảm tổn thất tốt hơn so với lắp đặt 1 máy biến áp 150kVA tại 1 vị trí. Nhưng ở đây chưa xem xét các chi phí khác: lắp đặt khóa, chuyên khóa, lắp đặt trạm... cũng như chi phí vận hành và bảo dưỡng.

Bảng 4. So sánh hiệu quả khi lắp đặt trạm

Nội dung	Đơn vị tính	Lắp đặt trạm biến áp 3 pha 150kVA tại nút 9	Lắp đặt 2 trạm biến áp 3 pha 75kVA tại nút 9 và nút 26
Suất đầu tư	Đồng	308000000	520000000
Sản lượng điện tổn thất bình quân giảm	kWh/Tháng	2016	2887
Giá bán điện bình quân	Đồng/kWh	1897	1897
Giá trị mang lại từ giảm tổn thất điện năng	Đồng/tháng	3824352	5476639
Thời gian thu hồi vốn đầu tư	Tháng	80	95

Với vị trí của lắp đặt trạm biến áp, ngoài các vị trí được có khả năng lắp đặt thì lựa chọn nơi có tổn thất công suất là bé nhất để lắp đặt nhằm giảm thiểu tổn thất công suất của toàn lưới. Tuy nhiên, với số lượng trạm biến áp cần xem xét tùy thuộc vào việc lựa chọn phân bố đặt trạm nhưng sẽ làm tăng chi phí lắp đặt, vận hành và bảo trì bảo dưỡng của trạm. So sánh hiệu quả lắp đặt 1 trạm biến áp 3 pha 150kVA và lắp đặt

2 trạm biến áp 3 pha 75kVA, Bảng 4. Trước mắt lựa chọn phương án lắp đặt 1 trạm biến áp 150kVA tại nút 9 vì có thời gian thu hồi vốn đầu tư nhanh, giải quyết được giảm tổn thất công suất và quá tải đường dây. Nhưng về lâu dài, khi phụ tải tiếp tục tăng, các trạm trong khu vực tiếp tục quá tải thì phương án lắp đặt thêm trạm tại nút 26 là phương án được lựa chọn tiếp theo. Kết quả kiểm nghiệm của phương pháp đề xuất đã cho thấy phương pháp đề xuất đã cải tiến hơn so với tài liệu tham khảo [3] là kết hợp việc lắp đặt thêm trạm nhưng có kết hợp tái cấu hình lưới điện ở phía hạ thế. Trong [3] chỉ có xác định vị trí và dung lượng của trạm biến áp mà không xét đến cấu hình của lưới điện phân phối. Điều này rất cần thiết trong quá trình vận hành lưới điện thực tế.

5. KẾT LUẬN

Bài báo này tiếp cận bài toán xác định vị trí và dung lượng trạm biến áp trên lưới điện hạ áp có xét đến cấu hình vận hành lưới điện với mục tiêu là giảm tổn thất công suất trên hệ thống điện hạ áp. Giải pháp đề xuất xác định vị trí và dung lượng trạm biến áp tối ưu và xác định cấu trúc vận hành được thực hiện bằng phương pháp chuyển đổi nhánh trong vòng kín được áp dụng cho lưới điện hạ áp tại Phường 8, Tp. Bến Tre. Kết quả thực hiện được thực hiện kiểm chứng trên phần mềm PSS – ADEPT cho thấy hiệu quả của phương pháp đề xuất và có thể áp dụng xác định vị trí và dung lượng các trạm biến áp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] P. S. Nagendra Rao, D. S. Ramakrishana, and K. Parthasarathy, ‘An algorithm for relocation of distribution transformers’, *Electr. Mach. Power Syst.*, vol. 24, no. 7, pp. 721–732, 1996.
- [2] A. Y. Abdelaziz, F. M. Mohamed, S. F. Mekhamer, and M. A. L. Badr, ‘Distribution system reconfiguration using a modified Tabu Search algorithm’, *Electr. Power Syst. Res.*, vol. 80, no. 8, pp. 943–953, 2010.
- [3] V. Hegde, R. C. G., P. Nayak, P. S., and T. Woleng, ‘Optimal placement of distribution transformers in radial distribution system’, *Int. J. Smart Grid Clean Energy*, 2015.
- [4] R. Billinton and S. Jonnavithula, ‘Optimal switching device placement in radial distribution systems’, *IEEE Trans. Power Deliv.*, vol. 11, no. 3, pp. 1646–1651, 1996.
- [5] by S. Prabha Kundur, “Power System Stability and Control” which will be given to each participant of the seminar Solvina AB, in cooperation with University Duisburg–Essen, presents a 4 day Professional Seminar on Power System Stability and Control WHAT IS INCLUDED IN THE SEMI’, vol. 46, no. 0, 2011.
- [6] N. T. Linh, N. T. Thuận, and T. N. Triều, ‘Tối ưu vị trí và công suất nguồn điện phân tán có xét đến tái hình cấu hình lưới điện phân phối’, pp. 5–14, 2017.
- [7] A. Viet Truong, T. Ngoc Ton, T. Thanh Nguyen, and T. Duong, ‘Two States for Optimal Position and Capacity of Distributed Generators Considering Network Reconfiguration for Power Loss Minimization Based on Runner Root Algorithm’, *Energies*, vol. 12, no. 1, p. 106, 2018.
- [8] N. T. Thuan, T. N. Trieu, T. V. Anh, and D. T. Long, ‘Service restoration in radial distribution system using continuous genetic algorithm’, *Proceeding 2016 Int. Conf. advanved Technol. Sustain. Dev. ICATSD2016*, pp. 619–628, 2016.

Ngày nhận bài: 10/12/2019

Ngày chấp nhận đăng: 20/03/2020