

GIẢM TỔN THẤT CÔNG SUẤT CHO XUẤT TUYẾN TRUNG THẾ BẰNG BIỆN PHÁP BÙ CÔNG SUẤT PHẢN KHÁNG THEO ĐỒ THỊ PHỤ TẢI NGÀY SỬ DỤNG THUẬT TOÁN DI TRUYỀN

REDUCTION OF POWER LOSSES ON MEDIUM VOLTAGE FEEDER
BY REACTIVE POWER COMPENSATION ACCORDING TO DAILY LOAD CURVE
USING GENETIC ALGORITHM

Nguyễn Anh Minh¹, Trần Anh Tùng²

¹Trung tâm Điều độ hệ thống điện TP Hà Nội, ²Trường Đại học Điện lực

Ngày nhận bài: 06/06/2019, Ngày chấp nhận đăng: 30/07/2019, Phản biện: TS. Nguyễn Mạnh Quân

Tóm tắt:

Bài báo này giới thiệu kết quả nghiên cứu tính toán tối ưu dung lượng công suất phản kháng cần bù căn cứ theo đồ thị phụ tải ngày của xuất tuyến 472E1.13 thuộc Công ty Điện lực Đống Đa. Đồ thị phụ tải điển hình của các ngày làm việc và cuối tuần trong mùa hè và mùa đông 2018 thu thập từ hệ thống đo xa được sử dụng làm cơ sở dữ liệu để tính toán. Thuật toán di truyền được ứng dụng để tối ưu dung lượng bù tại các trạm biến áp trên xuất tuyến 472E1.13 theo hàm mục tiêu tổn thất công suất cực tiểu. Kết quả tính toán chỉ ra rằng tổn thất công suất trên toàn xuất tuyến giảm được trung bình 5% so với hiện trạng bù khi dung lượng bù tại các trạm biến áp được tối ưu hóa. Từ đó, phương thức vận hành của các bộ tụ bù có thể được hiệu chỉnh một cách phù hợp theo phụ tải để giảm tổn thất trên lưới điện phân phối.

Từ khóa:

Bù công suất phản kháng, đồ thị phụ tải, tổn thất công suất, thuật toán di truyền, tụ bù.

Abstract:

This paper presents investigation results on the optimization of reactive power compensation based on daily load curve of 472E1.13 feeder, which belong to distribution network of Dong Da power company. Typical daily load curves of weekdays and weekends in summer and winter 2018 were gathered from remote meters. Genetic algorithm was applied to find out optimized reactive power compensation at each substations of 472E1.13 feeder with constraints of minimum power losses. The results showed that power losses could decrease by 5% in average with respect to current losses. As a result, operation mode of capacitor banks should be adjusted accordingly to load curves to reduce power losses on electrical distribution network.

Keywords:

Reactive power compensation, load curve, power losses, genetic algorithm, capacitor bank.

1. MỞ ĐẦU

Vấn đề bù tối ưu công suất phản kháng trên lưới điện phân phối đã được nghiên cứu rộng rãi và triển khai qua nhiều công trình sử dụng các phương pháp tối ưu khác nhau. Phần lớn các nghiên cứu này thực hiện tính toán tối ưu công suất phản kháng cho chế độ phụ tải tĩnh của lưới điện [1]. Mặc dù một số lợi ích được chỉ ra tuy nhiên các phương pháp này khó có thể áp dụng trên lưới điện vận hành theo thời gian thực bởi tối ưu trong chế độ này nhưng không phải là tối ưu trong chế độ khác. Chính vì vậy, phương pháp tối ưu phải tiếp cận trên quan điểm vận hành động của lưới điện hoặc ít nhất cũng có thể áp dụng trong những khoảng thời gian dài hơn. Toàn bộ dữ liệu phụ tải trong một ngày có thể được chấp nhận cho bài toán tối ưu động.

Mặt khác, bài toán tối ưu động đặt ra những thách thức về khả năng tính toán cũng như thời gian tính toán bởi quy mô toán học đã trở nên phức tạp hơn nhiều. Hơn nữa, lời giải về điều chỉnh điện áp hoặc công suất phản kháng tối ưu của bài toán động có thể tác động đến các máy biến áp điều chỉnh dưới tải và các bộ tụ bù đóng cắt tự động. Tần suất đóng cắt thay đổi theo lời giải bài toán có thể đặt ra thách thức về tuổi thọ và chi phí vận hành, bảo dưỡng của các thiết bị này. Một số nghiên cứu đã cố gắng đưa thông số tần suất đóng cắt ngày của các bộ tụ hoặc tần suất chuyển nấc phân áp của máy biến áp vào hàm mục tiêu của bài toán tối ưu. Tuy nhiên, các kết quả có độ chính xác không cao khi áp dụng cho lưới điện có

quy mô lớn do chi phí vận hành liên quan đến sự đóng cắt tụ hoặc chuyển nấc phân áp rất khó ước tính [2].

Một cách tiếp cận thứ hai phù hợp hơn với sự vận hành của lưới điện phân phối là tối ưu bù công suất phản kháng theo đồ thị phụ tải ngày trong đó đồ thị phụ tải được chia nhỏ theo các giờ vận hành (xem hình 1) [3-5]. Cách tiếp cận như vậy cho phép đưa về bài toán gần tĩnh và có thể áp dụng các phương pháp tối ưu tĩnh quen thuộc. Lợi ích của cách tiếp cận này là đơn giản hóa quá trình tối ưu và giảm đáng kể thời gian tính toán mà không làm mất đi độ chính xác của lời giải khi mà đồ thị phụ tải được thu thập từ các đo lường chính xác của công tơ điện tử đo xa.

Từ đó, bài báo này giới thiệu giải pháp bù tối ưu công suất phản kháng trên xuất tuyến 472E1.13 theo đồ thị phụ tải sử dụng thuật toán di truyền.

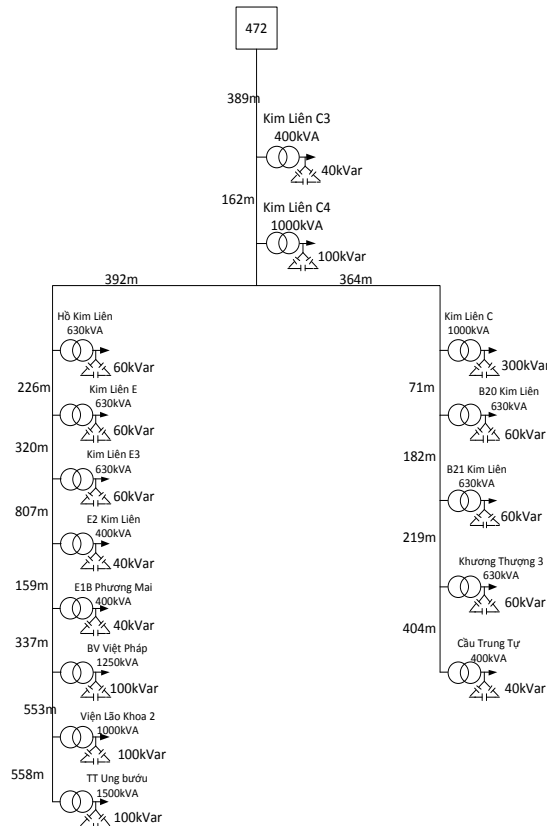
2. ĐỒ THỊ PHỤ TẢI CÁC NGÀY ĐIỂN HÌNH CỦA XUẤT TUYẾN 472E1.13

Sơ đồ một sợi của xuất tuyến 472E1.13 trên đó vị trí và dung lượng các bộ tụ bù cứng theo hiện trạng hiện nay được giới thiệu trên hình 1.

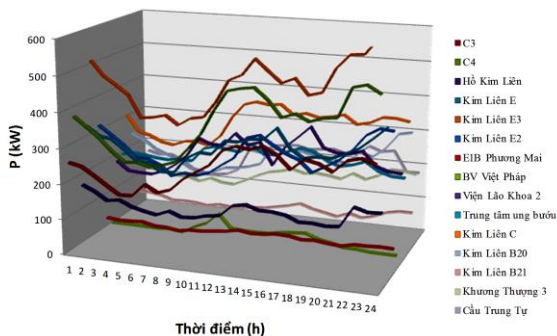
Để phục vụ tính toán dung lượng bù tối ưu của các bộ tụ bù này theo đồ thị phụ tải, dữ liệu phụ tải theo giờ của các trạm biến áp trên xuất tuyến được thu thập cho hai loại ngày bao gồm ngày làm việc và ngày cuối tuần của mùa hè và mùa đông năm 2018 (xem hình 2, hình 3, hình 4 và hình 5). Các ngày mùa hè được lựa chọn ứng với nhiệt độ nóng nhất trong khi các ngày mùa đông được lựa chọn ứng với

hiệt độ lạnh nhất trong các thời kỳ đó.

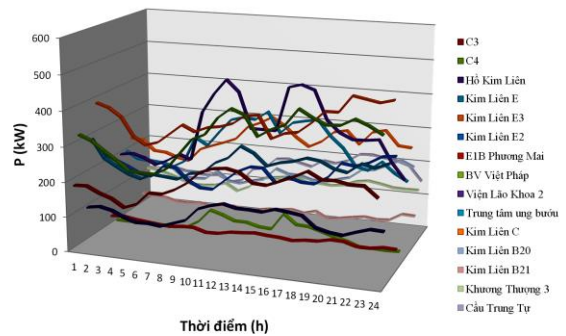
Dữ liệu phụ tải theo từng thời điểm trong ngày cho phép đưa về bài toán gần tính và áp dụng thuật toán di truyền để tính toán lại dung lượng bù tối ưu của các bộ tụ tại các thời điểm đó.



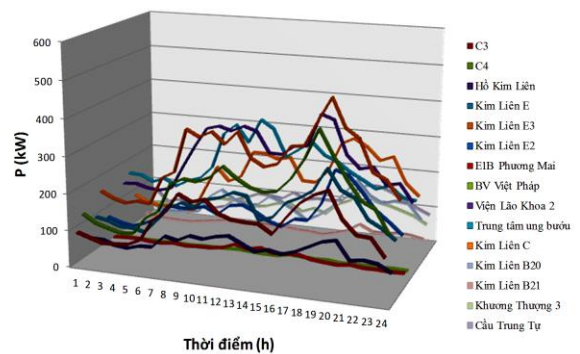
Hình 1. Sơ đồ một sợi của xuất tuyến 472E1.13



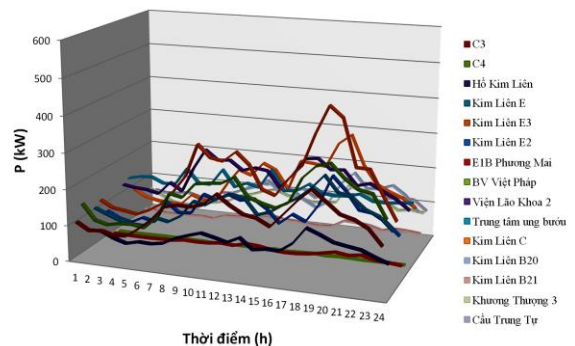
Hình 2. Đồ thị phụ tải ngày chủ nhật 01-07-2018 của xuất tuyến 472E1.13



Hình 3. Đồ thị phụ tải ngày thứ tư 11-07-2018 của xuất tuyến 472E1.13



Hình 4. Đồ thị phụ tải ngày thứ tư 26-12-2018 của xuất tuyến 472E1.13



Hình 5. Đồ thị phụ tải ngày chủ nhật 30-12-2018 của xuất tuyến 472E1.13

3. THUẬT TOÁN DI TRUYỀN TÍNH TOÁN BÙ TỐI ƯU CÔNG SUẤT PHẢN KHÁNG

Mục đích của bài toán tối ưu là xác định dung lượng bù tại các trạm biến áp sao

cho tổn thất công suất là cực tiểu trên xuất tuyến.

Hàm mục tiêu cần tối thiểu hóa như sau:

$$F = \min \Delta P \quad (1)$$

Các ràng buộc cần thỏa mãn bao gồm:

$$0,95 \leq U_i(pu) \leq 1,05 \quad (2)$$

$$I_{ij} \leq I_{cp} \quad (3)$$

$$0 \leq Q_b \leq Q_{tải} \quad (4)$$

Trong đó: F là hàm mục tiêu cần tối thiểu hóa; ΔP là tổn thất công suất của toàn xuất tuyến; U_i là điện áp tại các điểm nút; I_{ij} là dòng điện chảy trên nhánh ij ; I_{cp} là dòng điện cho phép trên nhánh ij ; Q_b là công suất phản kháng cần bù; $Q_{tải}$ là công suất phản kháng yêu cầu của phụ tải.

Thuật toán di truyền được áp dụng trong đó dung lượng bù tại các trạm biến áp được coi là các biến hay các cá thể. Mỗi cá thể này được mã hóa bởi một nhiễm sắc thể. Tại mỗi thế hệ, các cá thể tốt nhất sẽ được di truyền mã gen cho thế hệ con cháu tiếp theo. Các thông số của thuật toán di truyền được ứng dụng cho bài toán bù tối ưu công suất phản kháng được báo cáo trong bảng 1.

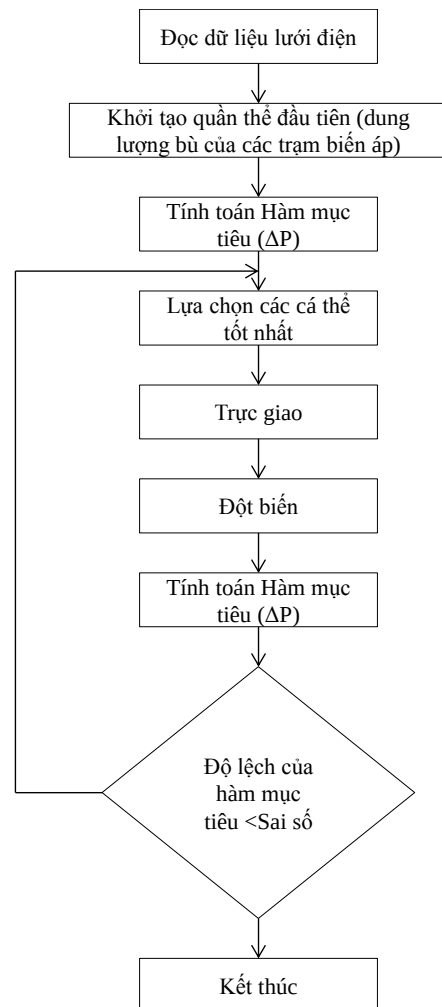
Bảng 1. Các thông số của thuật toán di truyền

Thông số	Giá trị
Số lượng cá thể	50
Số bước lặp tối đa	100
Sai số của hàm mục tiêu	10^{-6}
Trực giao	Có
Đột biến	0,1

Lưu đồ thuật toán của giải thuật di truyền

cho bài toán bù tối ưu công suất phản kháng theo đồ thị phụ tải được giới thiệu trên hình 6. Để tăng tốc độ khi tính toán trào lưu công suất tại các vòng lặp, các tác giả sử dụng thuật toán dòng điện nút tương đương đã được đồng tác giả công bố trước đây [6-7].

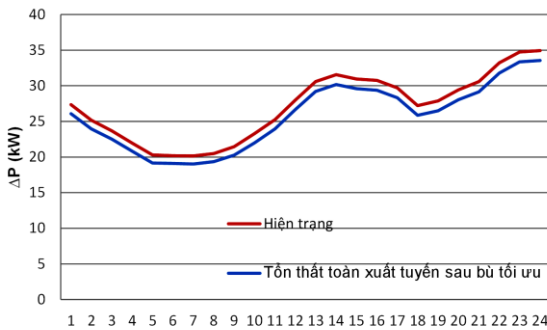
4. KẾT QUẢ



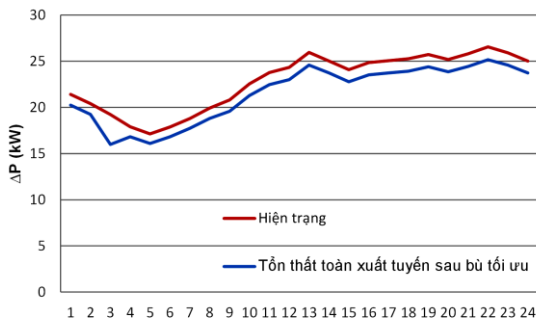
Hình 6. Lưu đồ thuật toán sử dụng giải thuật di truyền để tính toán dung lượng bù tối ưu công suất phản kháng

Hiện nay các bộ tụ bù cứng hạ thế đang được sử dụng để bù công suất phản kháng trên xuất tuyến 472E1.13 với dung lượng

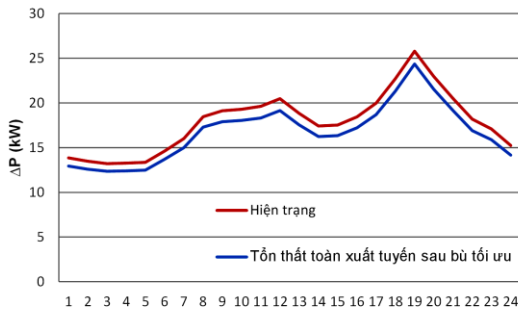
khoảng 10% công suất định mức của các trạm biến áp. Với hiện trạng bù này, tổn thất điện năng trong tháng 10 năm 2018 của xuất tuyến 472E1.13 lên đến 5,4% theo báo cáo của Công ty Điện lực Đồng Đa.



Hình 7. Tổn thất công suất ngày chủ nhật 01/07/2018 trước và sau khi tối ưu dung lượng bù



Hình 8. Tổn thất công suất ngày thứ tư 11/07/2018 trước và sau khi tối ưu dung lượng bù

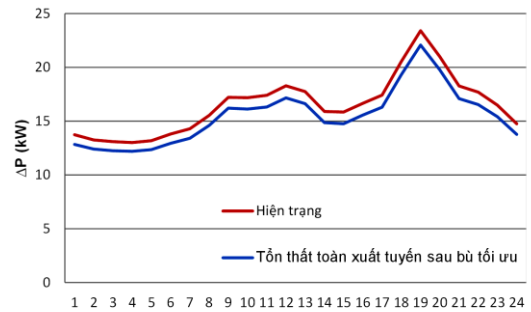


Hình 9. Tổn thất công suất ngày thứ tư 26/12/2018 trước và sau khi tối ưu dung lượng bù

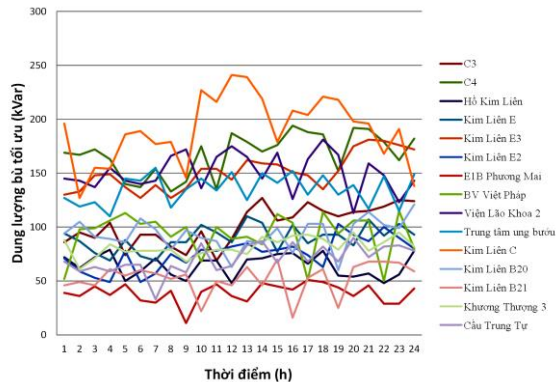
Chính vì vậy, tối ưu lượng công suất phản kháng cần bù là một giải pháp rất hữu ích

để làm giảm tổn thất.

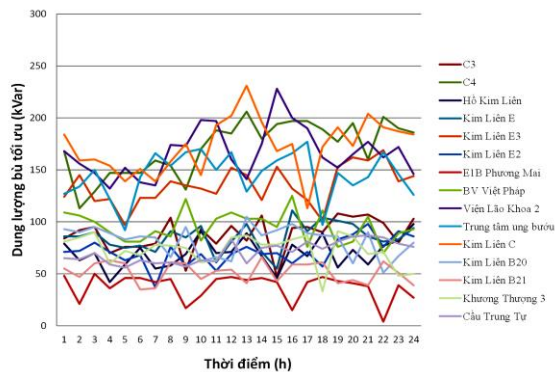
Tổn thất công suất tác dụng trên toàn xuất tuyến 472E1.13 trước và sau khi tối ưu dung lượng bù bằng thuật toán di truyền cho các ngày điển hình được giới thiệu trên các hình 7, hình 8, hình 9 và hình 10.



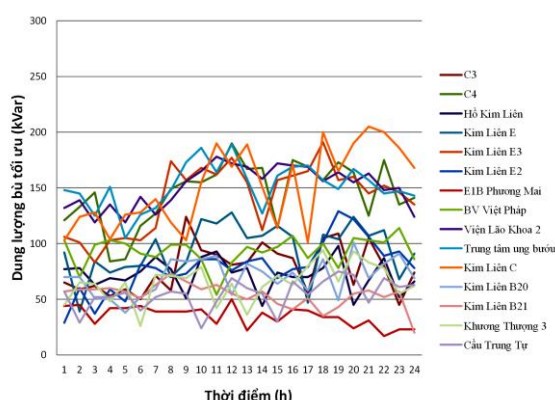
Hình 10. Tổn thất công suất ngày chủ nhật 30/12/2018 trước và sau khi tối ưu dung lượng bù



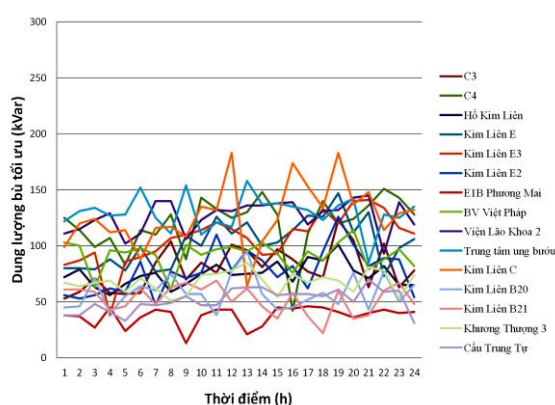
Hình 11. Dung lượng bù tối ưu tại các trạm trong ngày chủ nhật 01/07/2018



Hình 12. Dung lượng bù tối ưu tại các trạm trong ngày thứ tư 11/07/2018



Hình 13. Dung lượng bù tối ưu tại các trạm trong ngày thứ tư 26/12/2018



Hình 14. Dung lượng bù tối ưu tại các trạm trong ngày chủ nhật 30/12/2018

Bảng 2. Mức độ giảm được tổn thất công suất trung bình do tối ưu dung lượng bù trong các ngày điển hình

Ngày	Giá trị
Chủ nhật 01/07/2018	4,88%
Thứ tư 11/07/2018	5,94%
Thứ tư 26/12/2018	6,55%
Chủ nhật 30/12/2018	6,30%

Dung lượng bù tối ưu tại các thời điểm trong các ngày điển hình được giới thiệu trên các hình 11, hình 12, hình 13 và hình 14.

Mức độ giảm tổn thất công suất trung bình trên xuất tuyến 472E1.13 do tối ưu dung lượng bù trong các ngày điển hình được báo cáo trong bảng 2.

Từ kết quả tính toán có thể thấy rằng việc sử dụng tụ bù cứng với công suất bù cố định không phù hợp với sự biến thiên của phụ tải. Trong khi đó dung lượng bù được tính toán theo đồ thị phụ tải cho phép giảm được trung bình 5% tổn thất công suất. Việc thay đổi dung lượng bù tại các trạm theo điều kiện thực tế của phụ tải có thể thực hiện được một khi đã có hệ cơ sở dữ liệu của các trạm biến áp theo thời gian thực. Các tính toán lượng công suất phản kháng cần bù tối ưu được tính toán theo bộ dữ liệu phụ tải và kết hợp với việc sử dụng các bộ tụ ứng động có điều khiển. Từ đó việc điều khiển các cấp tụ có thể được cài đặt theo khung giờ vận hành sao với các trị số dung lượng cần bù gần nhất với dung lượng bù tối ưu đã tính toán.

4. KẾT LUẬN

Bài báo này giới thiệu kết quả tính toán bù tối ưu công suất phản kháng trên lưới điện phân phối theo đồ thị phụ tải sử dụng thuật toán di truyền. Kết quả chỉ ra rằng tổn thất công suất trên xuất tuyến 472E1.13 có thể giảm được trung bình 5% so với hiện trạng khi dung lượng bù tại các trạm được tối ưu theo đồ thị phụ tải. Chính vì vậy, phương thức vận hành của các bộ tụ bù cần được tính toán thay đổi để phù hợp với đồ thị phụ tải nhằm đạt được hiệu quả vận hành tốt nhất cho lưới điện phân phối.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Frano Tomašević, Kristina Baranašić, Marko Delimar, *Reactive Power Optimization Based on Load Profile Partitioning*, ENERGYCON, Dubrovnik, Croatia, 2014.
- [2] M.B. Liu, Claudio A. Canizares and W. Huang, *Reactive power and voltage control in distribution systems with limited switching operations*, IEEE Trans. Power Systems, vol. 24, no. 2, pp. 889-899, May 2009.
- [3] S. Salamat Sharif, J.H. Taylor and E.F. Hill, *Dynamic online energy loss minimization*, IEE Proceedings - Gener. Transm. Distr., vol. 148, no. 2, March 2001.
- [4] Guangfei Geng, Jiaqi Liang, Ronald G. Harley and Ruiquan Qu, *Load profile partitioning and dynamic reactive power optimization*, in Power System Technology (POWERCON), 2010.
- [5] Z.H. Bie, Y.H. Song, X.F. Wang, G.A. Taylor and M.R. Irving, *A transition optimized approach to reactive power and voltage control*, in Power Engineering Society General Meeting, June 2004.
- [6] Trần Thanh Sơn, Trần Anh Tùng, *Tính toán tổn thất điện năng cho lưới điện phân phối bằng thuật toán dòng điện nút tương đương*, Tạp chí Khoa học và Công Nghệ Đại học Đà Nẵng, số 11(96), quyển 1, trang 57-61, 2015.
- [7] Trần Thanh Sơn, Trần Anh Tùng, *Bù tối ưu công suất phản kháng sử dụng thuật toán dòng điện nút tương đương và thuật toán di truyền*, Tạp chí Nghiên cứu Khoa học và Công nghệ Quân sự, Số đặc san 07-2017, trang 27-34

Giới thiệu tác giả:



Tác giả Nguyễn Anh Minh tốt nghiệp Trường Đại học Điện lực chuyên ngành hệ thống điện năm 2017. Hiện nay tác giả là kỹ sư điều độ tại Trung tâm Điều độ hệ thống điện thành phố Hà Nội.

Lĩnh vực nghiên cứu: hệ thống DMS, SCADA cho lưới điện phân phối, hệ thống bảo vệ, cảnh báo sự cố hệ thống điện.



Tác giả Trần Anh Tùng nhận bằng Tiến sĩ tại Đại học Toulouse III, chuyên ngành kỹ thuật điện năm 2012. Tác giả hiện nay là Trưởng Bộ môn Mạng và Hệ thống điện, Trường Đại học Điện lực.

Lĩnh vực nghiên cứu: tối ưu khả năng tải của cáp ngầm cao thế, lưới điện thông minh, vật liệu cách điện nanocomposites.

