ỨNG DỤNG THIẾT BỊ CẢNH BÁO SỰ CỐ THÔNG MINH NÂNG CAO ĐỘ TIN CẬY LƯỚI ĐIỆN PHÂN PHỐI

USING SMART FAULT INDICATO IMPROVE RELIABILITY INDICES OF DISTRIBUTION NETWORKS

Dương Hoà An[1], Đỗ Văn Đỉnh[2,*]

DOI: https://doi.org/10.57001/huih5804.84

TÓM TẮT

Khách hàng sử dụng điện yêu cầu về chất lượng điện năng ngày càng cao. Ngoài yêu cầu về chất lượng điện năng khách hàng còn đòi hỏi tính liên tục và đầy đủ cung cấp điện. Trước đây đã có các phương pháp như sử dụng Recloser, lưới điện cấu trúc mạch vòng kín vận hành hở, các thiết bị phân đoạn để nâng cao độ tin cậy cung cấp điện cho các phụ tải. Cùng với sự phát triển của công nghệ, thời gian gần đây các thiết bị cảnh báo sự cố thông minh đang bắt đầu được ứng dụng trên lưới phân phối để giảm thời gian tìm kiếm sự cố, nâng cao độ tin cậy cung cấp điện. Bài báo trình bày phương pháp ứng dụng kết hợp giữa lưới điện kín vận hành hở với các dao cách ly phân đoạn và thiết bị cảnh báo sự cố để nâng cao độ tin cậy cung cấp điện. Các kết quả tính toán được minh hoạ bằng chương trình PSS.

Từ khóa: *Thiết bị cảnh báo sự cố, độ tin cậy cung cấp điện, phần mềm PSS.*

ABSTRACT

The demand for power supply reliability of the distribution grid is increasing. Today, customers not only require power quality but also demand the reliability of the distribution grid. There are methods such as using recloser, open-loop distribution networks, and disconnectors switches to improve the reliability of the distribution grid. In recent years, smart fault warning devices are starting to be applied on the distribution grid to reduce the time lost in locating the fault. This paper presents a method of using a combination of an open - loop distribution grid with disconnectors switches and fault warning devices to improve the reliability of distribution grid. The calculation results are illustrated by the PSS program.

Keywords**:** *Smart Fault Indicato, power supply reliability, PSS software.*

[1]Khoa Điện, Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp - Đại học Thái Nguyên
[2]Trường Đại học Sao Đỏ
[*]Email: dodinh75@gmail.com/ dinh.dv@saodo.edu.vn
Ngày nhận bài: 25/9/2022
Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 10/12/2022
Ngày chấp nhận đăng: 23/12/2022

1. GIỚI THIỆU

Độ tin cậy cung cấp điện của lưới điện phân phối chính là khả năng đáp ứng yêu cầu cung ứng điện đảm bảo được tính liên tục và đầy đủ cho khách hàng tiêu thụ điện. Hiện nay, nhu cầu sử dụng điện ổn định liên tục ngày càng cao [1-4]. Do đó, việc ứng dụng các giải pháp để nâng cao độ tin cậy cung cấp điện ngày càng cấp thiết. Đã có nhiều phương pháp nâng cao độ tin cậy của lưới điện như: sử dụng dao cách ly phân đoạn, recloser, sử dụng lưới điện phân phối có cấu trúc mạch vòng kín, vận hành hở [5-7]. Ngoài ra, có nhiều công ty chế tạo các thiết bị thông minh để cảnh báo sự cố. Tuy nhiên, cần phải có phương pháp để kết hợp sử dụng các thiết bị như dao cách ly phân đoạn và cấu trúc vận hành linh hoạt của lưới điện với việc đặt các thiết bị cảnh báo sự cố để giảm thời mất điện, nâng cao độ tin cậy cung cấp điện sao cho hiệu quả. Bài báo đề xuất phối hợp ứng dụng thiết bị cảnh báo sự cố thông minh kết hợp với dao cách ly phân đoạn và cấu trúc lưới kín vận hành hở để nâng cao độ tin cậy lưới phân phối. Để đánh giá hiệu quả của phương pháp bài báo sử dụng phần mềm PSS (The Power System Simulator) để tín toán độ tin cậy lưới điện.

2. THIẾT BỊ CẢNH BÁO SỰ CỐ THÔNG MINH

Trên thị trường hiện nay có một số thiết bị cảnh báo sự cố thông minh như SFI (Smart Fault Indicato) của Hàn Quốc, hay loại Fault Indicator Flite của Schneider Pháp, bộ cảnh báo sự cố Streamer của Nga. Về nguyên lý làm việc của thiết bị cảnh báo sự cố là giống nhau. Vì vậy, bài báo này trình bày sử dụng thiết bị cảnh báo sự cố thông minh như SFI để nâng cao độ tin cậy lưới điện.

2.1. Nguyên lý làm việc của thiết bị cảnh báo thông minh

Hệ thống cảnh báo thông minh bao gồm 3 thành phần chính:

- Thiết bị cảnh báo sự cố (Fault indicator);
- Tủ điều khiển RSU (Ring Supervisory unit);
- Điện thoại hoặc máy tính.

Khi có sự cố trên đường dây, thiết bị cảnh báo sự cố sẽ phát hiện sự cố trên đường dây trên không hay trong các tủ RMU (Ring Main Unit), tín hiệu cảnh báo sự cố sẽ được thể hiện qua mầu của đèn nháy trên thiết bị và gửi cảnh báo về tủ điều khiển RSU. Tủ điều khiển RSU nhận được tín hiệu sự cố sẽ gửi tín hiệu về điện thoại hoặc máy tính.

Nguyên lý phát hiện sự cố ngắn mạch: Để tránh tác động nhầm thì thiết bị cảnh báo sự cố sẽ chỉ tác động khi có cả 3 tín hiệu đầu vào như sau:

- Hệ thống đang có điện;
- Khi I_f/I_0 tăng đột biến và lớn hơn giá trị đặt (I_f là dòng sự cố, I_0 là dòng tải của đường dây, thông thường dòng sự cố sẽ lớn hơn dòng tải khoảng 120A trong thời gian 1s);

- Sau khi xảy ra sự cố trong vòng dưới 1s máy cắt phải cắt để hệ thống mất điện hoàn toàn.

Để phát hiện sự cố chạm đất FCI sẽ dựa vào 2 điều kiện sau:

- Khi có sự thay đổi dòng đột biến (ví dụ: >15A/3ms) hoặc dòng sự cố lớn hơn dòng tải 120A trong khoảng thời gian dưới 1s;

- Khi điện áp dây nhỏ hơn 3000V trong 15s.

Hình 1. Mô hình lắp đặt thiết bị cảnh báo sự cố và tủ điều khiển

a) b)

Hình 2. Thiết bị cảnh báo sự cố a) và Tủ điều khiển RSU b)

2.2. Đặc tính kỹ thuật của thiết bị

Đặc tính kỹ thuật của bộ cảnh báo sự cố SFI:

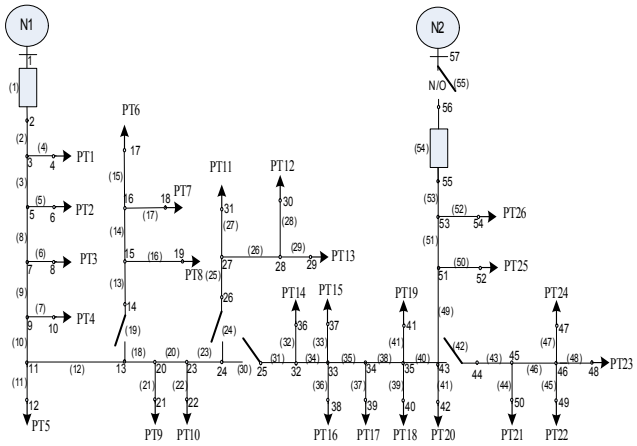
- Điện áp danh định: 3~75kV;
- Dòng điện danh định: Lên đến 1000A;
- Tần số danh định: 50/60Hz;
- Phát hiện sự cố: Phát hiện sự cố pha/sự cố chạm đất;
- Khoảng truyền thông từ bộ cảnh báo sự cố đến tủ RSU hiệu quả: ≤ 100m;
- Lọc dòng khởi động/Tự động kích hoạt cảm biến dòng theo thuật toán được tích hợp (di/dt, I_o, thời gian khống chế).

Đặc tính kỹ thuật của tủ RSU:

- Nguồn điện: AC220V/DC24V(12V), max 150mA hoặc sạc năng lượng mặt trời;
- Pin có thể sạc: DC 12V, 12Ah x 1pin;
- Cổng kết nối: RS232;
- Có thể cài đặt thời gian nhấp nháy: (1/2, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 giờ);
- Giao thức truyền thông: DNP3.0, IEC 60870- 5 - 101(104) (tùy chọn);
- Module RF: 315MHz, 433MHz;
- Vỏ làm bằng nhựa poly;
- Hiển thị dòng tải, sự kiện.

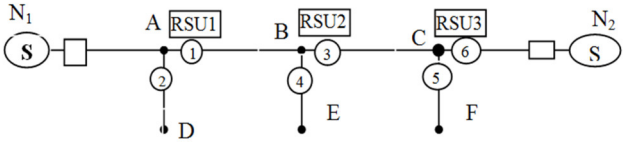
3. PHÂN TÍCH VÀ ÁP DỤNG TRÊN LƯỚI ĐIỆN

Xét sơ đồ lưới điện phân phối lộ 373 Đồng Hỷ - tỉnh Thái Nguyên gồm: 26 phụ tải, 2 nguồn cung cấp, như Hình 3. Bình thường lưới điện là mạch vòng kín vận hành hở: Tất cả các máy cắt và dao cách ly phân đoạn của các xuất tuyến đóng; riêng hai dao cách ly liên lạc là (55) mở.



Hình 3. Sơ đồ lưới điện phân phối dạng mạch vòng - vận hành hở có 26 phụ tải, 2 nguồn cung cấp

Với sơ đồ lưới điện như hình 3, đơn giản hoá như hình 4, điểm A, B, C, tương ứng với các điểm 13, 24, 43, đoạn N_1A tương ứng với đường dây từ nguồn N_1 đến vị trí 13, đoạn AD tương ứng với xuất tuyến đi từ vị trí 13 đến các phụ tải PT6-PT8, đoạn BE tương ứng với các xuất tuyến đi từ vị trí 24 đi đến các phụ tải PT11-PT13, đoạn CF tương ứng với xuất tuyến đi từ vị trí 43 đến các phụ tải PT21-PT24.



Hình 4. Sơ đồ lắp đặt vị trí thiết bị cảnh báo sự cố

Các vị trí lắp đặt thiết bị cảnh báo sự cố (SFI) ký hiệu là 1, 2, 3, 4, 5, 6 trên hình 4 tương ứng với vị trí 12, 24, 43 trên hình 3. Với 3 bộ điều khiển RSU1, RSU2, RSU3. Mỗi RSU liên kết với các nhóm SFI khác nhau phù hợp với khoảng cách truyền thông hiệu quả. Khi lưới điện vận hành dưới dạng lưới kín vận hành hở. Trường hợp bình thường lưới điện được lấy từ nguồn N_1. Với cấu hình như hình 3 tương ứng với mỗi vị trí sự cố sẽ có các thiết bị cảnh báo sự cố gửi như sau:

Trường hợp sự cố trên đoạn CN2: SFI6, SFI(3), SFI(1) sẽ cảnh báo, lúc đó cắt dao cách ly (30) cấp và cấp điện cho các phụ tải còn lại. Như vậy các phụ tải từ PT14-PT26 sẽ mất điện. Nếu lắp thêm dao cách ly ở vị trí đường (49) thì chỉ có phụ tải PT25 và PT26 mất điện;

Trường hợp sự cố trên đoạn CF: SFI5, SFI(3), SFI(1) sẽ cảnh báo, sẽ tiến hành cắt dao cách ly (42) và đóng lại nguồn điện chỉ có các phụ tải PT21-PT24 mất điện;

Trường hợp sự cố trên đoạn BC: SFI(3), SFI(1) sẽ cảnh báo. Tiến hành cắt dao cách ly tại (30) sau đó cấp điện cho các phụ tải còn lại, lúc này các phụ tải từ PT14-PT26 mất điện. Nếu lắp thêm dao cách ly phân đoạn tại (49) thì mở dao cách ly này và cấp điện nguồn 2 cho PT25, PT26. Nếu thêm dao cách ly tại (40), thì các phụ tải từ PT21-PT26 lấy điện từ nguồn 2. Lúc đó chỉ có các phụ tải từ PT14-PT19 mất điện;

Trường hợp sự cố trên đoạn BA: SFI(1) sẽ cảnh báo. Cắt dao cách ly (30) cấp điện cho các phụ tải còn lại qua nguồn 2. Lúc đó các phụ tải PT1-PT13 mất điện, nếu có dao cách ly tại (18) thì cô lập sự cố qua dao cách ly tai (18) và (30) lúc đó chỉ có phụ tải từ PT9-PT13 mất điện;

Trường hợp sự cố trên đoạn AD: SFI(2) sẽ cảnh báo. Cắt dao phân đoạn (19), chỉ có các phụ tải từ PT16-PT19 mất điện;

Trường hợp sự cố trên đoạn AN1: không có SFI nào cảnh báo. Sẽ mở dao cách ly (30) cấp điện cho các phụ tải từ PT14-PT26 qua nguồn 2. Các phụ tải từ PT1-PT13 mất điện. Nếu có dao cách ly tại (12) thì mở dao này và chỉ có các phụ tải từ PT1-PT4 mất điện;

Qua phân tích cho thấy các thiết bị cảnh báo sự cố thông minh sẽ làm giảm thời gian tìm vị trí sự cố qua đó làm giảm thời gian mất điện, nâng cao độ tin cậy cung cấp điện. Ngoài ra nếu kết hợp các thiết bị cảnh báo sự cố này với các dao cách ly phân đoạn sẽ tiếp tục giảm thời gian mất điện. Do biết được khu vực sự cố sẽ tiến hành cô lập sự cố và đóng điện cho các phụ tải còn lại.

4. TÍNH TOÁN ĐỘ TIN CẬY LƯỚI ĐIỆN

Để đánh giá hiệu quả của phương pháp sử dụng thiết bị cảnh báo sự cố. Cần phải tính toán độ tin cậy của lưới điện phân phối trong các trường hợp: Không sử dụng các thiết bị cảnh báo sự cố, và sử dụng các thiết bị cảnh báo sự cố.

4.1. Các chỉ tiêu độ tin cậy lưới điện

Tần suất mất điện trung bình của hệ thống - SAIFI [1, 8-9]:

$$SAIFI = \frac{\sum_{i=1}^{N} \lambda_i N_i}{\sum_{i=1}^{N} N_i} \quad (1)$$

Thời gian mất điện trung bình của hệ thống - SAIDI:

$$SAIDI = \frac{\sum_{i=1}^{N} T_i N_i}{\sum_{i=1}^{N} N_i} \quad (2)$$

Thời gian mất điện trung bình của khách hàng - CAIDI:

$$CAIDI = \frac{\sum_{i=1}^{N} T_i N_i}{\sum_{i=1}^{N} \lambda_i N_i} \quad (3)$$

Chỉ tiêu này xác định thời gian mất điện trung bình của một khách hàng trong một năm cho một lần mất điện.

Trong đó:

- λ_i là cường độ mất điện;
- N_i là số khách hàng của nút phụ tải thứ i;
- T_i là thời gian mất điện trung bình hàng năm của phụ tải.

4.2. Sử dụng PSS để tính toán độ tin cậy

Để phân tích hiệu quả của thiết bị cảnh báo sự cố trong bài báo này tác giả sử dụng phần mềm PSS để tính toán độ tin cậy. Phần mềm PSS/ADEPT (The Power System Simulator/Advanced Distribution Engineering Productivity Tool) là công cụ phân tích lưới điện phân phối với các chức năng sau:

- Bài toán tính toán phân bố công suất;
- Bài toán đặt tụ bù tối ưu;
- Bài toán tính ngắn mạch;
- Bài toán phân tích điểm dừng tối ưu;
- Bài toán phối hợp và bảo vệ;
- Bài toán phân tích sóng hài;
- Bài toán phân tích độ tin cậy trên lưới điện.

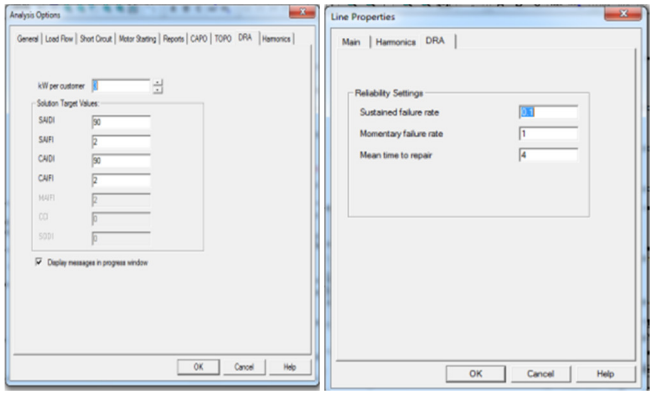
Chu trình áp dụng, mô phỏng triển khai tính toán độ tin cậy trên PSS/ADEPT như sau:

Bước 1: Thiết lập thông số mạng lưới điện.

Trong bước này, thực hiện các khai báo các thông số lưới điện gồm có thông số đường dây, máy biến áp, thông số phụ tải, thông số các thiết bị đóng cắt như máy cắt, cầu chì, recloser, dao cách ly phân đoạn.

Theo hình 5 sẽ thiết lập thông số:

- Sustained failure rate (λ cường độ sự cố);
- Momentary failure rate (cường độ sự cố thoáng qua);
- Mean time to repair (thời gian sửa chữa);
- Thiết lập thông số tính toán độ tin cậy DRA như SAIDI, SAIFI, CAIDI, CAIFI.

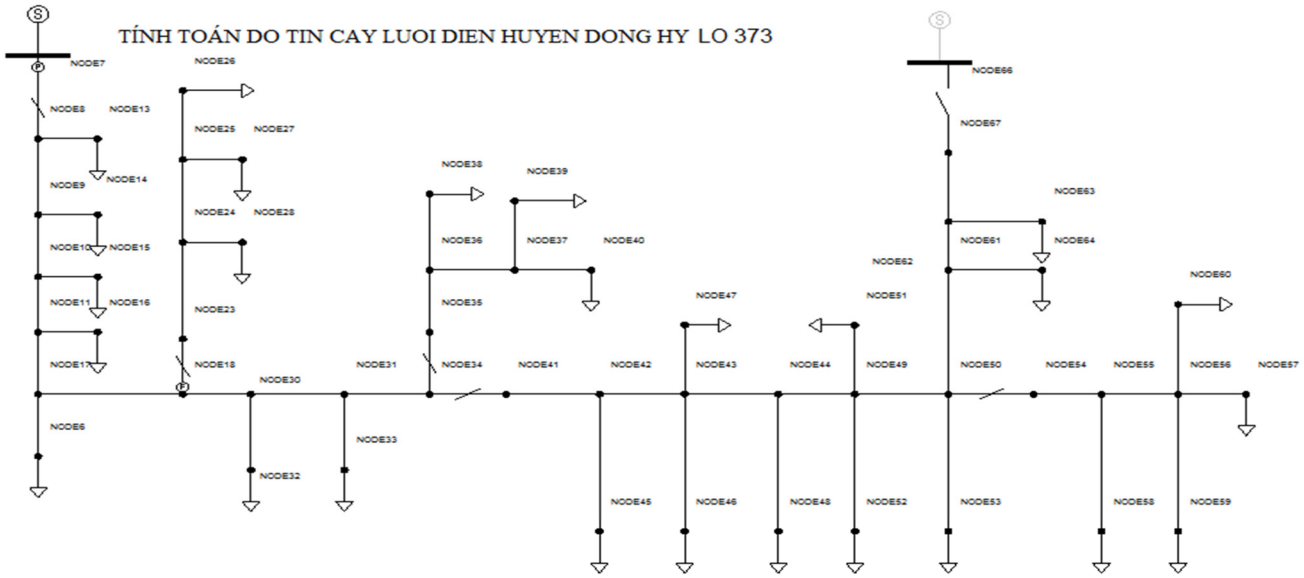


a) b)

Hình 5. Thiết lập thông số cho đường dây a) và thông số tính toán độ tin cậy lưới điện b)

Bước 2: Thiết lập sơ đồ

Vẽ sơ đồ lưới điện cần tính toán vào chương trình PSS/ADEPT. Cập nhật số liệu đầu vào cho sơ đồ lưới điện như: Nguồn, Tải, Dây dẫn, Nút, Tụ bù và thiết bị đóng cắt.



Hình 6. Sơ đồ mô phỏng tín toán độ tin cậy lưới điện sử dụng phần mềm PSS

Bước 3: Chạy các chức năng tính toán độ tin cậy. Trước khi thực hiện giải các bài toán ta cần thiết lập các tuỳ chọn bằng cách mở hộp thoại option như hình 5a.

Bước 4: Sau khi chạy xong chức năng tính toán độ tin cậy, sẽ xem kết quả tính toán phân tích của phần mềm thông qua các báo cáo.

5. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN

Sử dụng phần mềm PSS để tính toán độ tin cậy với sơ đồ lưới điện như hình 6, với số thông số cường độ sự cố trên đường dây: λ_0 = 0,1 (1/năm.km). Thời gian sửa chữa khi chưa lắp đặt các thiết bị cảnh báo sự cố: đường dây trung bình 4h, thiết bị đóng cắt trung bình 4h. Thời gian đổi nối: 0,5h. Thời gian sửa chữa khi lắp đặt các thiết bị cảnh báo sự cố: đường dây trung bình 2h, thiết bị đóng cắt trung bình 2h. Thời gian đổi nối: 0,5h.

Bảng 1. Kết quả tính toán độ tin cậy lưới điện phân phối

Lưới điện	SAIFI (lần/năm)	SAIDI (Giờ)	CAIFI (Lần/năm)
Trường hợp không sử dụng thiết bị cảnh báo sự cố	6	22	6
Trường hợp sử dụng thiết bị cảnh báo sự cố	6	11	6

Kết quả tính toán độ tin cậy theo bảng 1 cho thấy khi sử dụng thiết bị cảnh báo sự cố thì chỉ số SAIFI và CAIFI không thay đổi nhưng cải thiện được thời gian mất điện của lưới điện.

6. KẾT LUẬN

Bằng phương pháp sử dụng các thiết bị cảnh báo sự cố sẽ làm giảm thời gian tìm kiếm khoanh vùng sự cố. Khi kết hợp các thiết bị cảnh báo sự cố với dao cách ly phân đoạn để cô lập sự cố sẽ nhanh chóng cung cấp điện cho các phụ tải ngoài vùng cô lập sự cố. Tuy nhiên bài báo chưa đề cập đến so sánh giữa chi phí đầu tư thiết bị cải tạo nâng cao độ tin cậy cung cấp điện với lợi ích thu được do giảm thời gian và số lần mất điện.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. B. Tran, 2004. *Power grid and power system, volume II*. Publishing scientific and technical (in Vietnamese).

[2]. J. Endrenyi, 1978. *Reliability Modelling in Electric Power Systems.* John Wiley & Sons.

[3]. A. A. Chowdhury, D. O. Koval, 2009. *Power Distribution System Reliability*. Practical Methods and Applications, Wiley & Sons.

[4]. P.U. Okorie, U.O. Aliyu, B. Jimoh, S.M. Sani, 2015. *Reliability Indices of Electric Distribution Network System Assessment.* Journal of Electronics and Communication Engineering Research, Volume 3, Issue 1, pp: 01-06.

[5]. Yara Hassan Moustafa, Amr Yehia Abou Ghazala, Nabil H. Abbasy, 2020. *A Coordinated Recloser-Fusesaver Method for Reliability Enhancement of Distribution Networks.* Energy Smart Systems (ESS) 2020 IEEE 7th International Conference on, pp. 176-181.

[6]. Hira Sultan, Shahid Junaid Ansari, Afroz Alam, Salman Khan, Mustufa Sarwar, Mohammad Zaid, 2019. *Reliability Improvement of a Radial Distribution System with Recloser Placement.* Computing Power and Communication Technologies (GUCON) 2019 International Conference on, pp. 736-741.

[7]. T. V. Tran, 2018. *Calculating reliability indices of open - loop distribution networks based on the state method.* Journal of Science and Technology - The University of Danang, no 11 (132), pp.26-30.

[8]. Nitish Kumar, Vasundhara Mahajan, 2018. *Reconfiguration of Distribution Network for Power Loss Minimization & Reliability Improvement using Binary Particle Swarm Optimization.* Power India International Conference (PIICON) 2018 IEEE 8th, pp. 1-6.

[9]. IEEE Std 1366-1998, 1999. *IEEE Trial-Use Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices.* Institute of Electrical and Electronics Engeneers, Inc.

AUTHORS INFORMATION

Duong Hoa An[1], Do Van Dinh[2]

[1]Faculty of Electrical Engineering, Thai Nguyen University of Technology

[2]Sao Do University