

ĐÁNH GIÁ SỤT GIẢM ĐIỆN ÁP NGẮN HẠN TRÊN LƯỚI PHÂN PHỐI ĐIỆN CÓ XÉT ĐẾN THỜI GIAN TÁC ĐỘNG CỦA THIẾT BỊ BẢO VỆ

PREDICTION OF VOLTAGE SAGS IN DISTRIBUTION SYSTEMS WITH REGARD TO TRIPPING TIME OF PROTECTIVE DEVICES

Bạch Quốc Khánh

Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội

Nguyễn Công Thắng

Trường Đại học Giao Thông Vận Tải

TÓM TẮT

Bài báo trình bày phương pháp đánh giá một hiện tượng chất lượng điện năng (CLĐN) trên lưới phân phối là sụt áp ngắn hạn (SANH - voltage sag) [1]. Việc đánh giá này dựa trên việc phát triển chỉ tiêu $SARFI_x$ thành $SARFI_{x-CURVE}$ cho phép xét đến không chỉ đặc trưng biên độ của SANH mà còn cả đặc trưng thời gian tồn tại SANH. Thời gian tồn tại SANH được xác định dựa trên thời gian tác động thực tế của thiết bị bảo vệ trên lưới phân phối điện (LPP). Bài báo tính toán cho đối tượng cụ thể là lưới điện trung áp của T.P. Hà Nội. Việc dùng chỉ tiêu $SARFI_{x-CURVE}$ sẽ cho những đánh giá chính xác hơn tác động của SANH đối với các phụ tải điện.

ABSTRACT

This paper presents a method of predicting a power quality phenomena in distribution systems - Voltage sag [1]. The prediction of voltage sag based on the modification of $SARFI_x$ into $SARFI_{x-curve}$ that considers not only the characteristics - magnitude, but also the characteristics - duration. The duration of voltage sag is modeled regarding the tripping time of protective devices in distribution systems. The paper also applies this method in prediction of voltage sag in an area of the medium voltage network in Hanoi city. The use of $SARFI_{x-curve}$ will bring about a better prediction of voltage sag influence on the electric loads.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Theo IEEE-1159, 1995, SANH (voltage sag) là hiện tượng CLĐN trong đó giá trị điện áp hiệu dụng của lưới điện sụt giảm còn từ 0,1 đến 0,9 điện áp định mức trong thời gian từ 0,5 chu kỳ đến 1 phút [1]. SANH ngày càng được quan tâm vì nó xảy ra rất thường xuyên và gây nhiều tác động xấu đối với các thiết bị điện nhạy cảm như điện tử công suất, các bộ điều tốc hay máy tính cá nhân. Ở Việt Nam, chưa có những nghiên cứu chuyên sâu về vấn đề này [2, 3], đặc biệt là dự báo SANH trong LPP - khu vực lưới điện gần và ảnh hưởng trực tiếp đến sự làm việc của các phụ tải điện.

Quá trình đánh giá CLĐN nói chung hay đánh giá SANH nói riêng thường có ba khâu chủ yếu [4] là 1. Nhận dạng tình hình CLĐN được cung cấp (trong bài báo, xác định sự phân bố SANH tại các nút tải trên hệ thống điện (HTĐ)), 2. Xác định yêu cầu CLĐN của các phụ tải (trong bài báo, xác định dải điện áp vận hành cho phép của các phụ tải điện), 3. So sánh yêu cầu CLĐN của phụ tải với tình hình CLĐN

được cung cấp và đánh giá tác động của CLĐN đối với phụ tải (trong bài báo, so sánh dải điện áp vận hành cho phép đó với SANH phân bố trên HTĐ và đánh giá ảnh hưởng của SANH đến các phụ tải điện). Mục tiêu nghiên cứu được trình bày trong bài báo chính là khâu thứ nhất của quá trình trên, áp dụng cho LPP.

Bài báo trình bày phương pháp dự báo SANH trong LPP sử dụng chỉ tiêu $SARFI_x$ được phát triển thành $SARFI_{x-CURVE}$ khi xét đến thời gian tác động của các thiết bị bảo vệ thực tế của LPP ở Việt Nam.

II. CÁC CHỈ TIÊU ĐÁNH GIÁ SANH

Việc đánh giá SANH được căn cứ theo hai đặc trưng của SANH là biên độ và thời gian tồn tại SANH. Biên độ SANH là trị số điện áp thấp nhất trong thời gian tồn tại SANH [1]. Theo IEEE-1159, thời gian tồn tại SANH là khoảng thời gian trong đó biên độ điện áp liên tục thấp hơn 0,9 điện áp danh định. Căn cứ vào các đặc trưng trên đây, có nhiều chỉ tiêu đánh giá SANH.

a. Tần suất trung bình của SANH trong HTĐ ứng với đặc trưng biên độ $x \leq X$ (System Average RMS Frequency Index voltage - SARFI_X). SARFI_X được tính như sau [5]

$$\text{SARFI}_X = \frac{\sum_{i=1}^m N_i}{N} \quad (1)$$

Trong đó:

X: Giá trị ngưỡng biên độ SANH, X = (10 ÷ 90)%.

i: Sự kiện gây ra SANH thứ i.

m: Tổng số sự kiện dẫn đến SANH trong một chu kỳ thời gian (ví dụ 1 năm).

N_i: Số phụ tải phải chịu SANH thứ i với đặc tính $x \leq X$.

N: Tổng số các phụ tải nằm trong hệ thống điện đang xét.

b. Tần suất trung bình của SANH trong HTĐ ứng với đặc trưng $x \leq X$ làm cho phụ tải ngừng làm việc (SARFI_{X-CURVE})

Chỉ tiêu SARFI_X được sử dụng rộng rãi để dự báo SANH trong HTĐ hiện nay. Tuy nhiên SARFI_X chỉ xét đến biên độ SANH. Để đánh giá liệu SANH có tác động đến sự làm việc của phụ tải cần xét đến đặc trưng thời gian tồn tại SANH. Muốn vậy có thể thay đổi chỉ tiêu SARFI_X thành SARFI_{X-CURVE} được xác định như sau

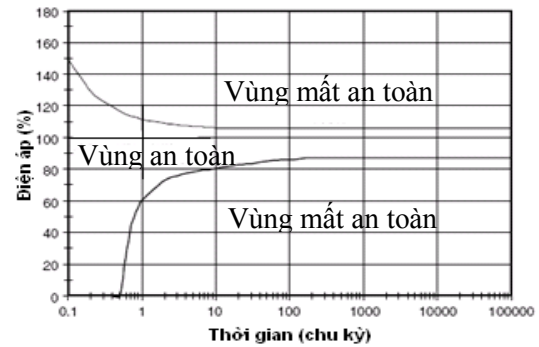
$$\text{SARFI}_{X-CURVE} = \frac{\sum_{i=1}^m N'_i}{N} \quad (2)$$

Trong đó:

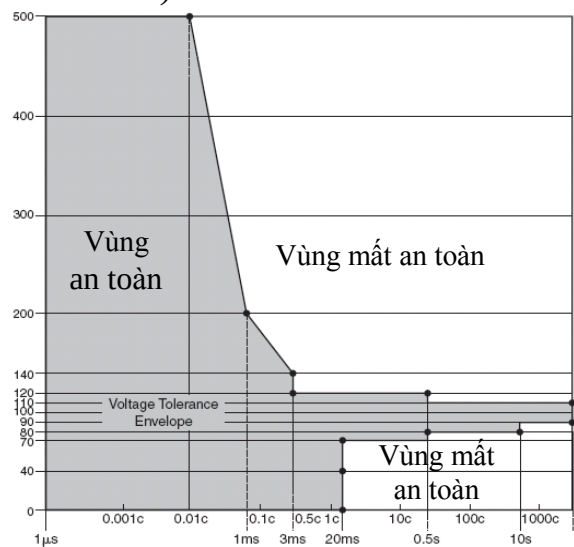
N'_i: Số phụ tải ngừng làm việc do sự cố gây ra SANH i (có tọa độ xác định bởi các đặc trưng biên độ và khoảng thời gian xảy ra SANH nằm ở vùng mất an toàn của đặc tính chịu điện áp của phụ tải),

Các thông số: m, X và N tương tự (1).

IEEE đã đưa ra một số dạng đặc tính chịu điện áp có dạng Hình 1 và Hình 2 [1, 4].



Hình 1. Đường cong chịu điện áp CBEMA (Computer Business Equipment Manufacturers Association)



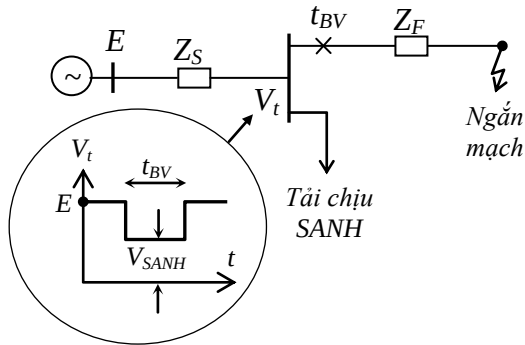
Hình 2. Đường cong chịu điện áp của nhóm thiết bị SEMI (Semiconductor Equipment and Materials International group)

Khi sử dụng chỉ tiêu SARFI_{X-CURVE} cho LPP ở Việt Nam, bài báo sử dụng số liệu thực tế thời gian tác động của các thiết bị bảo vệ đang được sử dụng trong LPP của Việt Nam.

III. XÂY DỰNG MÔ HÌNH BÀI TOÁN

3.1 Tổng quan phương pháp

Có nhiều phương pháp xác định SARFI_X [1]. Nghiên cứu này sử dụng phương pháp dự báo SANH gián tiếp thông qua nguyên nhân sinh ra nó. Trong các nguyên nhân này, trên 90% SANH là do sự cố ngắn mạch trong HTĐ. Do đó, có thể đánh giá SANH thông qua mô phỏng và tính toán ngắn mạch trên HTĐ (Hình 3).



Hình 3. Mô hình tính toán SANH do ngắn mạch trong HTĐ

Nghiên cứu sử dụng phương pháp điểm sự cố (fault position) [2,4] để dự báo SANH trong LPP với các khâu cơ bản như sau :

- Mô phỏng phân bố sự cố ngắn mạch trong LPP (xem phần b dưới đây).
- Tính toán ngắn mạch để xác định các đặc tính biên độ của SANH (V_{SANH}).
- Xác định phân bố SANH và $SARFI_X$ với các đặc tính X khác nhau.

Để phát triển $SARFI_X$ thành $SARFI_{X-CURVE}$, nghiên cứu bổ sung thêm các bước sau : Khi tính toán ngắn mạch, ngoài việc xác định đặc trưng biên độ của SANH như trên, từ độ lớn của dòng điện ngắn mạch xác định thời gian tồn tại của SANH theo đặc tính thời gian tác động của bảo vệ trong LPP $t_{BV} = f(I_N)$. Các bảo vệ trong LPP thường là các cầu chì hoặc bảo vệ quá dòng có thời gian phụ thuộc. Như vậy một SANH sẽ được đặc trưng bởi một điểm có tọa độ là V_{SANH} và t_{BV} . Đặt điểm này lên đồ thị đặc tính chịu SANH của thiết bị. Nếu điểm này thuộc vùng mất an toàn thì SANH đó sẽ được nhớ để tính $SARFI_{X-CURVE}$.

3.2 Mô phỏng phân bố sự cố ngắn mạch

Việc mô phỏng phân bố sự cố bao gồm lựa chọn điểm sự cố, loại sự cố và tính toán suất sự cố tại từng điểm và loại sự cố.

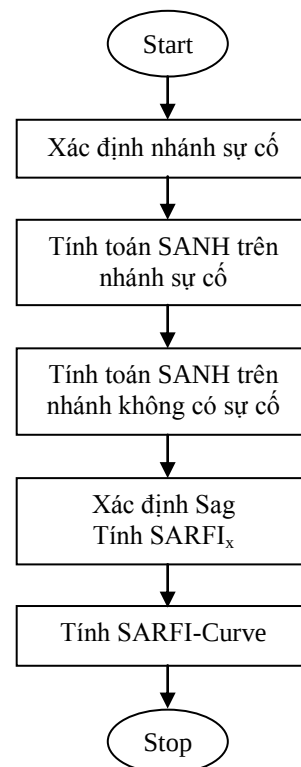
- Điểm sự cố nhìn chung được chọn sao cho các loại ngắn mạch tại một điểm sẽ dẫn đến các SANH có cùng đặc tính. Đối với LPP, có thể chọn một điểm sự cố cho một TBAPP và một sự cố cho một đoạn đường dây ngắn nối giữa hai TBAPP.

- Các loại sự cố khác nhau sẽ được xét cho từng điểm sự cố và số pha của lưới điện tại điểm đó. Nghiên cứu xét tất cả các dạng sự cố ngắn mạch.
- Suất sự cố của từng loại sự cố được lấy từ số liệu đo lường và giám sát thực tế. Suất sự cố chủ yếu phụ thuộc vào vị trí điểm sự cố và loại sự cố. Một cách tổng quát, sự cố có thể xảy ra tại mọi trong HTĐ nên suất sự cố tại từng điểm sự cố sẽ bằng cường độ hồng học các các phần tử của HTĐ theo lý thuyết về độ tin cậy [9]. Nếu trong LPP sử dụng cùng chủng loại thiết bị như dây dẫn, máy biến áp thì có thể dùng mô hình phân bố sự cố đều.

3.3 Tính toán ngắn mạch và xác định đặc trưng biên độ SANH

Chương trình tính toán SANH trong LPP của bài toán được dựa trên chương trình nghiên cứu tính toán SANH trên LPP [2,8]. Chương trình được viết trên phần mềm MatLab. Phần tính toán được chia làm hai phần chính :

- Tính toán dòng ngắn mạch
- Mô phỏng phân bố sự cố



Hình 4. Sơ đồ khối các bước của bài toán dự báo SANH trong LPP

3.4 Giả thiết bài toán

Nghiên cứu có xem xét một số giả thiết sau

- Chỉ xem xét điểm sự cố trong LPP (một LPP được cấp điện từ một trạm biến áp trung gian). Trong phạm vi nghiên cứu chưa xét đến các sự cố trong lưới hệ thống và nguồn.
- Để xác định thời gian tồn tại SANH cần xác định thời gian giải trừ sự cố t_{BV} . Đặc tính bảo vệ của cầu chì và máy cắt dựa trên đặc tính bảo vệ quá dòng phụ thuộc.
- Trong phạm vi nghiên cứu, sẽ dùng đường cong chịu đựng SEMI để xác định chỉ số $SARFI_{X-CURVE}$ cho lưới điện xét.

IV. DỰ BÁO SANH TRÊN LỘ 482-E14, LPP CỦA THÀNH PHỐ HÀ NỘI

4.1 Số liệu ban đầu

- Sơ đồ lưới : Lộ 22kV 482-E14 thuộc trạm 110kV Giám có dạng hình tia và liên thông 99 nút và 98 nhánh. Khi tính ngắn mạch để xác định SANH, xét sự cố ngắn mạch tại tất cả các nút (sự cố máy biến áp) và nhánh (đường dây).

- Tỷ lệ phân bố suất sự cố [10] :

Ngắn mạch 1 pha - đất : 65%

Ngắn mạch 2 pha : 20%

Ngắn mạch 2 pha - đất : 10%

Ngắn mạch 3 pha : 5%

- Đặc tính bảo vệ thời gian phụ thuộc : Trong nghiên cứu sử dụng đặc tính bảo vệ thời gian

phụ thuộc có dạng $t = \frac{a}{(I^*)^b - 1}$ để xác định

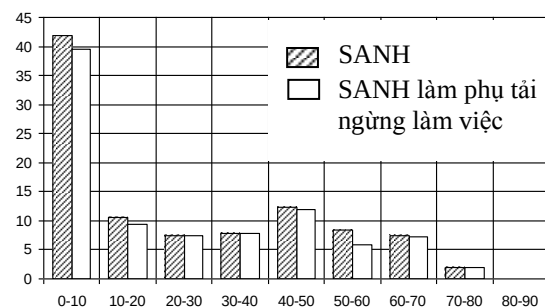
đặc tính thời gian của SANH.

4.2 Kết quả tính toán

Giả thiết tổng số sự cố xảy ra trong một đơn vị thời gian là 100. Phân bố số sự cố này theo tỷ lệ sự cố như trên, tính toán ngắn mạch và SANH cho từng loại sự cố. Với mỗi loại SANH, từ dòng điện ngắn mạch xác định thời gian tồn tại SANH theo đặc tính bảo vệ thời gian phụ thuộc của các thiết bị bảo vệ trên LPP. Cuối cùng so sánh với đặc tính chịu điện áp của phụ tải và xác định $SARFI_{X-CURVE}$.

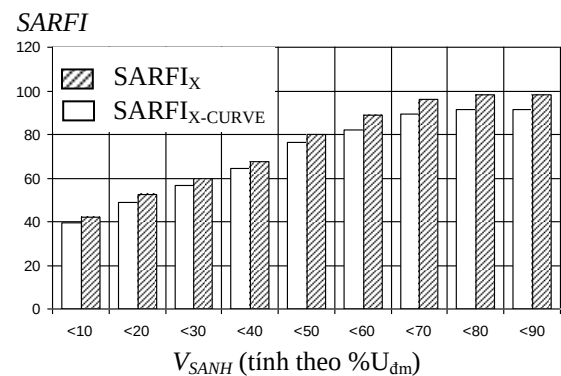
Kết quả tính toán xác định cả hai chỉ tiêu $SARFI_X$ và $SARFI_{X-CURVE}$ để thấy rõ ý nghĩa của việc xét thêm đặc trưng thời gian của SANH. Rõ ràng trong số các SANH có đặc tính khác nhau, chỉ có những SANH có đặc tính nằm ở vùng mất an toàn của đặc tính chịu điện áp của phụ tải mới được xét.

- Tần suất SANH trung bình của lộ 482-E14 theo các khoảng đặc tính X có và không xét đến đặc trưng thời gian được cho ở Hình 5.
- Tần suất SANH trung bình của lộ 482-E14 theo đặc trưng $x \leq X$ ($SARFI_X$ và $SARFI_{X-CURVE}$) không và có xét đến đặc tính thời gian được cho ở Hình 6.



Hình 5. Tần suất SANH làm phụ tải ngừng làm việc theo đặc tính biên độ X của SANH

(Trục tung biểu diễn tần suất SANH làm phụ tải ngừng làm việc, trục hoành biểu diễn các khoảng đặc tính biên độ X của SANH).



Hình 6. $SARFI_{X-CURVE}$

V. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày một phương pháp đánh giá hiện tượng SANH trong LPP có xét đến thời gian tác động của các bảo vệ dựa trên việc phát triển chỉ tiêu $SARFI_X$ thành $SARFI_{X-CURVE}$. Căn cứ vào $SARFI_{X-CURVE}$, việc đánh giá

hiện tượng sụt áp ngắn hạn sẽ xét được khả năng chịu chất lượng điện áp của phụ tải. Kết quả đánh giá sẽ cho một cái nhìn xác thực hơn về tác động của hiện tượng SANH đến sự làm việc của các phụ tải.

Kết quả đánh giá SANH trong LPP cũng cho thấy hầu hết biên độ sụt giảm điện áp nằm tập trung ở mức 0-10% U_{dm} . Điều này có thể được lý giải là do đặc điểm của LPP có dạng hình tia, đặc biệt trong đô thị, mật độ phụ tải khá dày với ngắn mạch xảy ra ở nhiều điểm khác nhau sẽ dẫn đến biên độ sụt giảm điện áp là rất lớn. SANH mức 40-50% U_{dm} chiếm tỉ lệ trung bình vì hầu hết các đường dây rẽ nhánh thường tập trung ở đầu và giữa lộ đường dây. SANH mức 80-90% U_{dm} hầu như không có vì

do tổng trở của hệ thống và của máy biến áp là khá cao nên phần điện áp còn lại sau đó là không lớn.

Nghiên cứu trong bài báo cũng cần được phát triển thêm. Kết quả đánh giá SANH trong LPP cần được xét thêm các SANH do ngắn mạch ở phần nguồn và lưới truyền tải điện [6]. Hơn nữa, để mở rộng phạm vi của LPP được xem xét, nghiên cứu cũng còn có thể phát triển việc xem xét các yếu tố ảnh hưởng đến việc mô phỏng phân bố sự cố dẫn đến SANH. Các mô hình ngẫu nhiên với các luật phân bố xác suất phù hợp với tình hình xảy ra sự cố thực tế có thể được xem xét [2,7].

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. R.C.Dugan, M.F.McGranaghan, and H.W.Beaty; *Electric Power System Quality*; New York : McGraw-Hill, 1996.
2. Bach Quoc Khanh, Dong Jun Won, Seung Il Moon; Fault Distribution Modeling Using Stochastic Bivariate Models For Prediction of Voltage Sag in Distribution Systems; *IEEE Transaction On Power Delivery*, Page 347-354, Vol.23, No.1, January 2008.
3. Bạch Quốc Khánh; Sử dụng mô hình ngẫu nhiên nhị biến mô phỏng phân bố sự cố trong bài toán đánh giá sụt giảm điện áp ngắn hạn trên lưới phân phối; Tuyển tập các bài báo khoa học, Hội nghị khoa học lần thứ 20, Phân ban Điện, Trang 29-36, Hà Nội, 10/2006.
4. M.H.J. Bollen; *Understanding power quality problems - voltage sags and interruptions*; IEEE Press, 2000.
5. D. L. Brooks, R. C. Dugan, Marek Wacławski, Ashok Sundaram; Indices for Assessing Utility Distribution System RMS Variation Performance; *IEEE Trans. Power Delivery*, vol.13, no.1, pp.254-259, Jan. 1998.
6. M.R.Qader, M.H.J.Bollen, and R.N.Allan; Stochastic Prediction of Voltage Sags in a Large Transmission System; *IEEE Trans. Industry Applications*, vol.35, no.1, pp.152-162, Jan./Feb. 1999,
7. J.V.Milanovic, M.T.Aung and C.P.Gupta; The Influence of Fault Distribution on Stochastic Prediction of Voltage Sags; *IEEE Trans. Power Delivery*, vol.20, no.1, pp.278-285, Jan. 2005.
8. W.H.Kersting; *Distribution System Modeling and Analysis*; CRC Press LLC, 2002.
9. R.E.Brown; *Electric Power Distribution Reliability*; Marcel-Dekker, Inc., 2002.
10. T.A.Short; *Electric Power Distribution Handbook*; CRC Press, 2004.

Địa chỉ liên hệ: Bạch Quốc Khánh - Tel: 0904.698.900, Email: bq_khanh-htd@mail.hut.edu.vn
Khoa Điện, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội