

ĐÁNH GIÁ ĐỘ TIN CẬY HỆ THỐNG ĐIỆN CÓ XÉT ĐẾN CƯỜNG ĐỘ CẮT CƯỜNG BỨC

Trần Hữu Tính^{1*}, Trần Nhựt Hiếu², Võ Minh Thiện³

¹Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP Hồ Chí Minh

²Công ty Điện Lực Bến Tre

³Trường Đại học Kỹ thuật Công nghệ Cần Thơ

TÓM TẮT

Một trong những yếu tố quan trọng trong quản lý và vận hành hệ thống điện là đánh giá độ tin cậy của hệ thống nguồn, hệ thống nguồn kết hợp với hệ thống truyền tải, hệ thống truyền tải. Nhiệm vụ chính của việc đánh giá độ tin cậy hệ thống điện là ước tính khả năng sản xuất, vận chuyển và cung cấp điện năng của hệ thống. Nghiên cứu này sử dụng phương pháp *Nodal Effective Load Model* có xét đến cường độ cắt cường bức FOR (*force outage rate*) của tổ máy phát, máy biến áp và đường dây truyền tải để đánh giá các chỉ số độ tin cậy của hệ thống điện. Công cụ sử dụng là phần mềm TRANREL.FOR để đánh giá độ tin cậy theo các tham số xác suất ngẫu nhiên và được chứng minh trên hệ thống điện cao áp thực tế với tổng số nút 24.

Từ khoá: chỉ số độ tin cậy, cường độ cắt cường bức, xác suất ngẫu nhiên, hệ số không sẵn sàng, chỉ tiêu thiếu nguồn

Ngày nhận bài: 22/01/2019; Ngày hoàn thiện: 21/02/2019; Ngày duyệt đăng: 28/02/2019

RELIABILITY EVALUATION OF POWER SYSTEM CONSIDERING FORCE OUTAGE RATE

Tran Huu Tinh^{1*}, Tran Nhat Hieu², Vo Minh Thien³

¹Ho Chi Minh city University of Technology and Education

²Ben Tre Electricity Company

³Can Tho University of Technology

ABSTRACT

In the management and operation of power systems, reliability evaluations of generation system, combined generation and transmission system, as well as transmission system are extremely essential. The fundamental objective of reliability evaluation is to estimate the power supply and transfer capacities of power systems. In this study, the Nodal Effective Load Model method is used for assessing the overall system reliability indices with the consideration of the force outage rate (FOR) of the generators, transformers, and transmission lines. Moreover, the software TRANREL.FOR is utilised as a simulation tool for the probabilistic reliability assessment and it is tested on a practical 24-bus power system.

Key words: reliability indices, force outage rate, probabilistic, unavailability, loss of load expectation

Received: 22/01/2019; Revised: 21/02/2019; Approved: 28/02/2019

* Corresponding author: Tel: 0939505644, Email: tinhtrancm@gmail.com

ĐẶT VẤN ĐỀ

Hệ thống điện (HTĐ) là một hệ thống bao gồm nhà máy điện, đường dây truyền tải, máy biến áp, đường dây phân phối và các phần tử khác. Nhiệm vụ cơ bản của HTĐ là sản xuất và cung cấp điện năng tới nơi tiêu thụ một cách liên tục và chất lượng với giá thành thấp nhất. Nhiệm vụ cơ bản của hệ thống truyền tải là vận chuyển điện năng từ nơi sản xuất đến nơi tiêu thụ với độ tin cậy cao nhất.

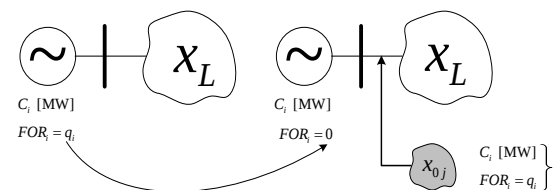
Khi chuyển từ mô hình hoạt động điện độc quyền sang thị trường điện cạnh tranh thì đánh giá độ tin cậy, ổn định của hệ thống điện và nâng cao chất lượng điện năng là một trong những nhiệm vụ chính. Chỉ số độ tin cậy (LOLP, LOLE, EENS, v.v...) là chứng chỉ số rất quan trọng đối với nhà quản lý và vận hành, được thể hiện [1]-[3]. Hiện tại có rất nhiều phương pháp và giải thuật để làm công cụ đánh giá độ tin cậy của hệ thống điện như *Monte carlo simulation*, *phương pháp xác suất ngẫu nhiên*, v.v... với nhiều phần mềm MECORE (*Monte carlo Evaluation of Composite system Reliability*) do University of Saskatchewan (Canada) phát triển; TRELSS (*Transmission Reliability Evaluation Large Scale System*), CREAM (*Composite Reliability Assessment by Monte-Carlo*) và PRA (*Probabilistic Reliability Assessment*) do EPRI (*Electric Power Reserch Institute*) and Southern Company Services của Mỹ phát triển và quản lý; METRIS do tập đoàn EDF của Pháp phát triển và quản lý [3]. Nghiên cứu này sử dụng phương pháp *Nodal Effective Load Model* có xét đến cường độ cường bức (*FOR*) của tổ máy phát, máy biến áp và đường dây truyền tải để đánh giá các chỉ số độ tin cậy của hệ thống điện.

ĐÁNH GIÁ ĐỘ TIN CẬY THEO XÁC SUẤT NGẪU NHIÊN

Đánh giá độ tin cậy theo cấp độ I

Cấp độ I của hệ thống điện là chỉ chú ý đến hệ thống nguồn điện. Do đó, chỉ số độ tin cậy

của hệ thống điện cấp độ I chính là của hệ thống nguồn điện. Có nhiều phương pháp để đánh giá độ tin cậy ở cấp độ I. Hệ thống thực cấp độ I như trình bày ở Hình 1(a) có thể được mô phỏng thành hệ thống tương đương như trình bày ở Hình 2(b). Điều này tương đương với việc tăng thêm công suất C_i (MW) vào phụ tải với cùng tỉ lệ cường bức theo công thức (1).



(a) Hệ thống thực (b) Hệ thống tương đương

Hình 1. Hệ thống điện thực tế và mô phỏng tương đương ở cấp độ I

$$x_e = x_L + \sum_{i=1}^{NG} x_{oi} \quad (1)$$

Trong đó,

x_e : biến ngẫu nhiên của phụ tải cộng thêm vào

x_L : biến ngẫu nhiên của phụ tải đã có

x_{oi} : biến ngẫu nhiên của xác suất phụ tải là nguyên nhân bởi *FOR* tổ máy thứ i (biến ngẫu nhiên là giá trị bất kỳ một tổ máy nào bị hỏng)

NG: tổng số tổ máy có trong hệ thống điện

Đường cong phụ tải tương đương của HLI có thể được tính toán theo công thức (2) như sau:

$$\begin{aligned} {}_{HLI} \Phi_i(x_e) &= {}_{HLI} \Phi_{i-1}(x_e) \otimes {}_{HLI} f_{oi}(x_{oi}) \\ &= \int {}_{HLI} \Phi_{i-1}(x_e - x_{oi}) {}_{HLI} f_{oi}(x_{oi}) dx \end{aligned} \quad (2)$$

Trong đó,

$\otimes$ toán tử tích phân toàn bộ đường cong phụ tải nối dài

$${}_{HLI} \Phi_0(x_e - x_{oi}) = {}_{HLI} \Phi(x_L)$$

${}_{HLI} f_{oi}(x_{oi})$ là hàm phân phối xác suất của cường độ cắt cường bức của máy phát thứ i

LP là đại lượng phụ tải cực đại [MW]

Chỉ số độ tin cậy cấp độ I là $LOLE_{HLI}$ (Loss of load expectation) và $EENS_{HLI}$ (Expected

energy not served) được tính như sau:

$$LOLE_{HLI} = \int_{IC} \Phi(x) dx \quad [\text{hours/year}] \quad (3)$$

$$EENS_{HLI} = \int_{IC}^{IC+Lp} \Phi(x) dx \quad [\text{MWh/year}] \quad (4)$$

Trong đó,

IC là tổng công suất của các tổ máy phát [MW]

Đánh giá độ tin cậy cấp độ II

Cấp độ II tức là đánh giá cùng lúc hệ thống nguồn và hệ thống truyền tải. Các chỉ số độ tin cậy hệ thống điện mức độ II là chỉ tiêu thiếu nguồn LOLE (loss of load expectation), thời gian cắt tải EDLC (Expected duration of load curtailments), chỉ tiêu thiếu nguồn EENS (Expected energy not supplied), chỉ số SI (Severity Index), chỉ số năng lượng độ tin cậy EIR (Energy Index of Reliability). Có nhiều máy phát, đường dây truyền tải được cố định trong phân tích phân bố công suất, phân tích sự ngẫu nhiên, điều độ máy phát, phân tích quá tải trên đường dây truyền tải,... Hình 2 trình bày hệ thống tương đương ở HLII. CG_1, CT_1, q_1 , tương ứng là công suất nguồn phát, công suất đường dây truyền tải, hệ số không sẵn sàng, NT là số đường dây truyền tải, k là chỉ số tải tại các nhánh và j các trạng thái của hệ thống [3].

Mô hình tải cấp độ HLII có thể xác định từ tổng hợp tải ban đầu và xác suất tải gây ra bởi sự không sẵn sàng của máy phát và đường dây truyền tải và ký hiệu như SFEG ở mỗi điểm tải như hình 2c. Mô hình tải hữu ích ngẫu nhiên và có thể tính như công thức (5):

$${}_k x_e = {}_k x_L + \sum_{j=1}^{NS} {}_k x_{osij} \quad (5)$$

Trong đó,

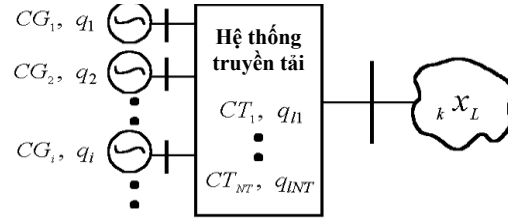
${}_k x_e$ biến ngẫu nhiên tải hữu ích trong hệ thống điện hợp nhất ở điểm tải thứ k

${}_k x_L$ biến ngẫu nhiên của tải ban đầu ở điểm tải thứ k

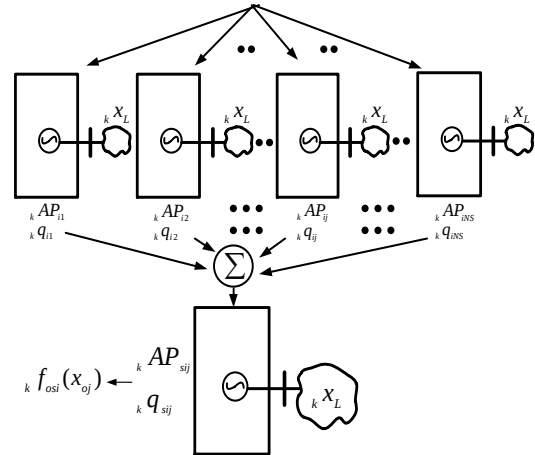
${}_k x_{osij}$ biến ngẫu nhiên của xác suất tải gây ra bởi SFEG ở điểm tải thứ k

J số trạng thái của hệ thống

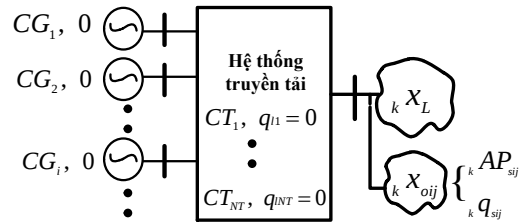
NS tổng số trạng thái của hệ thống



(a) Hệ thống thực tế



(b) Tổng hợp giả thiết tương đương máy phát SFEG (Synthesized Fictitious Equivalent Generator)



(c) Hệ thống tương đương

Hình 2. Hệ thống thực, hệ thống tương đương HLII

Sau tải các máy phát 1^{th} đến i^{th} hàm phân bố xác suất ${}_k \Phi_i$ của CMELDC (Composite power system Equivalent Load Duration Curve) ở điểm tải thứ k có thể biểu diễn tính toán theo công thức (6):

$${}_k \Phi_i(x_e) = {}_k \Phi_o(x_e) \otimes {}_k f_{osi}(x_{osi}) = \int {}_k \Phi_o(x_e - x_{osi}) {}_k f_{osi}(x_{osi}) dx_{osi} \quad (6)$$

Trong đó,

${}_k \Phi_o$ biến đổi LDC ở điểm tải thứ k

$k f_{osi}$ công suất hỏng móc của SFEG hoạt động bởi nhiều máy phát 1^{th} đến i^{th} ở điểm tải.

Đánh giá độ tin cậy của hệ thống truyền tải

Đánh giá độ tin cậy xác suất ngẫu nhiên của hệ thống truyền tải là hiệu số giữa chỉ số độ tin cậy của hệ thống điện cấp độ II với chỉ số độ tin cậy của hệ thống điện cấp độ I được thể hiện công thức sau:

$$LOLE_{TS} = LOLE_{HLII} - LOLE_{HLI} \quad (7)$$

$$EENS_{TS} = EENS_{HLII} - EENS_{HLI} \quad (8)$$

ĐỐI TƯỢNG NGHIÊN CỨU

Thông số đầu vào đánh giá độ tin cậy lưới

Bảng 1. Thông số nguồn của hệ thống điện cao áp ĐBSCL

TT	Nút thanh cái	Số tổ máy	Công suất tổ máy [MW]	FOR
1	2	1	330	0,08
2	8	4	37,5	0,02
3	8	1	33	0,02
4	10	4	253	0,05
5	10	2	265	0,05

Bảng 2. Thông số đường dây hệ thống điện cao áp ĐBSCL

TT	Bu s	B us	Số mạch	Công suất đường dây [MW]	FOR
1	1	2	2	335	0,0035
2	1	6	1	335	0,0035
3	1	7	1	335	0,0035
4	2	5	1	335	0,0035
5	2	8	1	335	0,0035
6	2	10	2	335	0,0035
7	2	13	1	335	0,0035
8	3	4	2	367	0,0035
9	3	5	2	367	0,0035
10	3	9	1	335	0,0035
11	5	9	1	335	0,0035
12	5	7	1	335	0,0035
13	8	9	1	335	0,0035
14	9	10	3	511	0,0035
15	10	11	1	335	0,0035
16	10	12	1	335	0,0035
17	10	13	1	335	0,0035
18	12	13	1	335	0,0035

Nghiên cứu này sẽ áp dụng lý thuyết cho lưới điện có mức điện áp từ 110kV đến 220kV của hệ thống điện Đồng Bằng Sông Cửu Long (ĐBSCL) thuộc cấp quản lý của truyền tải điện Miền Tây. Hằng số không sẵn sàng (FOR) của các phần tử là thông số đầu vào rất quan trọng để tính toán các chỉ số độ tin cậy của hệ thống điện. Nghiên cứu này sử dụng hằng số FOR cho từng nhóm phần tử trên các bài báo khoa học trên tạp chí IEEE [3]-[5] để làm cơ sở tính toán độ tin cậy của hệ thống điện như trình bày tại Bảng 1,2,3,4, 5.

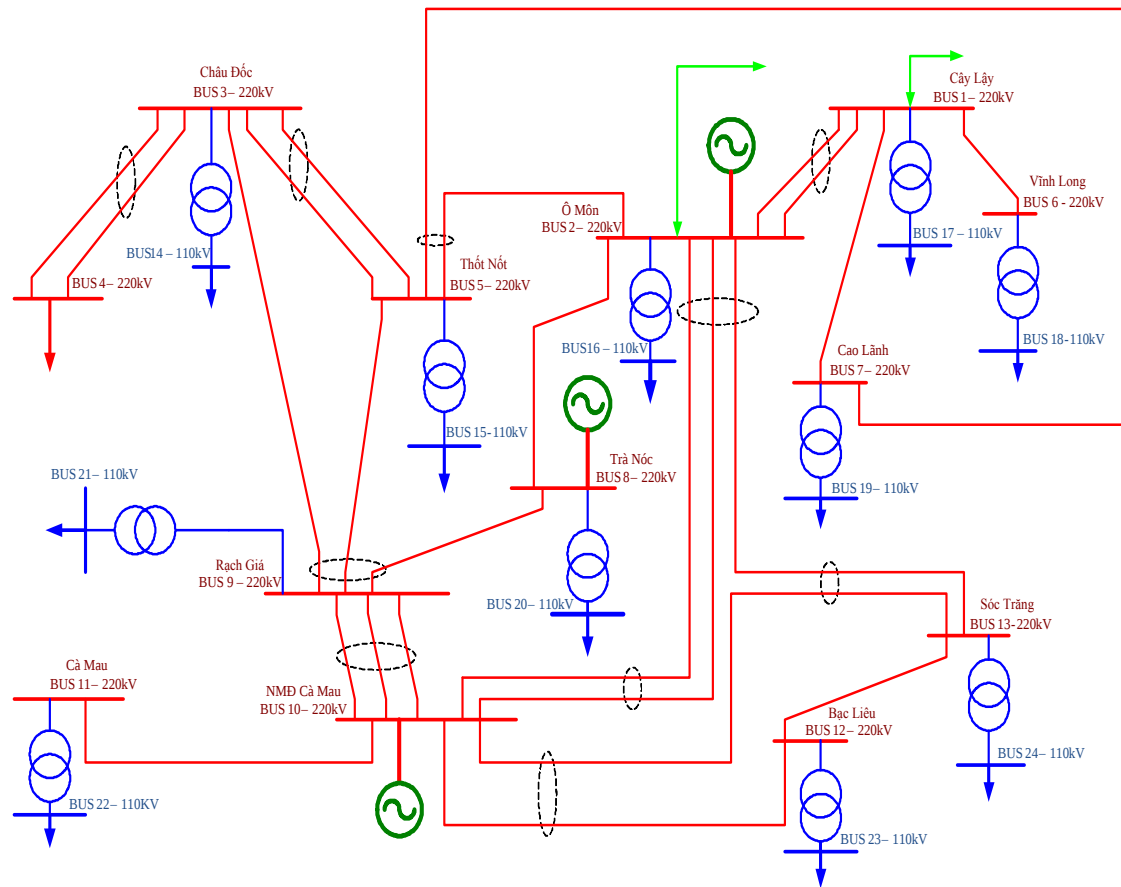
Bảng 3. Thông số phụ tải ngày hệ thống điện cao áp hiện tại

TT	Nút phụ tải	Công suất phụ tải [MW]	TT	Nút phụ tải	Công suất phụ tải [MW]
1	1	330	8	18	75
2	2	135	9	19	60
3	4	120	10	20	130
4	14	75	11	21	180
5	15	45	12	22	75
6	16	90	13	23	45
7	17	120	14	24	60

Bảng 4. Thông số trạm biến áp 220kV/110kV của hệ thống điện cao áp ĐBSCL

TT	Tên trạm biến áp	Công suất [MW]	FOR
1	Bus 1 - 17	2x125	0,0015
2	Bus 2 - 16	2x125	0,0015
3	Bus 5 - 15	2x125	0,0015
4	Bus 3 - 14	2x250	0,0015
5	Bus 6 - 18	2x125	0,0015
6	Bus 7 - 19	1x125	0,0015
7	Bus 8 - 20	2x125	0,0015
8	Bus 9 - 21	1x250+1x125	0,0015
9	Bus 11 - 22	1x250	0,0015
10	Bus 12 - 23	1x125	0,0015

Từ các thông số trên sơ đồ hình 3 sẽ trình bày hệ thống điện cao áp từ cấp điện áp 110kV đến 220kV.



Hình 3. Sơ đồ hệ thống điện cao áp theo cấp quản lý của truyền tải điện Miền Tây

Kết quả đánh giá độ tin cậy

Công cụ sử dụng để đánh giá này là phần mềm TRANREL.FOR. Theo kinh nghiệm đánh giá của các chuyên gia đánh giá độ tin cậy hệ thống điện thì chỉ số EIR phải đạt 0,9999. Kết quả đánh giá chỉ số độ tin của

toàn hệ thống theo bảng 5 và đánh giá được chỉ số độ tin cậy các Bus phụ tải tại bảng 6.

Bảng 5. Chỉ số độ tin cậy của toàn hệ thống

$LOLE_{Sys}$ [Hrs/Day]	$EENS_{Sys}$ [MWh/Day]	ELC_{Sys} [MW/Cur.Day]	EIR_{Sys}
2,02468	2232,32	1147,5	0,99872331

Bảng 6. Chỉ số độ tin cậy các Bus phụ tải

Bus	$LOLE_{Bus}$ [Hrs/Day]	$EENS_{Bus}$ [MWh/Day]	SI_{Bus} [phút/năm]	ELC_{Bus} [MW/Cur.Day]	EIR_{Bus}
1	2,02468	501,109	33.255,37	247,5	0,99939162
2	2,02468	222,715	36.129,31	110	0,99881028
4	2,02468	170,833	31.176,84	84,375	0,99853538
14	2,02468	101,234	29.560,18	50	0,99830599
15	2,02468	75,9256	36.950,34	37,5	0,997489233
16	2,02468	136,666	33.255,37	67,5	0,998418218
17	2,02468	189,814	34.640,98	93,75	0,99875646
18	2,02468	94,9069	27.712,7	46,875	0,99815643
19	2,02468	86,049	31.407,89	42,5	0,997903289
20	2,02468	187,283	34.640,98	92,5	0,997903289
21	2,02468	189,814	23.093,99	150	0,99875646
22	2,02468	96,172	28.082,15	47,5	0,998194962
23	2,02468	70,864	34.487,03	35	0,997266053

Từ chỉ số độ tin cậy tại các nút của hệ thống điện cao áp ĐBSCL theo cấp quản lý của truyền tải điện Miền Tây cho ta thấy tại tất cả các nút này chỉ số EIR là không đạt chuẩn theo các nhà nghiên cứu về độ tin cậy trên thế giới. Cho nên hệ thống cần phải nâng cấp hay mở rộng thêm đường dây truyền tải.

KẾT LUẬN

Nghiên cứu này tập trung đánh giá và phân tích các chỉ số độ tin cậy của hệ thống điện cao áp thuộc quyền quản lý của truyền tải điện Miền Tây - - Vùng Đồng Bằng Sông Cửu Long. Áp dụng phương pháp đánh giá độ tin cậy xác suất ngẫu nhiên có xét đến cường độ cường bức (*FOR*) đã đánh giá được chỉ số độ tin cậy của toàn hệ thống, tại nguồn phát, hệ thống truyền tải và tại các nút của hệ thống điện. Điều này thể hiện kết quả rất khả quan về hệ thống nguồn phát của hệ thống điện là rất tốt không cần phải cải tạo hay phát triển thêm, chỉ có hệ thống truyền tải là cần phải

quy hoạch hay mở rộng thêm để đảm bảo cung cấp đủ điện năng cho khu vực.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Hoàng Việt (2004), *Đánh độ tin cậy trong hệ thống điện*, Nxb Đại Học Quốc Gia TP HCM.
2. R. Billinton and R. N. Allan (1984), *Reliability Evaluation of Power Systems*, Plenum Press.
3. J. S. Choi, S. R. Kang, T. T. Tran, D. H. Jeon, S. P. Moon, J. B. Choo (2004), "Study on Probabilistic Reliability Evaluation considering Transmission System, TRELSS and TranRel" *Korean Institute of Electrical Engineers, International Transactions on Power Engineering*, Vol.4-A, No.1, January 2004.
4. Hamoud G. (1998), "Probabilistic assessment of interconnection assistance between power systems," *IEEE Transactions on PS*, Vol. 13, No. 2, pp. 535-542, May 1998.
5. Yin C. K., Mazumdar M. (1989), "Reliability computations for interconnected generating systems via large deviation approximation," *IEEE Transactions on PS*, Vol. 4, No.1, pp. 1-8, Feb. 1989.