

PHÂN TÍCH ĐỘ TIN CẬY NHÀ MÁY ĐIỆN: TỪ LÝ THUYẾT HÀM PHÂN PHỐI XÁC SUẤT ĐẾN ỨNG DỤNG THỰC TIỄN

Lê Thị Huệ
Trường Đại học Sư phạm kỹ thuật Vinh

Tóm tắt: Bài báo trình bày việc sử dụng các phương pháp xác suất thống kê, đặc biệt là phân phối nhị thức, để đánh giá các chỉ số độ tin cậy chính như xác suất thiếu điện, thiếu hụt công suất và năng lượng hàng năm. Nghiên cứu cung cấp một phương pháp định lượng để ước tính độ tin cậy của hệ thống và tối ưu hóa các chiến lược bảo trì bằng cách mô hình hóa các tình huống vận hành trong thế giới thực. Tác giả cũng nhấn mạnh tầm quan trọng của việc tích hợp phân tích độ tin cậy dựa trên xác suất vào giảng dạy kỹ thuật, trang bị cho sinh viên các kỹ năng phân tích và kiến thức thực tế để giải quyết các thách thức phức tạp trong hoạt động và quản lý hệ thống điện.

Từ khóa: hàm phân phối xác suất, độ tin cậy, nhà máy điện

RELIABILITY ANALYSIS OF POWER PLANTS: FROM PROBABILITY DISTRIBUTION FUNCTION THEORY TO PRACTICAL APPLICATIONS

Le Thi Hue
Vinh University of Technical Education

Abstract: This article presents the use of statistical probability methods, particularly binomial distribution, to evaluate key reliability indicators such as power shortage probability, capacity deficit, and annual energy shortfall. The study provides a quantitative approach to estimating system reliability and optimizing maintenance strategies by modeling real-world operational scenarios. The author also emphasizes the significance of integrating probability-based reliability analysis into engineering teaching, equipping students with analytical skills and practical knowledge to address complex challenges in power system operations and management.

Keywords: probability distribution functions, reliability, power plant.

Nhận bài: 20/01/2025

Phản biện: 22/02/2025

Duyệt đăng: 27/02/2025

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Giảng dạy xác suất thống kê trong ngành điện đóng vai trò quan trọng trong việc xây dựng nền tảng kiến thức cho sinh viên và các kỹ sư tương lai, giúp họ hiểu và áp dụng các phương pháp phân tích khoa học để giải quyết các vấn đề phức tạp và không chắc chắn liên quan đến hệ thống điện. Trong ngành điện, các yếu tố như sự cố thiết bị, biến động tải cũng như ảnh hưởng của điều kiện thời tiết đều mang tính ngẫu nhiên và khó dự đoán. Do đó, việc trang bị cho sinh viên các công cụ và kiến thức về xác suất thống kê là cần thiết để họ có thể mô hình hóa, phân tích và dự đoán các hiện tượng này một cách chính xác và hiệu quả.

Thông qua giảng dạy xác suất thống kê, sinh viên không chỉ học về các khái niệm cơ bản như biến ngẫu nhiên, phân phối xác suất, và các định lý quan trọng mà còn biết cách áp dụng chúng vào các bài toán thực tế trong ngành điện. Chẳng hạn, sinh viên học cách sử dụng các mô hình phân tích độ tin cậy để phân tích xác suất xảy ra sự cố, đánh giá độ tin cậy cung cấp điện. Từ đó, sinh viên hiểu rõ hơn về cách tối ưu hóa và duy trì sự ổn định của hệ thống điện thông qua việc phân tích các rủi ro và đề xuất các biện pháp dự phòng hợp lý.

Giảng dạy xác suất thống kê còn giúp sinh viên

phát triển tư duy phản biện và kỹ năng nghiên cứu, là những yếu tố quan trọng giúp họ tự tin đối mặt với các vấn đề phức tạp trong ngành điện. Việc hiểu và vận dụng xác suất thống kê vào các bài toán thực tiễn giúp sinh viên chuẩn bị tốt hơn cho công việc sau này, đóng góp tích cực vào việc đảm bảo an toàn, hiệu quả và độ tin cậy của hệ thống điện trong thực tế.

Bài viết tập trung vào việc nghiên cứu và áp dụng hàm phân phối nhị thức để đánh giá và phân tích độ tin cậy của nhà máy điện. Tác giả sử dụng các công cụ và phương pháp của xác suất thống kê để mô hình hóa và dự đoán các tình huống có thể xảy ra, từ đó đánh giá các chỉ số độ tin cậy quan trọng.

II. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Giới thiệu về phân phối nhị thức

Thuật ngữ phân phối nhị thức được bắt nguồn từ khai triển nhị thức Newton: $(p + q)^n$. Tuy nhiên, phải có các điều kiện cơ bản thì một biến cố mới tuân theo quy luật PPNT, đó là phải đáp ứng bốn tiêu chí sau [1-5]:

- Số lượng quan sát hoặc thử nghiệm là cố định.
- Mỗi thử nghiệm chỉ có 2 trạng thái: thành công (p) hoặc thất bại (q), hay: $p + q = 1$

3. Tất cả các thử nghiệm là độc lập.

4. Tất cả các thử nghiệm phải có thành công giống hệt nhau.

Như vậy, nếu thay $q=1-p$ ta sẽ có xác suất có đúng k lần thành công trong n lần thử được tính theo công thức:

$$P(X = k) = C_n^k p^k (1-p)^{n-k} \quad (1)$$

Kỳ vọng: $E = np \quad (2)$

2.2. Bài toán tính xác suất thiếu công suất nhà máy điện

Ví dụ 1. Một nhà máy điện có 2 tổ máy phát, tổ máy 1 có công suất 100 MW và xác suất hỏng hóc là $q_1 = 0,01$ MW, tổ máy 2 có công suất 150 MW và xác suất hỏng hóc là $q_2 = 0,02$ MW. Lập bảng

thể hiện khả năng sản xuất của nhà máy điện.

Giải

Nhà máy có thể có 4 trạng thái như sau:

1- Cả 2 máy đều hoạt động.

2- Máy 1 hỏng và máy 2 hoạt động.

3- Máy 2 hỏng và máy 1 hoạt động.

4- Cả 2 máy đều hỏng.

Xét trạng thái 1: sử dụng công thức phân phối nhị thức tính xác suất trạng thái 1 là:

$$p_{11} = p_1 \cdot p_2 = (1 - p_1) \cdot (1 - p_2) = 0,99 \cdot 0,98 = 0,9702$$

Xét trạng thái 2: tổ máy 1 hỏng, xác suất trạng thái 2 là:

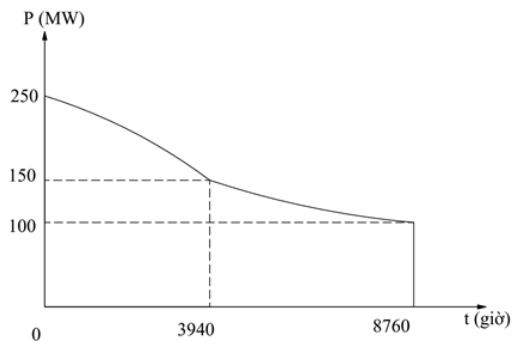
$$p_{12} = q_1 \cdot p_2 = q_1 \cdot (1 - p_2) = 0,01 \cdot 0,98 = 0,0098$$

Tính toán tương tự ta có bảng trạng thái

Bảng 1. Xác suất trạng thái nhà máy điện ví dụ 1.

Trạng thái	Công suất phát, MW	Công suất giảm, MW	Xác suất
1	250	0	0,9702
2	150	100	0,0098
3	100	150	0,0198
4	0	0	0,0002
			1,0000

Ví dụ 2. Với số liệu nguồn như ví dụ 1, biết đồ thị phụ tải thể hiện trên hình 1. Xác định xác suất thiếu hụt công suất của nhà máy.



Hình 1. Đồ thị phụ tải ví dụ 2.

Từ đồ thị phụ tải xác định được thời gian tương ứng của công suất phát ở trạng thái t_i , từ đó xác định được xác suất trạng thái khi công suất nguồn

không đáp ứng được tải ($P_F < P_t$): $p_i(P_F < P_t) = \frac{t_i}{T} \quad (3)$

$T=8760$ h là số giờ làm việc trong 1 năm ($24 \cdot 365 = 8760$)

Xác suất thiếu hụt công suất tính theo:

$$p_{thi} = p_i(P_F < P_t) \cdot p_{Fi} \quad (4)$$

Kết quả tính toán trình bày trong bảng 2.

Bảng 2. Xác suất trạng thái nhà máy điện ví dụ 2

Trạng thái	PF, MW	p_{Fi}	$t_i(h)$	$p_i(P_F < P_t)$	$p_{thi} = p_{Fi} \cdot p_i(P_F < P_t)$
1	250	0,9702	0	0	0
2	150	0,0098	3940	0,45	0,00441
3	100	0,0198	8760	1	0,0198
4	0	0,0002	8760	1	0,0002
					0,02441

Vậy xác suất thiếu hụt công suất của nhà máy điện là: 0,02441.

Ví dụ 3. Một nhà máy điện có 3 tổ máy phát, công suất và xác suất hỏng hóc cho trong bảng 3, biểu đồ phụ tải cho trong bảng 4. Xác định các chỉ

tiêu độ tin cậy nhà máy:

- Xác suất thiếu hụt công suất nguồn,
- Công suất thiếu hụt,
- Điện năng thiếu hụt trong năm.

Bảng 3. Dữ liệu về các tổ máy phát điện

Tổ máy	PF, MW	q
1	100	0,01
2	150	0,025
3	200	0,02

Bảng 4. Biểu đồ phụ tải nhà máy điện.

Pt, MW	450	350	300	250	200	≤ 150
t, h	0	2190	4380	6132	7008	8760

Giải:

Số lượng trạng thái: 23=8

Nhà máy có thể có 8 trạng thái như sau:

- 1- Cả 2 máy đều hoạt động.
- 2- Máy 1 hỏng và máy 2 hoạt động.
- 3- Máy 2 hỏng và máy 1 hoạt động.
- 4- Cả 2 máy đều hỏng.

Xét trạng thái 1: 3 tổ máy đều làm việc tốt.

$$p_{F1} = p_1.p_2.p_3 = (1 - q_1).(1 - q_2).(1 - q_3) = 0,945945$$

Xác suất phụ tải đạt 450 MW là 0 giờ, vậy xác suất công suất phát điện nhỏ hơn phụ tải:

$$p_i(450 < P_i) = \frac{t_i}{T} = \frac{0}{8760} = 0$$

Xét trạng thái 2: tổ máy 1 hỏng, 2 tổ máy kia làm việc tốt, tổng công suất phát điện là 350 MW, sụt giảm 100 MW.

$$p_{F2} = q_1.p_2.p_3 = q_1.(1 - q_2).(1 - q_3) = 0,009555$$

Xác suất phụ tải đạt 350 MW là 2190 giờ, vậy xác suất công suất phát điện nhỏ hơn phụ tải:

$$p_2(350 < P_i) = \frac{t_i}{T} = \frac{2190}{8760} = 0,25$$

Xác suất thiếu hụt công suất ở trạng thái 2:

$$p_{th2} = p_i(350 < P_i).p_{F2} = 0,25.0,009555 = 0,0023888$$

Công suất thiếu hụt:

$$P_{th2} = p_{th2}.P_{G2} = 0,0023888.100 = 0,23888 \text{ (MW)}$$

Trong đó: 1- Tổ máy ở trạng thái tốt, 0- Tổ máy bị sự cố.

Xác suất thiếu hụt công suất: $p_{th} = 0,0289208$.

Năng lượng thiếu hụt:

$$A_{th} = P_{th}.T = 5,0437.8760 = 44182.812 \text{ (MWh)}$$

Như vậy, việc ứng dụng phân phối nhị thức giúp phân tích các chỉ tiêu về độ tin cậy của nhà máy điện như xác suất thiếu hụt công suất nguồn, công suất thiếu hụt, điện năng thiếu hụt trong năm. Đó là cơ sở để các nhà quản lý, vận hành có những biện pháp phù hợp để cải thiện độ tin cậy như nâng cao chất lượng bảo trì, sửa chữa để giảm nguy cơ xảy ra sự cố, nâng cấp thiết bị, ứng dụng các hệ thống giám sát để dự báo rủi ro, kết nối lưới để tối ưu hóa chế độ vận hành.

3. KẾT LUẬN

Xác suất thống kê đóng vai trò quan trọng trong việc phân tích độ tin cậy của nhà máy điện, cung cấp các công cụ mạnh mẽ để mô hình hóa và dự đoán các tình huống có thể xảy ra trong hệ thống điện. Thông qua việc áp dụng các hàm phân phối

xác suất, đặc biệt là phân phối nhị thức, chúng ta có thể đánh giá các chỉ số độ tin cậy quan trọng như xác suất thiếu hụt công suất, công suất thiếu hụt, và điện năng thiếu hụt. Những kết quả này không chỉ giúp các nhà quản lý và vận hành hiểu rõ hơn về rủi ro mà còn hỗ trợ trong việc lập kế hoạch bảo trì, giảm thiểu sự cố, và nâng cao hiệu suất vận hành của nhà máy điện. Việc ứng dụng lý

thuyết xác suất vào thực tiễn không chỉ giúp sinh viên và kỹ sư tương lai nắm vững kiến thức cơ bản mà còn phát triển kỹ năng phân tích và giải quyết vấn đề trong các tình huống phức tạp. Góp phần đảm bảo sự ổn định và độ tin cậy của hệ thống điện, từ đó nâng cao hiệu quả và an toàn trong sản xuất và cung cấp điện.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Trần Quang Khánh (2020). Vận hành hệ thống điện. NXB Khoa học & kỹ thuật.
- [2] Trần Bách (2016). Lưới điện và hệ thống điện tập 2. NXB Khoa học & kỹ thuật.
- [3] Jay L. Devore (2015). Probability and Statistics for Engineering and the Sciences. NXB Cengage Learning, ISBN: 978-1-305-25180-9.
- [4] Breneman, J. E., Sahay, C., & Lewis, E. E. (2022). Introduction to reliability engineering. John Wiley & Sons.
- [5] Roy Billinton and Ronald N. Allan (2013). Reliability Evaluation of Engineering Systems- Concepts and Techniques. NXB Springer, ISBN: 978-1-4899-0687-8
- [6] Misra, K. B. (Ed.). (2012). New trends in system reliability evaluation. Elsevier. ISBN: 0-44481660-7