

**PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN VÀ ĐÁNH GIÁ ĐỘ TIN CẬY  
TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN**  
METHOD FOR CALCULATION AND EVALUATION OF REALIABILITY IN  
ELECTRIC POWER SYSTEMS

**ThS. Lê Hồng Thái**

Khoa Điện - Trường Đại học Kỹ thuật Công nghiệp Thái Nguyên

**TÓM TẮT**

Bài báo giới thiệu một phương pháp tính toán và đánh giá độ tin cậy trong hệ thống điện ứng dụng lý thuyết xác suất và lý thuyết độ tin cậy.

**ABSTRACT**

This article presents a method for calculation and evaluation of reliability in electric power systems by using the theory of probability and the theory of reliability.

**1. Một số khái niệm cơ bản.**

Hệ thống là tập hợp các phần tử tương tác trong một cấu trúc nhất định nhằm thực hiện một nhiệm vụ xác định, có sự điều khiển thống nhất trong hoạt động cũng như tiến tới sự phát triển.

Đối với hệ thống điện, các phần tử là máy phát điện, máy biến áp, đường dây tải điện ... Nhiệm vụ của hệ thống điện là sản xuất, truyền tải và phân phối điện năng đến các hộ tiêu thụ. Điện năng phải đảm bảo các tiêu chuẩn chất lượng nhất định và độ tin cậy hợp lý. Hệ thống điện phải được phát triển tối ưu và vận hành với hiệu quả kinh tế cao nhất.

*Hệ thống điện là hệ thống phục hồi*, các phần tử của hệ thống điện sau khi bị hỏng sẽ được phục hồi rồi đưa trở lại làm việc, do đó các trạng thái hỏng hóc của hệ thống cũng được phục hồi sau thời gian nhất định.

*Phần tử* là những bộ phận tạo thành hệ thống mà trong một quá trình nhất định, được xem như một tổng thể duy nhất không chia cắt được, đặc trưng bởi các thông số độ tin cậy chung, chỉ phụ thuộc các yếu tố bên ngoài như môi trường chứ không phụ thuộc vào cấu trúc bên trong của phần tử.

Đa số các phần tử của hệ thống điện là phần tử phục hồi.

Độ tin cậy là xác suất để hệ thống (hoặc phần tử) hoàn thành triệt để nhiệm vụ yêu cầu trong khoảng thời gian nhất định và trong điều kiện vận hành nhất định.

Mức đo độ tin cậy là xác suất hoàn thành nhiệm vụ trong khoảng thời gian xác định. Xác suất này được gọi là độ tin cậy của hệ thống (hay phần tử).

Xác suất là đại lượng thống kê, do đó độ tin cậy là khái niệm có tính thống kê từ kinh nghiệm làm việc trong quá khứ của hệ thống (hay phần tử). Đây là đối với hệ thống (hay phần tử) không phục hồi.

Đối với hệ thống (hay phần tử) phục hồi như hệ thống điện và các phần tử của nó, khái niệm khoảng thời gian xác định không có ý nghĩa bắt buộc, vì hệ thống làm việc liên tục. Do đó độ tin cậy được đo bởi một đại lượng thích hợp hơn, đó là độ sẵn sàng:

Độ sẵn sàng là xác suất để hệ thống (hay phần tử) hoàn thành hoặc sẵn sàng hoàn thành nhiệm vụ trong thời điểm bất kỳ.

Đối với hệ thống điện, độ sẵn sàng (cũng được gọi chung là độ tin cậy) hoặc độ không sẵn sàng chưa đủ để đánh giá độ tin cậy trong các bài toán cụ thể, do đó phải sử dụng thêm nhiều chỉ tiêu khác cũng có tính xác suất như dưới đây.

Các chỉ tiêu đánh giá độ tin cậy của hệ thống bao gồm:

- Xác suất thiếu điện cho phụ tải, đó là xác suất công suất phụ tải lớn hơn công suất nguồn điện.
- Xác suất thiếu điện trong thời gian phụ tải cực đại.
- Điện năng thiếu (hay điện năng mất) cho phụ tải, đó là kỳ vọng điện năng phụ tải bị cắt do hỏng hóc hệ thống trong một năm.
- Thiệt hại kinh tế tính bằng tiền do mất điện.
- Thời gian mất điện trung bình cho một phụ tải trong một năm.
- Số lần mất điện trung bình cho một phụ tải trong một năm.

## 2. Phương pháp xác định độ tin cậy theo xác suất thiếu công suất LOLP (Loss Of Load Probability).

Xác suất thiếu công suất hệ thống nguồn điện LOLP là chỉ tiêu quan trọng để đánh giá độ tin cậy của hệ thống nguồn điện. Đó là xác suất để công suất phát nhỏ hơn yêu cầu của phụ tải (không cần biết là nhỏ hơn bao nhiêu).

Để tính LOLP, phụ tải được thể hiện bằng đồ thị phụ tải đỉnh kéo dài lập trên cơ sở phụ tải đỉnh ngày đêm. Trên hình 1.2 là đồ thị phụ tải đỉnh kéo dài, trên trục tung là giá trị phụ tải đỉnh, còn trên trục hoành là % thời gian trong đó phụ tải đỉnh lớn hơn giá trị phụ tải tương ứng (có thể dùng thời gian thực).

### 2.1 Tính LOLP theo xác suất trạng thái nguồn $P(N_F = N_{Fi})$ và xác suất phụ tải lớn hơn công suất nguồn $P(L > N_{Fi})$ .

Cho mỗi trạng thái của nguồn điện có công suất phát  $N_{Fi}$ , trên đồ thị phụ tải đỉnh kéo dài ta xác định phụ tải bằng  $N_{Fi}$ , thời gian  $t_i$  tính từ gốc tọa độ đến phụ tải bằng  $N_{Fi}$ , chính là thời gian trong đó phụ tải đỉnh lớn hơn công suất nguồn  $N_{Fi}$ . Từ  $t_i$  ta tính được xác suất phụ tải  $L > N_{Fi}$ , ký hiệu là  $P(L > N_{Fi})$ :

$$P(L > N_{Fi}) = \frac{t_i}{T} \quad (1.1a)$$

$T$  là thời gian lập đồ thị phụ tải kéo dài, thường là một năm (365 ngày). Thời gian có thể tính theo %,  $100\% = 365$  ngày (nếu chỉ tính ngày làm việc thì năm có 260 ngày (2 ngày nghỉ/ tuần)), với  $t_i$  đo bằng % ta có công thức:

$$P(L > N_{Fi}) = \frac{t_i}{100} \quad (1.1b)$$

Với mỗi trạng thái công suất  $N_{Fi}$  đều có nguy cơ thiếu cho phụ tải với xác suất thiếu công suất  $LOLP_i$  bằng tích của xác suất trạng thái công suất  $N_{Fi}$  và xác suất phụ tải lớn hơn công suất này:

$$LOLP_i = P(N_F = N_{Fi}) \cdot P(L > N_{Fi}) \quad (1.2a)$$

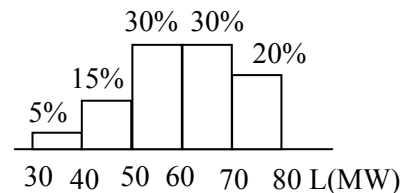
$P(N_F = N_{Fi})$  đã tính trong phần mô hình hệ thống nguồn điện.

Tổng  $LOLP_i$  của tất cả các trạng thái công suất nguồn  $N_{Fi}$  là xác suất phụ tải mất điện hay xác suất thiếu công suất LOLP của toàn hệ thống:

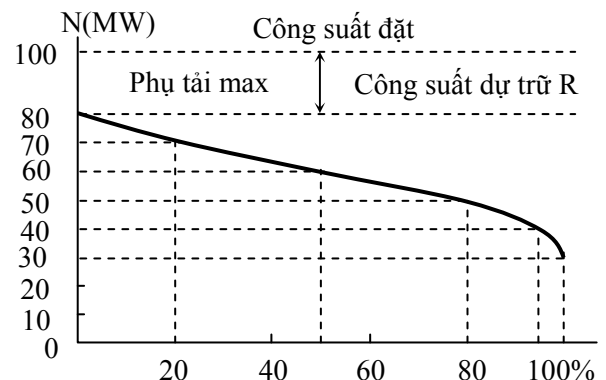
$$LOLP = \sum LOLP_i = \sum P(N_F = N_{Fi}) \cdot P(L > N_{Fi}) \quad (1.2b)$$

Độ tin cậy của hệ thống điện là:

$$P = 1 - LOLP \quad (1.3)$$



Hình 1.2A



Hình 1.2B

**2.2. Tính LOLP theo xác suất trạng thái phụ tải  $P(L_i)$  và xác suất công suất nguồn nhỏ hơn công suất phụ tải  $P(N_F < L_i)$ :**

$$LOLP_i = P(L_i).P(N_F < L_i) \quad (2.1a)$$

$$LOLP = \sum LOLP_i = \sum P(L_i).P(N_F < L_i) \quad (2.1b)$$

Để tính  $P(L_i)$  người ta chia công suất phụ tải thành các miền đều nhau, lấy giá trị điểm giữa mỗi miền  $i$  làm  $L_i$ , khoảng thời gian tương ứng của mỗi miền trên đồ thị kéo dài là  $t'_i$  thì:

$$P(L_i) = \frac{t'_i}{T} \text{ hay } P(L_i) = \frac{t'_i\%}{100} \quad (2.2)$$

Nếu thời gian tính theo ngày và có tất cả  $N$  ngày xét thì xác suất xảy ra phụ tải đỉnh ngày là như nhau và bằng:

$$P(L_i) = \frac{1}{N} \quad (2.3)$$

Khi đó công thức (2.1b) trở thành:  
LOLP =

$$= \sum P(L_i).P(N_F < L_i) - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P(N_F < L_i) \quad (2.4)$$

$L_i$ : là phụ tải đỉnh ngày.

**Ví dụ:** Có bốn tổ máy, trong đó ba tổ máy 1, 2, 3 giống nhau có  $N = 20$  MW, tổ máy 4 có  $N_4 = 40$  MW, công suất đặt là 100 MW. Cả bốn tổ máy đều có hệ số sẵn sàng (xác suất tốt  $p$ ) là  $A = 0,96$ , hệ số không sẵn sàng (xác suất xấu  $q$ ) là  $\bar{A} = 0,04$ .

Phụ tải có đồ thị như trên hình 1.2. Trên hình 1.2a là tổ chức đồ của phụ tải, trong đó công suất từ 30 đến 40 MW kéo dài 5% thời gian, công suất từ 40 đến 50 MW kéo dài 15% thời gian, công suất từ 50 đến 60 MW kéo dài 30%, từ 60 đến 70 MW kéo dài 30%, từ 70 đến 80 MW kéo dài 20%. Trên hình 1.2b là đồ thị kéo dài tương ứng.

- Tính theo (1.2).

Dùng đồ thị kéo dài trên hình 1.2b, ứng với mỗi giá trị công suất nguồn  $N_{Fi}$ , tìm trên đồ thị kéo dài  $t_i$  tương ứng, kết quả ghi trong bảng 1.2.

i	$N_{Fi}$ (MW)	$P(N_F = N_{Fi})$	$t_i\% =$ $P(L > N_{Fi})$	$LOLP_i = t_i\%$ $P(N_F = N_{Fi})$
1	100	0,849347	0	0
2	80	0,106168	0	0
3	60	0,039813	0,50	0,019907
4	40	0,004485	0,95	0,004261
5	20	0,000184	1,00	0,000184
6	0	0,000003	1,00	0,000003

**Chú ý:** Người viết bài này có chương trình phần mềm máy tính tính xác suất riêng để có kết quả trong bảng 1.2.

Ví dụ khi công suất nguồn là 60 MW, trên đồ thị ứng với công suất này là  $t = 50\%$ , có nghĩa là trong 50% thời gian có phụ tải đỉnh lớn hơn công suất phát.

Áp dụng (1.1), (1.2b) ta có hai trạng thái 1 và 2 không gây thiếu công suất, chỉ từ  $j = 3$  trở lên mới thiếu công suất. Kết quả tính  $LOLP_i$  trong bảng 1.2 cột thứ 5, lấy tổng các hàng của cột này ta được LOLP của hệ thống là 0,024355.

í nghĩa của số này là trong 1000 ngày vận hành có thể xảy ra 24,355 ngày thiếu công suất. Do đó LOLP còn được gọi là thời gian thiếu điện tương đối, ở đây chỉ nói thiếu công suất cho phụ tải chứ không định lượng cụ thể.

Một năm có 365 ngày vận hành có thể xảy ra  $365 \cdot 0,024355 = 8,89$  ngày thiếu công suất, chỉ tiêu này còn được gọi là LOLE (loss of load expectation) chỉ số ngày thiếu công suất có thể xảy ra trong một năm.

$$LOLE = 365 \cdot LOLP \quad (2.5a)$$

Nghịch đảo của LOLE là số năm tương ứng với một lần xảy ra thiếu công suất:

$$\rho = \frac{1}{LOLE} = \frac{1}{8,9 \text{ ngày/năm}} = 0,11 \text{ năm/ngày} \quad (2.5b)$$

$\rho$  cũng là một chỉ tiêu độ tin cậy của hệ thống điện.

Độ tin cậy của hệ thống là:

$$P = 1 - \text{LOLP} = 1 - 0,024355 = 0,9755245$$

### 3. Kết luận chung.

Độ tin cậy là một chỉ tiêu quan trọng hàng đầu của hệ thống điện, cùng với các chỉ tiêu khác tạo thành các chỉ tiêu đánh giá chất lượng điện năng và cung cấp điện. Do đó việc nghiên cứu độ tin cậy của hệ thống điện là điều rất cần thiết đối với hệ thống điện. Hiện nay trên thế giới yêu cầu về độ tin cậy rất cao (LOLE = 0,1 ngày /năm). Tuy nhiên

ở Việt nam, do ảnh hưởng của nhiều yếu tố nên người ta quy định về độ tin cậy thấp hơn (LOLE = 3,65 ngày/năm).

Nghiên cứu về độ tin cậy của hệ thống nguồn điện cho phép sắp xếp được lịch bảo dưỡng các tổ máy trong toàn hệ thống điện hợp lý hơn; có kế hoạch phát triển nguồn điện để nâng cao mức dự trữ về công suất; hoàn thiện cấu trúc lưới điện; tổ chức tốt hệ thống quản lý, vận hành ....., nhằm nâng cao độ tin cậy của hệ thống điện.

### Tài liệu tham khảo

- [1] Trần Bách, Tối ưu hoá chế độ của hệ thống điện, 1999.
- [2] Trần Bách, Lưới và hệ thống điện I-II. Nhà xuất bản KHKT 1999.
- [3] J.Endrenyi, Reliability modelling for electric power systems. New york 1979