

Tổng quan các phương pháp mô hình toán để đánh giá độ tin cậy trong hệ thống điện

Huỳnh Tiến Đạt^{1,*}, Nguyễn Ngọc Phúc Diễm¹, Lê Quang Bình²



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

TÓM TẮT

Ngày nay, với sự phát triển mạnh mẽ của nền kinh tế, vấn đề độ tin cậy trong hệ thống điện ngày càng được quan tâm. Độ tin cậy hệ thống điện được cao mang đến sự an tâm trong đầu tư sản xuất, sự ổn định trong an ninh quốc phòng, sự hài lòng của người dân,... Vì vậy việc tìm hiểu, nghiên cứu bản chất bài toán độ tin cậy hệ thống điện để từ đó phán đoán chính xác tình huống, đưa ra phương án vận hành, xử lý thích hợp, hoạch định đúng đắn cho tương lai, thực hiện mục tiêu cuối cùng là ngày càng nâng cao độ tin cậy của hệ thống điện, đáp ứng nhu cầu phát triển của quốc gia rất quan trọng. Tuy nhiên, các bài toán độ tin cậy ở nước ta vẫn chưa áp dụng công cụ, phương pháp đánh giá một cách đầy đủ và khách quan, chỉ mới khai thác mặt nổi của vấn đề. Qua quá trình nghiên cứu, nhóm tác giả đưa ra bài báo này để cung cấp các khái niệm cơ bản, cách phân loại, thông số cơ bản của bài toán độ tin cậy. Đồng thời, bài báo còn tổng hợp chi tiết các phương pháp tính toán và đánh giá độ tin cậy hệ thống điện dựa trên mô hình toán học phổ biến hiện nay (phương pháp đồ thị giải tích, phương pháp không gian trạng thái, phương pháp cây hồng học, phương pháp Monte – Carlo) có kèm các ví dụ của từng phương pháp, từ đó so sánh và chỉ ra ứng dụng của các phương pháp đó trong các bài toán hệ thống điện cụ thể.

Từ khoá: Độ tin cậy hệ thống điện, thông số độ tin cậy, phân loại bài toán độ tin cậy, phương pháp Đồ thị giải tích, phương pháp Không gian trạng thái, phương pháp Cây hồng học, phương pháp Monte – Carlo

¹Khoa Điện – Điện tử, Trường ĐH Bách Khoa Thành phố Hồ Chí Minh, TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam

²Phó ban Kỹ Thuật, Tổng công ty Điện lực Thành phố Hồ Chí Minh, TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam

Liên hệ

Huỳnh Tiến Đạt, Khoa Điện – Điện tử, Trường ĐH Bách Khoa Thành phố Hồ Chí Minh, TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam

Email: 1510673@hcmu.edu.vn

Lịch sử

- Ngày nhận: 31-3-2019
- Ngày chấp nhận: 30-8-2019
- Ngày đăng: 31-12-2019

DOI: 10.32508/stdjet.v2iS12.495



Bản quyền

© ĐHQG Tp.HCM. Đây là bài báo công bố mở được phát hành theo các điều khoản của the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



ĐẶT VẤN ĐỀ

Như đã đề cập, hiện nay, việc nghiên cứu bài toán độ tin cậy hệ thống điện đang rất cần thiết nhưng vẫn chưa nhận được sự quan tâm đúng mực. Ở nước ta, việc đánh giá độ tin cậy hệ thống điện chủ yếu qua các chỉ tiêu SAIFI, SAIDI, MAIFI thống kê được hàng năm. Vậy có khi nào ta tự hỏi các số liệu thống kê hay phương pháp tính toán có thực sự chính xác? Sau khi thực hiện nghiên cứu, nhóm tác giả đã tổng hợp được các phương pháp mô hình toán dùng để đánh giá độ tin cậy trong hệ thống điện một cách khách quan và khoa học. Các phương pháp này đã và đang được ứng dụng rộng rãi, hiệu quả cho các bài toán độ tin cậy trên thế giới. Nhờ vào các phương pháp, ta có một cơ sở lập luận chặt chẽ để giải quyết đầy đủ và đúng đắn các vấn đề về độ tin cậy trong hệ thống điện.

KHÁI NIỆM ĐỘ TIN CẬY HỆ THỐNG ĐIỆN

Định nghĩa có tính chất kinh điển về độ tin cậy: Độ tin cậy là xác suất để hệ thống hoàn thành triệt để nhiệm vụ yêu cầu trong khoảng thời gian nhất định và trong điều kiện vận hành xác định¹.

Đối với hệ thống phục hồi như hệ thống điện, khái niệm khoảng thời gian nhất định không có ý nghĩa

bắt buộc. Do đó độ tin cậy được đo bởi một đại lượng xác suất thích hợp hơn, gọi là độ sẵn sàng¹:

Độ sẵn sàng là xác suất để hệ thống hoàn thành hoặc sẵn sàng hoàn thành nhiệm vụ ở thời điểm bất kì.

Với hệ thống điện, ngoài độ sẵn sàng là cơ bản, để đánh giá toàn diện một bài toán cụ thể, ta cần sử dụng thêm các chỉ tiêu bổ sung khác như¹:

- Xác suất thiếu điện cho phụ tải, đó là xác suất công suất phụ tải lớn hơn công suất nguồn điện
- Điện năng mất mát do mất tải
- Thiệt hại kinh tế do mất điện
- Tần suất mất điện trung bình một phụ tải trong năm
- Thời gian mất điện trung bình phụ tải một năm,...

Tùy bài toán cụ thể mà ta đánh giá qua các tổ hợp chỉ tiêu khác nhau.

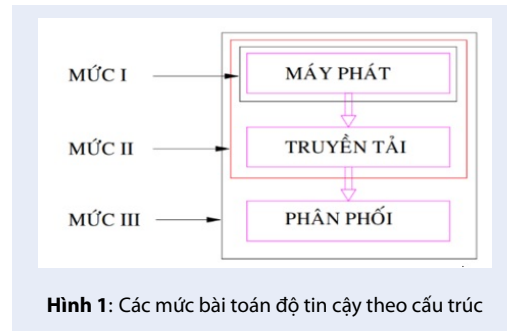
PHÂN LOẠI BÀI TOÁN ĐỘ TIN CẬY

Phân loại theo cấu trúc

Hệ thống điện hiện đại rất phức tạp và được tích hợp nhiều phần tử. Vì vậy, ta cần chia và đánh giá riêng biệt từng mức theo chức năng của chúng. Khi đó sẽ

Trích dẫn bài báo này: Đạt H T, Diễm N N P, Bình L Q. **Tổng quan các phương pháp mô hình toán để đánh giá độ tin cậy trong hệ thống điện**. *Sci. Tech. Dev. J. - Eng. Tech.*; 2(S12):S114-S1126.

có 3 mức đánh giá độ tin cậy hệ thống điện dựa vào cấu trúc được thể hiện như Hình 1.²



Hình 1: Các mức bài toán độ tin cậy theo cấu trúc

- Mức 1: Độ tin cậy hệ thống nguồn điện

- Khảo sát độ tin cậy dựa trên mối quan hệ giữa công suất phát và công suất phụ tải³.
 - Giải quyết vấn đề dự trữ công suất đặt trong quy hoạch nguồn, lập kế hoạch vận hành, bảo dưỡng các tổ máy điện, xác định công suất dự trữ nóng, dự trữ lạnh.

- Mức 2: Độ tin cậy của hệ thống phức tạp bao gồm nguồn điện và lưới truyền tải

- Khảo sát độ tin cậy dựa trên mối quan hệ giữa công suất phát và công suất phụ tải có xét đến ảnh hưởng của lưới truyền tải³.
 - Quyết định mức độ đầu tư mở rộng hệ thống nguồn và mạng lưới truyền tải trong tương lai, lập kế hoạch vận hành, bảo dưỡng, bổ sung các thiết bị trên lưới.

- Mức 3: Độ tin cậy của hệ thống lưới phân phối

- Kết quả phân tích độ tin cậy các nút phụ tải khu vực (ở mức 2) sẽ trở thành những thông số đầu vào để phân tích độ tin cậy hệ thống lưới phân phối. Tuy nhiên, đến đây thì hệ thống điện đã rất phức tạp nên trong các bài toán độ tin cậy ở mức này, ta thường giả thiết nguồn cung cấp cho lưới phân phối có độ tin cậy là tuyệt đối, ta chỉ cần quan tâm độ tin cậy của phần lưới³.
 - Giải quyết các bài toán về thiết kế, bảo dưỡng, vận hành mạng điện như thế nào để độ tin cậy cung cấp điện là cao nhất nhưng vẫn đảm bảo tính hợp lý về kinh tế.

Phân loại theo hướng tính toán

Ngoài phân loại theo mức, bài toán độ tin cậy còn có 2 hướng, một là hướng tính toán dựa theo mô hình toán để đánh giá khách quan hoặc sử dụng cho các bài toán dự báo⁴. Hai là hướng tính toán theo số liệu thống kê để đánh giá cục bộ từng chu kỳ hoạt động⁵.

Ví dụ như bài toán tính SAIFI, SAIDI, CAIFI ở mức 3, phần mềm ETAP sẽ tính các chỉ số này theo mô hình toán, các giá trị này dùng để đánh giá khách quan tình hình của hệ thống đang xét hoặc dùng cho bài toán dự báo mô hình. Còn cũng các chỉ tiêu này trong thông tư 39/2015/TT/BCT/Lưới phân phối, chúng được tính theo số liệu thống kê từng chu kỳ, có ý nghĩa trong việc đánh giá quá trình vận hành hệ thống trong chu kỳ đó:

- SAIFI tính theo hướng mô hình toán⁴ bằng (Tổng số khách hàng bị mất điện vĩnh cửu)/(Tổng số khách hàng của hệ thống) hay:

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_i \cdot N_i}{\sum N_i} \quad (1)$$

λ_i : cường độ hỏng hóc trung bình tại điểm tải thứ i
 N_i : số khách hàng tại điểm tải thứ i

- SAIFI theo hướng dựa vào số liệu thống kê⁵ bằng (Tổng số khách hàng bị mất điện vĩnh cửu)/(Tổng số khách hàng của hệ thống) hay:

$$SAIFI = \frac{\sum N_k}{\sum N_i} \quad (2)$$

N_k : số khách hàng bị ngừng cấp điện của hệ thống trong sự kiện mất điện vĩnh cửu k (số liệu thống kê)
 N_i : số khách hàng tại điểm tải thứ i

Việc đánh giá độ tin cậy hệ thống điện ở nước ta hiện nay có một số chỉ tiêu như $K_{kccđ}$ (TT 25/2016/TT/BCT/Lưới truyền tải) và SAIFI, CAIFI, MAIFI (TT 39/2015/TT/BCT/Lưới phân phối). Các chỉ tiêu này đều được tính qua số liệu thống kê^{6,7}.

THÔNG SỐ ĐỘ TIN CẬY

Độ tin cậy của các phần tử là yếu tố quyết định độ tin cậy hệ thống. Vì vậy, để giải quyết bài toán độ tin cậy, việc đầu tiên ta cần làm là đi tìm thông số các phần tử. Các thông số đặc trưng cho độ tin cậy các phần tử là²:

- Cường độ hỏng hóc: λ

- Thời gian làm việc trung bình:

$$MTTF = m = \frac{1}{\lambda} \quad (3)$$

- Cường độ sửa chữa: μ

- Thời gian sửa chữa trung bình:

$$MTTR = r = \frac{1}{\mu} \quad (4)$$

- Thời gian một chu kỳ hỏng hóc:

$$T_{ck} = m + r \quad (5)$$

- Hệ số sẵn sàng (xác lập):

$$A = \frac{\mu}{\mu + \lambda} = \frac{m}{m + r} \quad (6)$$

- Hệ số không sẵn sàng (xác lập):

$$\bar{A} = \frac{\lambda}{\mu + \lambda} = \frac{r}{m + r} \quad (7)$$

Người ta xác định các thông số này qua số liệu thống kê trong quá khứ².

Ví dụ: Ở một lưới phân phối có N= 7500 máy biến áp phân phối. Trong chu kỳ thời gian khảo sát là T = 10 năm có N_s = 140 máy bị hư hỏng. Tổng thời gian cần để sửa chữa và thay thế của 140 máy biến áp hỏng hóc này là T_s = 7360 giờ².

- Từ các dữ liệu trên ta có thể xác định các thông số độ tin cậy của phần tử máy biến áp phân phối như sau:

$$\lambda = \frac{N_s}{T.N} = \frac{140}{10.7500} = 0,0019 \text{ (f/yr)}$$

$$m = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{0,0019} = 530 \text{ (yr)}$$

$$r = \frac{T_s}{N_s} = \frac{7360}{140} = 52,6 \text{ (h)} = 0,006 \text{ (yr)}$$

$$\mu = \frac{1}{r} = \frac{1}{0,006} = 167 \text{ (r/yr)}$$

$$A = p = \frac{m}{m + r} = \frac{530}{530 + 0,006} = 0,999989$$

$$\bar{A} = q = \frac{r}{m + r} = \frac{0,006}{530 + 0,006} = 0,000011$$

Tính toán tương tự cho các phần tử khác.

PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN ĐỘ TIN CẬY

Sau khi có đầy đủ các thông số, ta tiến hành phân tích, đánh giá độ tin cậy hệ thống.

Như đã nêu ở phần 2, để đo độ tin cậy của hệ thống, ta dùng độ sẵn sàng, mà độ sẵn sàng chính là xác suất hoạt động tốt của hệ thống ở thời điểm bất kì. Vì vậy tính toán độ tin cậy về cơ bản chính là tính xác suất hoạt động tốt (A) của hệ thống. Từ đó, ta có thể mở rộng ra tính toán các chỉ tiêu bổ sung cho các mục đích cụ thể.

Để tính xác suất, ta có thể ứng dụng các lý thuyết xác suất cơ bản. Tuy nhiên với hệ thống điện phức tạp, đôi khi ta gặp nhiều khó khăn. Vì vậy người ta đã đưa ra một số phương pháp hỗ trợ việc tính toán độ tin cậy:

Phương pháp đồ thị giải tích

Phương pháp này xây dựng mối quan hệ trực tiếp giữa độ tin cậy của hệ thống với độ tin cậy của các phần tử thông qua việc lập sơ đồ độ tin cậy¹.

Sơ đồ độ tin cậy bao gồm¹:

- Các nút, trong đó có nút phát (nguồn), nút tải và các nút trung gian (chỗ nối tiếp của ít nhất ba nhánh).

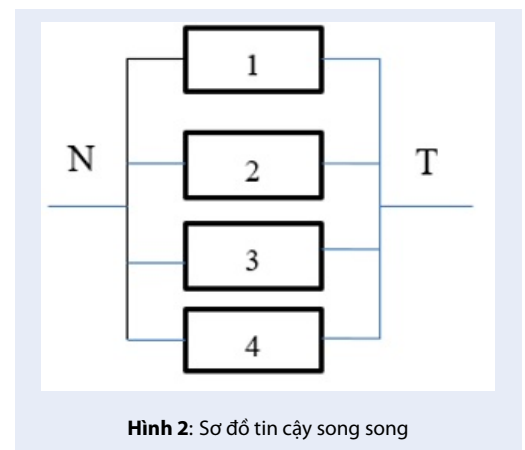
- Nhánh: thể hiện bằng các khối chữ nhật, mô tả trạng thái tốt của phần tử. Phần tử bị hỏng tương ứng với việc xóa khối đó trên sơ đồ.

Trạng thái tốt của hệ thống là trạng thái trong đó có ít nhất một đường nối từ nút phát đến nút tải¹.

Ví dụ: Cho sơ đồ gồm 4 đường dây song song nối giữa nút nguồn và nút tải. Tiêu chuẩn hỏng hóc hệ thống là công suất của lưới không đủ cung cấp phụ tải¹.

Xét ba giả thiết, mỗi giả thiết cho ra 1 sơ đồ tin cậy:

- GT1: Khả năng tải của mỗi đường dây đều đáp ứng công suất phụ tải, vậy hệ thống sẽ hỏng khi cả 4 đường dây đều hỏng và sơ đồ tin cậy trùng với sơ đồ điện như Hình 2.



Hình 2: Sơ đồ tin cậy song song

- GT2: Ít nhất 3 đường dây mới đáp ứng đủ công suất phụ tải, hệ thống sẽ hỏng khi có hai đường dây trở lên bị hỏng. Ta có sơ đồ độ tin cậy khác với sơ đồ điện như Hình 3.

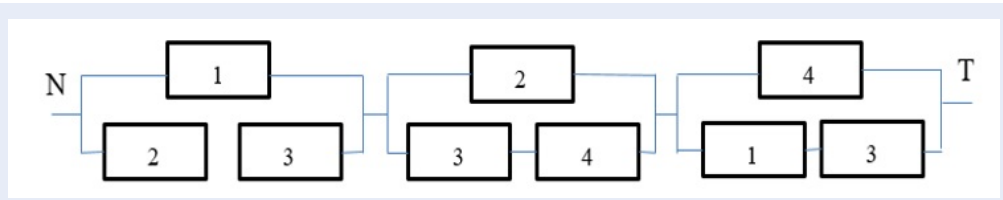
- GT3: Khả năng tải của 4 đường dây mới đáp ứng được yêu cầu phụ tải. Chỉ cần hỏng một đường dây là hệ thống hỏng. Ta có sơ đồ độ tin cậy khác với sơ đồ điện như Hình 4:

- Tính toán độ tin cậy sơ đồ nối tiếp:

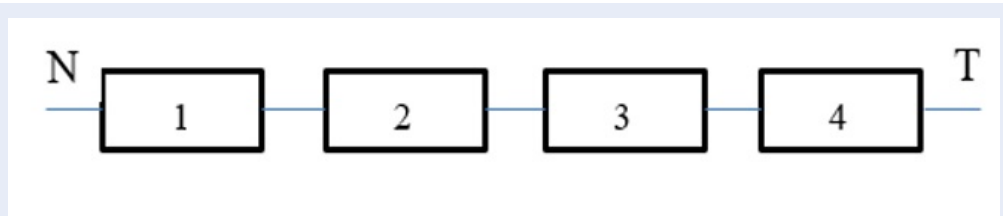
Dạng Hình 4 chính là sơ đồ nối tiếp. Tổng quát, sơ đồ tin cậy cho hệ thống có n phần tử như Hình 5¹:

- Nếu biết λ_i và r_i của từng phần tử thì cường độ hỏng hóc của hệ thống là:

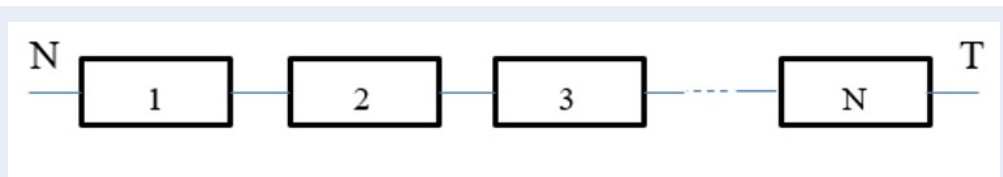
$$\lambda = \sum_1^n \lambda_i \quad (8)$$



Hình 3: Sơ đồ tin cậy hỗn hợp



Hình 4: Sơ đồ tin cậy nối tiếp



Hình 5: Sơ đồ tin cậy nối tiếp n phần tử

- Thời gian phục hồi trung bình của hệ thống là:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i r_i}{\sum_{i=1}^n \lambda_i} \quad (9)$$

- Xét các biến cố các đường dây hoạt động tốt là các biến cố độc lập, với xác suất trạng thái tốt mỗi đường dây là P_i thì xác suất trạng thái tốt của hệ thống:

$$P_{HT} = P_1 \cdot P_2 \dots P_n \quad (10)$$

- Các công thức (8) và (9) cho phép đẳng trị các phần tử nối tiếp thành một phần tử tương đương.

- Tính toán độ tin cậy sơ đồ song song:

Dạng Hình 2 chính là sơ đồ song song. Đối với sơ đồ song song, ta chỉ nên xét lần lượt hai phần tử như Hình 6.¹

Nếu biết λ_i và μ_i của từng phần tử thì:

$$\mu = \mu_1 + \mu_2 \quad (11)$$

$$\lambda = \lambda_1 \lambda_2 \left(\frac{1}{\mu_1} + \frac{1}{\mu_2} \right) = Q_1 \lambda_2 + Q_2 \lambda_1 \quad (12)$$

$$Q_{HT} = Q_1 Q_2; P_{HT} = 1 - Q_{HT} \quad (13)$$

- Các công thức (11) và (12) cho phép đẳng trị hai phần tử song song thành một phần tử tương đương.

- Nếu sơ đồ có trên hai phần tử song song, ta cứ lần lượt từng cặp.

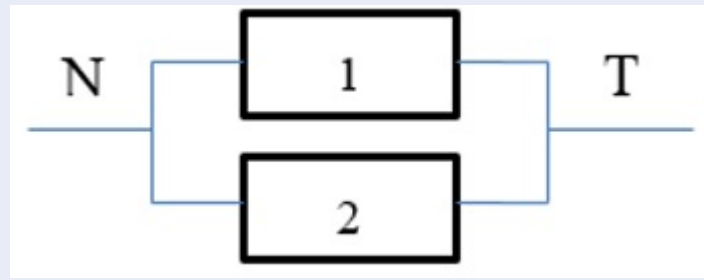
- Tính toán độ tin cậy sơ đồ hỗn hợp:

Nếu sơ đồ hỗn hợp đơn giản, chỉ gồm các phần tử song song và nối tiếp thì có thể dùng phương pháp đẳng trị dần để tính như trên. Còn khi đã có cấu trúc tam giác như Hình 3 thì khó tính bằng cách đẳng trị¹. Để tính toán các sơ đồ này, trước tiên, các phần tử có thể nối tiếp được đẳng trị thành một phần tử tương đương, sau đó dùng phương pháp đường tối thiểu hoặc lát cắt tối thiểu để tính. Ta sẽ phân tích phương pháp đường tối thiểu vì nó được sử dụng nhiều hơn¹.

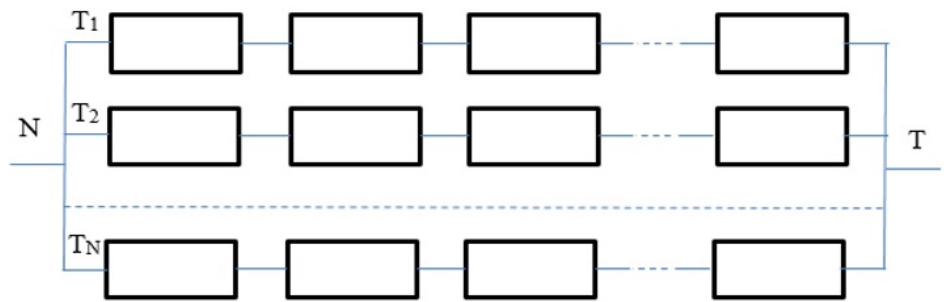
- Phương pháp đường tối thiểu:

Từ nút nguồn đến nút tải có thể có nhiều đường, mỗi đường bao gồm các phần tử nối tiếp nối liền nguồn với tải. Đường tối thiểu là đường phải qua tất cả các nút và không có các phần tử song song¹.

Hình 7 là dạng sơ đồ tin cậy phương pháp này.¹



Hình 6: Sơ đồ tin cậy hai phần tử song song



Hình 7: Sơ đồ tin cậy phương pháp đường tối thiểu

- Sơ đồ có m đường T_1, T_2, \dots, T_m . Hệ thống sẽ tốt khi có ít nhất một đường tốt. Thể hiện qua hàm sau:

$$T = T_1 + T_2 + \dots + T_m \quad (14)$$

- Xác suất trạng thái tốt của hệ thống:

$$P_{HT} = P(T) = P(T_1 + T_2 + \dots + T_m) \quad (15)$$

- Trạng thái hỏng của hệ thống:

$$\bar{T} = \bar{T}_1 \cdot \bar{T}_2 \cdot \dots \cdot \bar{T}_m \quad (16)$$

- Xác suất trạng thái hỏng của hệ thống:

$$\begin{aligned} Q_{HT} &= P(\bar{T}) = P(\bar{T}_1 \cdot \bar{T}_2 \cdot \dots \cdot \bar{T}_m) \\ &= P(\bar{T}_1) \cdot P(\bar{T}_2/\bar{T}_1) \cdot \dots \cdot P(\bar{T}_m) \\ &\quad \times P(\bar{T}_m/\bar{T}_1 \cdot \bar{T}_2 \cdot \dots \cdot \bar{T}_{m-1}) \end{aligned} \quad (17)$$

- Ta có mối quan hệ:

$$P_{HT} = 1 - Q_{HT} \quad (18)$$

Ví dụ: Từ sơ đồ Hình 3, ta thành lập được 8 đường tối thiểu, thể hiện trong sơ đồ Hình 8.

- Sau khi thiết lập và rút gọn hàm Boole cho các đường tối thiểu ở sơ đồ Hình 8 trên, ta có:

$$T = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + T_7 + T_8$$

$$= T_1 + T_2 + T_3 + T_5 + T_8$$

$$\Rightarrow \bar{T} = \bar{T}_1 \cdot \bar{T}_2 \cdot \bar{T}_3 \cdot \bar{T}_5 \cdot \bar{T}_8$$

$$\Rightarrow Q_{HT} = P(\bar{T}) = P(\bar{T}_1 \cdot \bar{T}_2 \cdot \bar{T}_3 \cdot \bar{T}_5 \cdot \bar{T}_8)$$

$$= P(\bar{T}_1) \cdot P(\bar{T}_2/\bar{T}_1) \cdot P(\bar{T}_3/\bar{T}_1 \cdot \bar{T}_2)$$

$$\cdot P(\bar{T}_5/\bar{T}_1 \cdot \bar{T}_2 \cdot \bar{T}_3) \cdot P(\bar{T}_8/\bar{T}_1 \cdot \bar{T}_2 \cdot \bar{T}_3 \cdot \bar{T}_5)$$

Từ đó, dựa vào lý thuyết xác suất, ta tính được xác suất trạng thái hỏng hệ thống $Q_{HT} = P(\bar{T})$, cuối cùng suy ra xác suất trạng thái tốt của hệ thống $P_{HT} = 1 - Q_{HT}$.

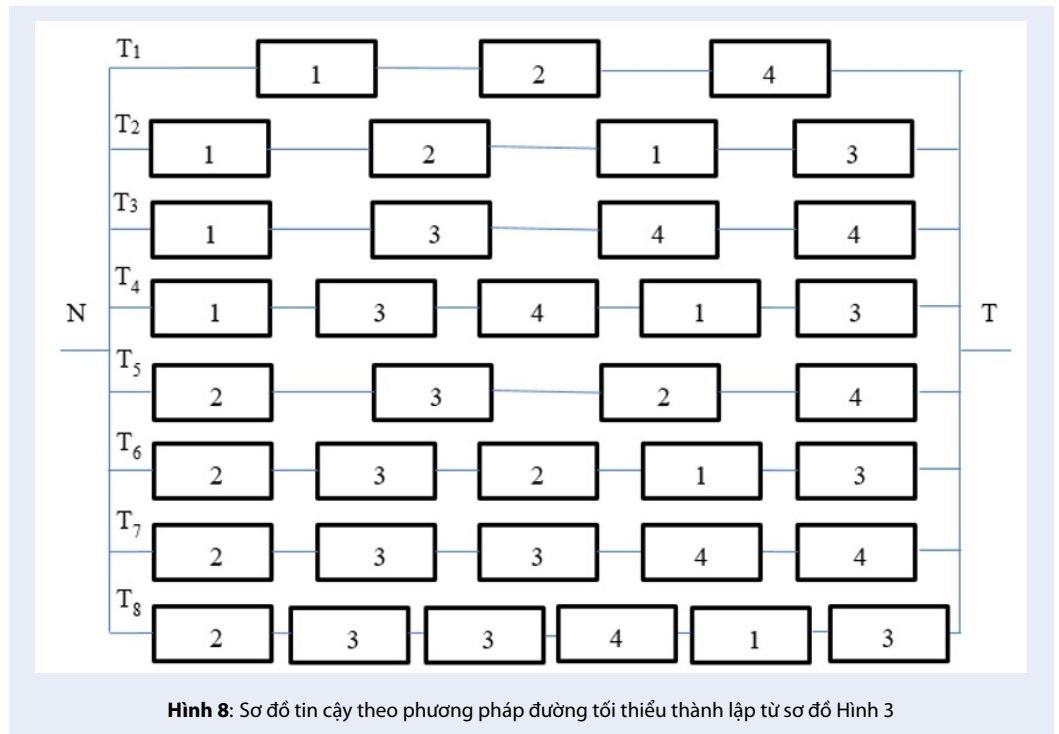
Phương pháp không gian trạng thái

Hệ thống được diễn tả bởi các trạng thái và khả năng chuyển giữa các trạng thái đó. Tất cả các trạng thái của hệ thống tạo thành không gian trạng thái¹.

Cốt lõi của phương pháp này là áp dụng quá trình Markov. Nhờ áp dụng quá trình Markov, ta có thể biết được nhiều thông tin về độ tin cậy và thực hiện được với phần tử hoặc hệ thống có nhiều trạng thái¹.

- Khái quát quá trình ngẫu nhiên Markov¹

Quá trình ngẫu nhiên Markov: mô hình toán học diễn tả quá trình ngẫu nhiên trong đó phần tử hoặc



Hình 8: Sơ đồ tin cậy theo phương pháp đường tối thiểu thành lập từ sơ đồ Hình 3

hệ thống liên tiếp chuyển trạng thái trong không gian trạng thái.

Nếu hệ thống có n trạng thái, ở thời điểm t hệ thống ở trạng thái i, thì ở đơn vị thời gian tiếp theo, hệ thống có thể ở lại trạng thái i với xác suất p_{ii} hoặc là chuyển sang trạng thái j với xác suất p_{ij} ($j = 1$ đến $n, i \neq j$).

Quá trình ngẫu nhiên Markov có thể là:

- Rời rạc trong không gian và liên tục theo thời gian.
- Rời rạc trong không gian và thời gian (xích Markov)
- Liên tục trong không gian và thời gian

Hệ thống điện chỉ áp dụng hai loại quá trình ngẫu nhiên Markov thứ nhất và thứ hai.

Để đơn giản trong tính toán, ta đưa ra một số giả thiết để áp dụng quá trình Markov đồng nhất.

- Quá trình Markov rời rạc trong không gian, liên tục theo thời gian¹

Hệ thống có n trạng thái, cần tính xác suất ở trạng thái bất kỳ khi biết các cường độ chuyển trạng thái p_{ij} .

Theo chứng minh ở công thức 4.40 (trang 180) tài liệu tham khảo¹, ta có:

$$P'(t) = P(t).A \quad (19)$$

$P'(t)$: ma trận n cột, đạo hàm của xác suất các trạng thái theo thời gian $P'_i(t)$

$P(t)$: ma trận n hàng, xác suất các trạng thái theo thời gian $P_i(t)$

A: ma trận hệ số phương trình vi phân $n \times n$, bao gồm các cường độ chuyển trạng thái của hệ thống

$$A = \begin{bmatrix} -\sum_{j=2}^n P_{1j} & P_{12} & \dots & P_{1n} \\ P_{21} & -\sum_{j=1}^n P_{2j} & \dots & P_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & -\sum_{j=1, j \neq n}^n P_{nj} \end{bmatrix}$$

Hệ phương trình Markov tính được khi biết ma trận A và điều kiện ban đầu $P_i(0)$ với $i = 1, n$. Giải hệ trên, ta được hàm thời gian của các xác suất trạng thái $P_i(t)$. Với hệ thống có ba trạng thái trở xuống, có thể giải chính xác hệ trên nhờ biến đổi Laplace. Còn khi hệ thống có từ bốn trạng thái trở lên thì không thể giải chính xác được, lúc đó người ta sử dụng xích Markov.

- Xích Markov¹

Xích Markov khác với quá trình Markov trên ở chỗ sự chuyển trạng thái chỉ có thể xảy ra ở thời điểm nhất định gọi là bước của quá trình.

Theo chứng minh ở công thức 4.43 (trang 180) tài liệu tham khảo¹, ta có:

$$P(1) = P(0).P \quad (20)$$

- P(1): ma trận cột, xác suất các trạng thái bước 1 $P_i(1)$

- P(0): ma trận hàng, xác suất các trạng thái bước 0 $P_i(0)$

- P: ma trận chuyển trạng thái n x n, phần tử của nó chính là cường độ chuyển trạng thái của hệ thống

$$P = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & \dots & p_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_{n1} & p_{n2} & \dots & p_{nn} \end{bmatrix}$$

Nhận xét: ma trận P chỉ khác ma trận A ở các phần tử đường chéo:

$$P_{ii} = 1 - \sum_{j=1, j \neq i}^n P_{ij} \quad (21)$$

Tương tự, tính được xác suất trạng thái ở bước k:

$$P(k) = P(k-1) \cdot P = P(0) \cdot P^k \quad (22)$$

Nhờ xích Markov, ta tính được xác suất trạng thái ở thời điểm bất kỳ thể hiện qua bước tính k và độ dài bước tính nếu biết xác suất trạng thái khởi điểm P(0) và ma trận chuyển trạng thái P.

- Tần suất và thời gian trạng thái¹

Phương pháp không gian trạng thái thông qua quá trình Markov cho lượng thông tin về độ tin cậy của hệ thống nhiều hơn so với phương pháp đồ thị giải tích như:

- Hàm thời gian của xác suất trạng thái
- Tần suất trạng thái f_i
- Thời gian trạng thái T_i
- Cho phép xét đến hơn hai trạng thái

Theo chứng minh ở công thức 4.49 (trang 184) tài liệu tham khảo¹, ta có:

- Tần suất trạng thái:

$$f_i = P_i \cdot \sum_{j \neq i} P_{ij} \quad (23)$$

Theo công thức trên, tần suất bằng tích của xác suất trạng thái với tổng cường độ chuyển khỏi trạng thái.

- Từ đó ta cũng có thể suy ra thời gian trạng thái bằng nghịch đảo của tổng cường độ chuyển khỏi trạng thái:

$$T_i = \frac{P_i}{f_i} = \frac{1}{\sum_{j \neq i} P_{ij}} \quad (24)$$

- Ví dụ áp dụng¹

Tính độ tin cậy của máy phát có hai trạng thái tốt và hỏng như Hình 9.

- Vì đây là phần tử có 2 trạng thái nên ta sẽ dùng quá trình Markov.

- Ma trận A:

$$A = \begin{bmatrix} -\sum_{j=2}^n P_{1j} & P_{12} \\ P_{21} & -\sum_{j=1, j \neq 2}^n P_{1j} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\lambda & \lambda \\ \mu & -\mu \end{bmatrix}$$

- Hệ phương trình vi phân Markov: $P'(t) = P(t) \cdot A$

- Điều kiện ban đầu: $P_1(0) = 1$ và $P_2(0) = 0$

- Giải bằng Laplace và được kết quả:

$$P_1(t) = \frac{\mu}{\mu + \lambda} + \frac{\lambda}{\mu + \lambda} e^{-(\mu + \lambda)t}$$

$$P_2(t) = \frac{\mu}{\mu + \lambda} - \frac{\lambda}{\mu + \lambda} e^{-(\mu + \lambda)t}$$

Khi $t \rightarrow \infty$ ta có:

$$P_1(\infty) = \frac{\mu}{\mu + \lambda} \quad (\text{Chính là hệ số sẵn sàng A})$$

$$P_2(\infty) = \frac{\lambda}{\mu + \lambda} \quad (\text{Chính là hệ số không sẵn sàng } \bar{A})$$

- Thời gian trạng thái khi xác lập:

$$T_1 = \frac{P_1}{f_1} = \frac{1}{\sum_{j \neq 1} P_{1j}} = \frac{1}{P_{12}} = \frac{1}{\lambda} = m$$

$$T_2 = \frac{P_2}{f_2} = \frac{1}{\sum_{j \neq 2} P_{2j}} = \frac{1}{P_{21}} = \frac{1}{\mu} = r$$

Phương pháp cây hỏng hóc

- Tổng quát về phương pháp

Phương pháp này mô tả bằng đồ thị quan hệ logic giữa các phần tử và từng mảng hệ thống, giữa các hỏng hóc cơ bản và hỏng hóc đỉnh một cách rõ nét¹.

Hỏng hóc cơ bản là nguyên nhân của các hỏng hóc cao hơn gọi là hỏng hóc trung gian, cuối cùng là dẫn đến hỏng hóc đỉnh¹.

Để sử dụng phương pháp cây hỏng hóc, ta sử dụng các định nghĩa sau¹:

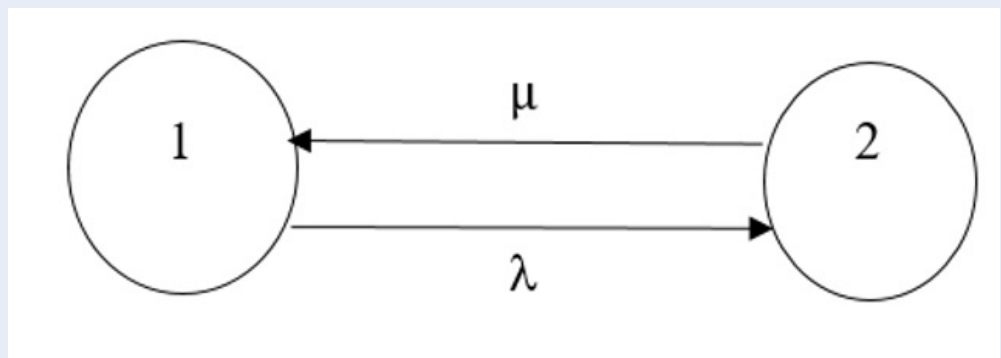
- Cây: là hình ảnh toàn bộ cấu trúc của đồ thị. Cây gồm gốc, cành, cửa và lá
- Gốc: là sự kiện hỏng hóc đỉnh của hệ thống được xét, ký hiệu khung chữ nhật
- Lá: là các hỏng hóc cơ bản, ký hiệu bằng vòng tròn
- Cành: là các hỏng hóc trung gian nằm giữa các hỏng hóc cơ bản và hỏng hóc đỉnh
- Cửa: nằm giữa cành và lá, đó là các cửa logic mô tả quan hệ nhân quả giữa các hỏng hóc

Sơ đồ cây hỏng hóc có dạng như Hình 10.

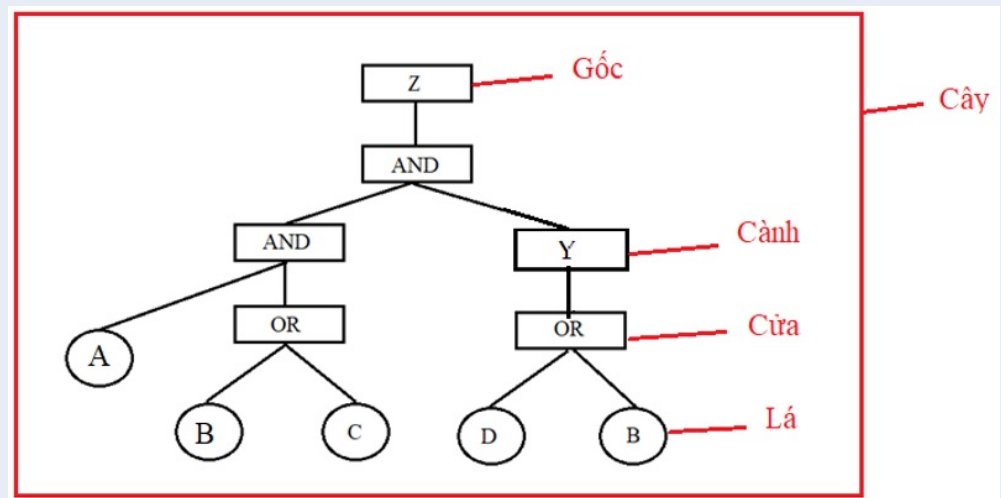
Mỗi cây hỏng hóc thành lập cho một sự kiện đỉnh.

Phương pháp này không dùng để tìm độ sẵn sàng như 2 phương pháp trên mà nó giúp ta tìm được xác suất cũng như cách thức xảy ra từng hỏng hóc đỉnh cụ thể. Từ đó, ta tập hợp tất cả các hỏng hóc của hệ thống thành một danh sách giúp tìm kiếm và giải quyết nhanh sự cố.

- Cách thành lập cây hỏng hóc



Hình 9: Mô hình máy phát 2 trạng thái



Hình 10: Sơ đồ cây hỏng hóc mẫu

Các bước thành lập¹:

- Trước tiên ta phải chọn lựa đỉnh sự kiện (gốc).
- Tìm ra tất cả những nguyên nhân trực tiếp có khả năng dẫn đến phát sinh sự cố này, căn cứ vào mối quan hệ của chúng, dùng hàm logic để biểu thị.
- Nếu sự cố này vẫn có thể phân tích tiếp thì có thể coi là sự cố đầu ra cấp dưới, phân tích cho đến khi tất cả sự cố đầu vào không thể phân tích tiếp được (chỉ còn các hỏng hóc cơ bản).

Ví dụ: Thành lập cây hỏng hóc, sử dụng sơ đồ IEEE RBTS 2 Bus ở Hình 11.⁸

- Chọn sự kiện đỉnh là sự cố của điểm tải LP3. Giả thiết nguồn điện, dao cách ly là hoàn toàn đáng tin cậy. Trường hợp có cầu chì (cũng hoàn toàn đáng tin cậy), sự cố của nhánh khác không ảnh hưởng đến phụ tải.

- Tiến hành phân tích từ trên xuống dưới: sự cố đường dây L4, máy biến áp T3 và đường dây L5 chắc chắn gây

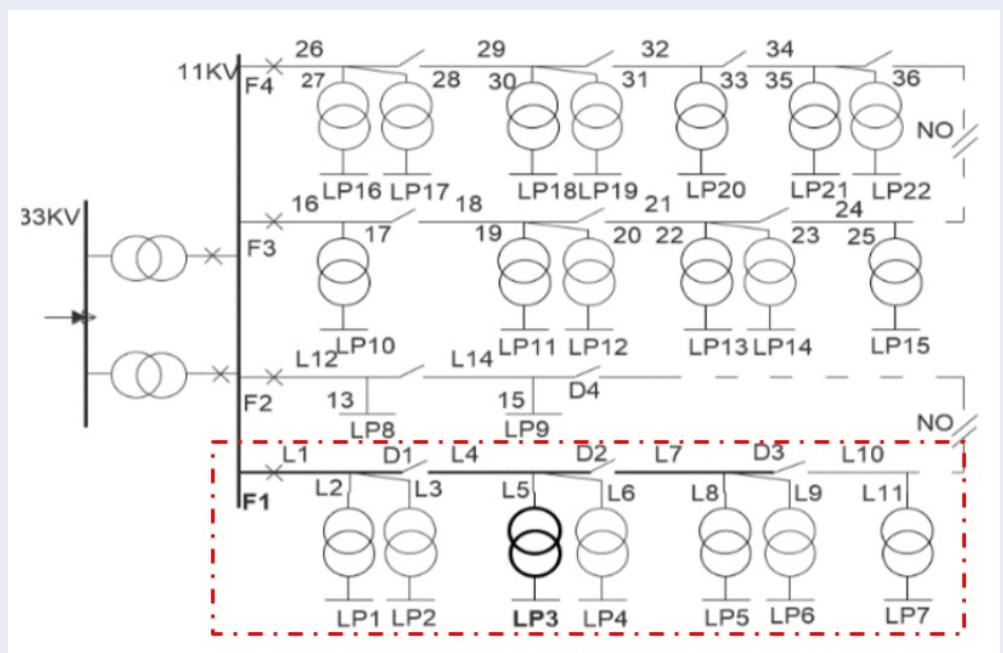
sự cố điểm phụ tải LP3. Sự cố đường dây L7 và L10 cũng gây sự cố ở điểm phụ tải (mặc dù sau đó cắt dao cách ly ra và khôi phục). Khi đường dây L1 gặp sự cố thì LP3 cũng mất điện.

- Từ đó, ta thành lập cây hỏng hóc ở điểm tải LP3, thể hiện ở Hình 12.

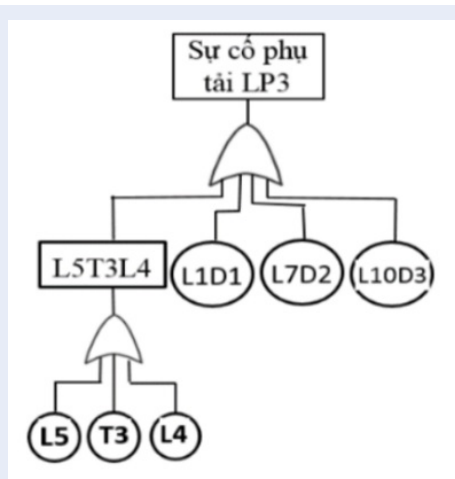
Quá trình thành lập cây hỏng hóc đòi hỏi nhiều thời gian, công sức và lượng kiến thức chuyên sâu về hệ thống đang xét. Bản thân quá trình thành lập cây hỏng hóc đã có đóng góp tích cực vào việc nâng cao độ tin cậy hệ thống. Vì trong quá trình này, ta đã có thể tìm ra được khuyết điểm và sự bất hợp lý của các phần tử trong sơ đồ¹.

- Tính xác suất hỏng hóc đỉnh¹

Sau khi thành lập cây hỏng hóc, ta cần thiết lập hàm Boole để tính toán độ tin cậy, đồng thời ta phải kết hợp rút gọn hàm theo các nguyên tắc đã biết.



Hình 11: Sơ đồ lưới IEEE RBTS 2 Bus



Hình 12: Sơ đồ cây hỏng hóc của sơ đồ Hình 11 với hỏng hóc đỉnh là sự cố phụ tải LP3

Gọi Y_i là các hỏng hóc cơ bản, nếu các biến cố này độc lập thì:

$$P(Y_1.Y_2...Y_n) = P(Y_1) .P(Y_2) ...P(Y_n) \quad (27)$$

Ví dụ: Tính xác suất hỏng hóc đỉnh ở cây Hình 10

- Ta có hàm Boole của sơ đồ cây hỏng hóc:

$$Z = A.(B+C).(B+D) = (A.B+A.C).(B+D) = A.B.B + A.B.D + A.C.B + A.C.D$$

- Giản ước theo qui tắc $A.A = A$ ta có:

$$Z = A.B + A.B.D + A.C.B + A.C.D \quad (28)$$

- Giản ước theo qui tắc $A+A = A$ ta có:

$$\begin{aligned} Z &= A.B + A.B + A.B.D + A.C.B + A.C.D \\ &= A.B.(1 + D) + A.B.(1 + C) + A.C.D \quad (29) \\ &= A.B + A.C.D \end{aligned}$$

Tiếp theo, ta tính xác suất của sự kiện đỉnh Z:

Ta chọn: $X_1=A.B$; $X_2=A.C.D$; gọi $P(A)$, $P(B)$, $P(C)$, $P(D)$ lần lượt là xác suất của các biến cố xảy ra các sự kiện hỏng hóc cơ bản A, B, C, D. Ta có:

$$\begin{aligned} Z &= X_1 + X_2 = A.B + A.C.D \\ P(Z) &= P(X_1) + P(X_2) - P(X_1 . X_2) = P(A.B) + P(A.C.D) - P(A.B.A.C.D) \end{aligned}$$

- Các hỏng hóc cơ bản A, B, C, D là độc lập, ta có:

$$\begin{aligned} P(Z) &= P(A).P(B) + P(A).P(C).P(D) \\ &- P(A).P(B).P(C).P(D) = P(A).P(B) + P(A).P(C).P(D).[1-P(B)] \\ &= P(A).P(B) + P(A).P(C).P(D).P(\bar{B}) \end{aligned}$$

Vậy ta đã tính được xác suất hỏng hóc đỉnh dựa vào các hỏng hóc cơ bản.

Hàm Boole của cây có dạng tổng các tích như sau:

$$Z = X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n \quad (25)$$

- Trong đó X_i là tích của các hỏng hóc cơ bản.

Sau khi có hàm Boole, ta tiến hành tính toán xác suất hỏng hóc đỉnh đó. Theo định lý cộng xác suất ta có:

$$\begin{aligned} P(Z) &= P(X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n) \\ &= \sum_{i=1}^n P(X_i) - \sum_{i < j} P(X_i X_j) + \dots \\ &+ (-1)^{n-1} .P(X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n) \quad (26) \end{aligned}$$

Phương pháp mô phỏng Monte – Carlo

- Tổng quát về phương pháp¹

Phương pháp này mô phỏng hoạt động các phần tử trong hệ thống điện như một quá trình ngẫu nhiên. Tạo ra lịch sử hoạt động của phần tử và hệ thống một cách nhân tạo, sau đó sử dụng các phương pháp thống kê để phân tích và rút ra các kết luận độ tin cậy.

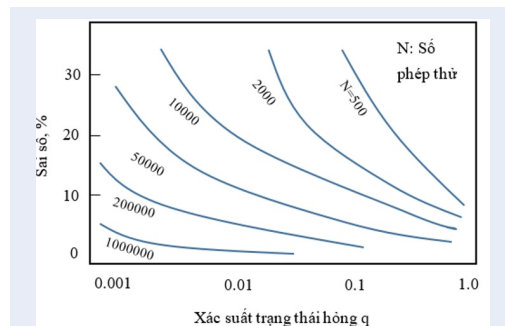
Bộ phận chính của phương pháp là nguồn sinh ra các số ngẫu nhiên có phân bố đều trong khoảng [0, 1], nguồn này phải cho ra được số lượng số ngẫu nhiên không lặp lại lớn.

- Rút thăm trạng thái

Trong phương pháp này, đầu tiên ta cần phải biết xác định trạng thái của phần tử trong một phép thử.

Ví dụ, một phần tử có hai trạng thái: trạng thái tốt với xác suất p và trạng thái hỏng với xác suất q (p+q=1). Đoạn trục số [0, 1] được chia làm hai phần có độ dài p và q. Chọn số NN[0, 1], nếu số này rơi vào miền p thì có nghĩa là phần tử ở trạng thái tốt, còn nếu rơi vào miền q thì phần tử ở trạng thái hỏng. Với phần tử có nhiều trạng thái thì việc xác định cũng giống như trên¹.

Nhược điểm của phương pháp này là số lượng tính toán lớn, thể hiện ở số lượng đủ các phép thử để mô phỏng phần tử. Hình 13 cho quan hệ giữa: số phép thử N, sai số tính toán và xác suất trạng thái hỏng q.^{1,9}



Hình 13: Mối quan hệ giữa sai số, xác suất trạng thái hỏng q và số phép thử N

- Với xác suất trạng thái hỏng q càng thấp thì sai số càng cao, số lần thử N càng ít thì sai số cũng càng cao. Vậy để đạt một độ chính xác nhất định trong mô phỏng, ta phải thực hiện đủ số phép thử lớn cho một phần tử nói riêng hay cả hệ thống nói chung.

- Tính độ tin cậy của hệ thống¹

Sau khi rút thăm trạng thái các phần tử, ta tiến hành phân tích độ tin cậy của hệ thống, ta cần có một hàm

đánh giá diễn tả quan hệ giữa hỏng hóc hệ thống với các trạng thái của các phần tử. Cơ bản là dùng một hàm Boole như đã trình bày trong các phần trên.

Trong những trường hợp không lập được hàm đánh giá tường minh (độ tin cậy hệ thống không phụ thuộc trực tiếp vào độ tin cậy phần tử) thì ta phải dựa vào kinh nghiệm quá khứ (hệ chuyên gia) để đánh giá.

Ứng dụng phổ biến của phương pháp là đánh giá độ tin cậy hệ thống điện ở mức 2, dùng các trạng thái rút thăm được để đánh giá hệ thống điện là “làm việc bình thường” hay “hỏng hóc” trong phép thử, xác định lượng phụ tải cần sa thải trong trường hợp cần thiết, từ đó tính chỉ tiêu bổ sung đặc trưng của mức (về năng lượng).

- Ví dụ áp dụng phương pháp Monte-Carlo¹

Dùng phương pháp Monte-Carlo để đánh giá độ tin cậy của hệ thống phức tạp bao gồm nguồn điện và lưới truyền tải (mức 2):

Bước 1: Chuẩn bị số liệu

- Máy phát điện được diễn tả bằng mô hình hai trạng thái, cho biết cường độ hỏng hóc và cường độ phục hồi, từ đó tính được các xác suất trạng thái p và q. Ngoài ra còn phải biết giới hạn công suất max, min và chi phí sản xuất theo giờ.

- Máy biến áp dùng mô hình hai trạng thái và các thông số tương ứng như trên.

- Đường dây dùng mô hình hai trạng thái nhưng số liệu độ tin cậy sẽ phụ thuộc thời tiết.

- Phụ tải công suất tác dụng toàn hệ thống được cho dưới dạng đồ thị phụ tải ngày theo từng giờ và đồ thị kéo dài từng tuần và năm. Từ các số liệu đó tính ra bậc của phụ tải với tần suất cũng như xác suất từng bậc. Phụ tải tổng của hệ thống được chia ra cho các nút theo tỷ lệ công suất yêu cầu max của từng nút (được cho trước). Sau đó phụ tải mỗi nút được chia ra thành từng bậc 1MW theo thứ tự ưu tiên có thể cắt khi cần thiết.

- Số liệu về môi trường được chia ra thành từng vùng. Mỗi vùng, thời tiết chia ra làm ba loại tốt, xấu và giông bão. Thời gian mỗi loại tuân theo qui luật hàm mũ. Ta cũng cần số liệu về xác suất của mỗi loại ở mỗi vùng.

Bước 2: Rút thăm trạng thái của hệ thống

- Sau khi biết xác suất trạng thái của các phần tử, của từng bậc phụ tải, của điều kiện môi trường, ta có thể rút thăm để xác định trạng thái của phần tử và của phụ tải.

- Việc rút thăm trạng thái của đường dây phụ thuộc kết quả rút thăm trạng thái môi trường.

- Mỗi loạt rút thăm trạng thái ứng với 1 giờ vận hành của hệ thống, có 8760 giờ cho 1 năm vận hành.

Bước 3: Đánh giá trạng thái của hệ thống điện trong chu kỳ là “bình thường” hay “hồng hộc” và xác định lượng phụ tải cần sa thải trong trường hợp cần thiết.

Bước 4: Tính toán và kết luận

- Số liệu về năng lượng bị cắt trong 8760 giờ hợp thành năng lượng mất một năm. Tính cho rất nhiều năm (để giảm đến sai số phù hợp) rồi lấy giá trị kỳ vọng.

⇒ Cuối cùng ta có được chỉ tiêu về năng lượng mất mát hàng năm dùng đánh giá lưới điện truyền tải đang xét.

So sánh và nhận xét

Các so sánh và nhận xét được thể hiện ở Bảng 1 và Bảng 2.

KẾT LUẬN

Ở trên, bài báo đã tổng hợp chi tiết các phương pháp đánh giá độ tin cậy trong hệ thống điện dựa trên mô hình toán học phổ biến hiện nay.

Qua bài báo này, ta thấy được việc đánh giá độ tin cậy hệ thống điện là rất quan trọng, cần phải được thực hiện toàn diện, khách quan và phải áp dụng các phương pháp phù hợp. Có như vậy, ta mới có thể đề ra kế hoạch quy hoạch, vận hành, bảo dưỡng một cách chính xác với mục tiêu ngày càng nâng cao độ tin cậy hệ thống điện, đáp ứng nhu cầu phát triển của đất nước.

DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT

BCT: Bộ Công Thương

TT: Thông tư

SAIFI: System Average Interruption Duration Index - Tần suất mất điện trung bình của hệ thống

SAIDI: System Average Interruption Frequency Index - Thời gian mất điện trung bình của hệ thống

MAIFI: Momentary Average Interruption Frequency Index - Tần suất mất điện thoáng qua trung bình của hệ thống

Kccđ: Không cung cấp điện

MTTF: Mean Time To Failure - Thời gian làm việc trung bình

MTTR: Mean Time To Repair - Thời gian sửa chữa trung bình

XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

Nhóm tác giả xin cam đoan rằng không có bất kỳ xung đột lợi ích nào trong công bố bài báo.

ĐÓNG GÓP CỦA CÁC TÁC GIẢ

Tác giả Huỳnh Tiến Đạt tham gia vào việc đưa ra ý tưởng bài viết, thu thập và tổng hợp dữ liệu, nghiên cứu chuyên sâu, viết bản thảo và hoàn thành bài viết. Tác giả Nguyễn Ngọc Phúc Diễm tham gia vào việc cung cấp tài liệu, định hướng nghiên cứu, tham gia nghiên cứu, kiểm tra và đóng góp ý kiến cho bài viết. Tác giả Lê Quang Bình đã tham gia đóng góp giải thích tài liệu, diễn giải phương pháp thực hiện, tham gia nghiên cứu, kiểm tra và đóng góp ý kiến cho bài viết.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bách T. Lưới điện & hệ thống điện tập 2. NXB Khoa học và Kỹ thuật. 2008;
2. Việt NH. Đánh giá độ tin cậy trong Hệ thống điện. NXB Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh. 2011;
3. Billinton R, Allan RN. Reliability Evaluation of Power Systems. Plenum Press Publisher. 1984; Available from: <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-7731-7>.
4. Operation Technology Inc. ETAP 141 User Guide. 2015;.
5. The Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. IEEE Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices. 2004;(1366).
6. Bộ Công Thương, Thông tư 25/2016/TT/BCT/Lưới truyền tải. 2016;.
7. Bộ Công Thương, Thông tư 39/2015/TT/BCT/Lưới phân phối. 2015;.
8. Sanh LX. Phân tích độ tin cậy lưới điện trung áp sử dụng phương pháp cây sự cố. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Năng lượng. 2017;.
9. Phúc TK, Thăng VT, Khánh LM, Hà LTT. Đánh giá độ tin cậy hệ thống điện phức tạp bằng phương pháp mô phỏng và các biện pháp rút ngắn thời gian tính toán. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam. 2014;(20).

Bảng 1: Tổng hợp dữ liệu đầu vào và dữ liệu đầu ra của các phương pháp

Phương pháp	Dữ liệu đầu vào	Dữ liệu đầu ra
Đồ thị giải tích	-Thông số độ tin cậy của các phần tử (thiết yếu nhất là độ sẵn sàng A) -Sơ đồ tin cậy	-Xác suất trạng thái tốt và hỏng của hệ thống (ở xác lập) -Các hệ thống đơn giản (có thể đẳng trị được) cho nhiều thông tin hơn
Không gian trạng thái	-Tập hợp các trạng thái -Cường độ chuyển giữa các trạng thái đó	-Hàm theo thời gian của các xác suất trạng thái -Tần suất, thời gian các trạng thái (f_i, T_i)
Cây hỏng hóc	-Xác suất các hỏng hóc cơ bản -Sơ đồ cây hỏng hóc	-Xác suất hỏng hóc định dạng xét
Monte – Carlo	-Số liệu hệ thống: độ tin cậy các phần tử, phụ tải, thời tiết... -Hàm đánh giá hệ thống dựa vào trạng thái các phần tử hoặc hệ chuyên gia (nếu không lập được hàm)	-Lịch sử hoạt động nhân tạo của hệ thống -Từ đó thống kê, tính toán các chỉ tiêu tin cậy cần thiết và đánh giá hệ thống đang xét

Bảng 2: So sánh và ứng dụng của các phương pháp

Phương pháp	Ưu điểm	Khuyết điểm	Ứng dụng
Đồ thị giải tích	-Hiệu quả với các hệ thống có 2 trạng thái, đặc biệt là các hệ thống có mối quan hệ giữa các phần tử đơn giản	-Khó lập đồ thị và đẳng trị các phần tử trong sơ đồ phức tạp -Chỉ cho biết xác suất trạng thái ở xác lập -Không xét quá 2 trạng thái	-Lưới phân phối (mức 3)
Không gian trạng thái	-Cho nhiều thông tin về độ tin cậy -Xét được nhiều hơn 2 trạng thái	-Khối lượng tính toán lớn và khó	-Tìm thông số tin cậy từng phần tử riêng rẽ -Các hệ thống điện vừa và nhỏ
Cây hỏng hóc	-Cho thấy rõ ràng nguyên nhân, cách thức xảy ra hỏng hóc -Góp phần tìm ra khuyết điểm hệ thống -Tìm và giải quyết nhanh sự cố	-Cần nhiều thời gian, khả năng phân tích -Người thực hiện phải hiểu biết sâu sắc hệ thống đang xét	-Các phân tích cần để tìm điểm yếu của hệ thống -Hệ thống nhạy cảm như nhà máy điện hạt nhân -Lưới phân phối (mức 3)
Monte – Carlo	-Dễ sử dụng -Ứng dụng cho các hệ thống rất phức tạp -Đánh giá được trong trường hợp các thông số bất định -Tính được phân bố xác suất của chỉ số độ tin cậy	-Khối lượng tính toán rất lớn để mô phỏng gần đúng. -Kết quả có độ tán xạ cao (Các khuyết điểm này ngày càng được cải thiện nhờ máy tính điện tử)	-Các hệ thống rất phức tạp mà các phương pháp khác không áp dụng được - Bài toán lưới điện khổng lồ ở mức 2

Overview of mathematical methods for power system reliability evaluation

Huynh Tien Dat^{1,*}, Nguyen Ngoc Phuc Diem¹, Le Quang Binh²



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

ABSTRACT

Nowadays, with the strong development of the world's economy, the power system reliability issue is increasingly concerned. A high reliable power system brings peace of mind in production investment, stability in national security, citizen's satisfaction, ... Therefore, serious researches of the power system reliability problem is very necessary. Based on that researches, we can accurately evaluate the situation, propose operational scenarios, troubleshoot reasonably, plan properly for the future. From there, we can implement the ultimate goal of the power system reliability problem is to maximize the reliability, meeting the nation's development need. However, at present, power system reliability problems in many countries have not yet applied updated and objective assessment tools, only exploiting the surface of the problem. Through the research process, the authors publish this paper to outline the basic concepts, the classification and the parameters of the power system reliability problem. Besides, the paper summarizes in detail the methods of calculating and evaluating power system reliability based on the current mathematical models (Analytical Graph method, State Space method, Failure Tree method, Monte - Carlo method) with examples of each method. Thereby, these methods are compared and indicated the applications in specific situations.

Key words: Power system reliability, Power system reliability parameters, Power system reliability classification, Analytical Graph method, State Space method, Failure Tree method, Monte - Carlo method

¹Faculty of Electrical & Electronics Engineering, Ho Chi Minh University of Technology, Ho Chi Minh City, Viet Nam

²Deputy Director of Engineering Department, Ho Chi Minh city Power Corporation, Ho Chi Minh City, Vietnam

Correspondence

Huynh Tien Dat, Faculty of Electrical & Electronics Engineering, Ho Chi Minh University of Technology, Ho Chi Minh City, Viet Nam

Email: 1510673@hcmut.edu.vn

History

- Received: 31-3-2019
- Accepted: 30-8-2019
- Published: 31-12-2019

DOI :10.32508/stdjet.v2iSI2.495



Check for updates

Copyright

© VNU-HCM Press. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



Cite this article : Dat H T, Diem N N P, Binh L Q. **Overview of mathematical methods for power system reliability evaluation.** *Sci. Tech. Dev. J. – Engineering and Technology*; 2(SI2):SI114-SI126.