

# ĐÁNH GIÁ ĐỘ TIN CẬY CỦA CÁC SƠ ĐỒ THIẾT BỊ PHÂN PHỐI TRẠM BIẾN ÁP BẰNG PHƯƠNG PHÁP KHÔNG GIAN TRẠNG THÁI

## EVALUATING THE RELIABILITY OF TRANSFORMER SUBSTATION CONFIGURATIONS BASED ON THE STATE-SPACE METHOD

Trần Tấn Vinh

Trường Cao đẳng Công nghệ Thông tin - Đại học Đà Nẵng; Email: ttvinh@cit.udn.vn

**Tóm tắt:** Bài báo trình bày phương pháp đánh giá độ tin cậy của trạm biến áp trung gian dựa trên phương pháp không gian trạng thái. Từ thực tế vận hành trạm biến áp, mỗi phần tử trong sơ đồ được mô hình bằng hai hoặc nhiều trạng thái, và khả năng chuyển qua lại giữa các trạng thái đó. Khi một phần tử thay đổi trạng thái thì sơ đồ sẽ chuyển sang các trạng thái mới như đổi nối, sửa chữa sự cố, bảo dưỡng định kỳ v.v.. Các trạng thái này được phân thành các nhóm trạng thái, chẳng hạn như trạng thái tốt (sơ đồ còn cung cấp điện) hoặc trạng thái hỏng (mất điện). Sử dụng các lát cắt trạng thái tối thiểu kết hợp với phương pháp hợp nhất các trạng thái, có thể tính được xác suất các trạng thái và các chỉ tiêu độ tin cậy khác của các sơ đồ trạm biến áp. Bằng chương trình Matlab, tác giả đã tính toán so sánh độ tin cậy cho 5 dạng sơ đồ khác nhau của các trạm biến áp trung gian.

**Từ khóa:** Độ tin cậy; sơ đồ trạm biến áp; phương pháp trạng thái; hợp nhất trạng thái; xác suất trạng thái; tần suất trạng thái; thời gian trạng thái; thời gian mất điện

### 1. Đặt vấn đề

Để cung cấp điện cho phụ tải, ở các trạm biến áp có thể sử dụng nhiều dạng sơ đồ khác nhau. Một yêu cầu cơ bản của sơ đồ là phải có độ tin cậy cao và tối ưu về mặt kinh tế trên cơ sở hài hòa giữa hai vấn đề là lợi ích do nâng cao độ tin cậy và kinh phí đầu tư, quản lý. Vì vậy, để lựa chọn dạng sơ đồ nào là hợp lý, cần thiết phải so sánh đánh giá các chỉ tiêu độ tin cậy của chúng. Để phân tích độ tin cậy các sơ đồ, có thể sử dụng phương pháp cấu trúc, lát cắt tối thiểu [3, 4]. Tuy nhiên, các phần tử trong sơ đồ không phải chỉ có hai trạng thái là tốt và hỏng, mà có thể có nhiều trạng thái khi xét đến quá trình đổi nối sau sự cố, quá trình bảo quản định kỳ... Có phần tử khi bị sự cố sẽ diễn ra quá trình sửa chữa sự cố, cũng có phần tử khi bị sự cố sẽ chuyển qua quá trình đổi nối, và quá trình sửa chữa để đưa hệ thống về trạng thái ban đầu. Vì vậy, khi tính toán độ tin cậy các sơ đồ trạm biến áp cần phải xét đến các trạng thái của sơ đồ khi các phần tử thay đổi trạng thái. Trong bài báo này sẽ trình bày một phương pháp đánh giá độ tin cậy của các sơ đồ thiết bị phân phối trong các trạm biến áp dựa trên phương pháp không gian trạng thái [2,3]. Bằng cách phân tích ảnh hưởng hỏng hóc của các phần tử đến hỏng hóc hệ thống, có thể phân các trạng thái của sơ đồ TBA thành các trạng thái tốt, hỏng,.. Kết hợp với việc sử dụng các trạng thái lát cắt tối thiểu và hợp nhất trạng thái ta có thể tính được các chỉ tiêu độ tin cậy của sơ đồ trạm biến áp.

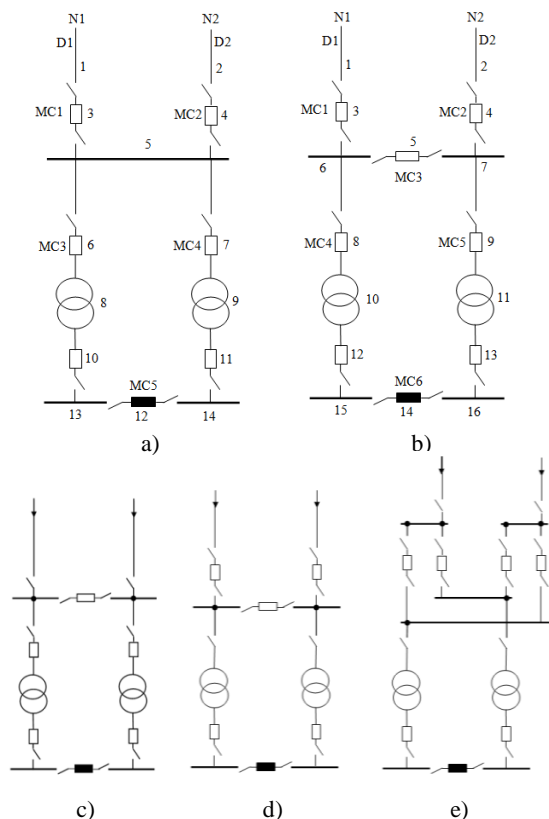
Bằng chương trình Matlab xây dựng dựa theo thuật toán đề xuất, tác giả đã tính toán các chỉ tiêu độ tin cậy cho một số dạng sơ đồ trạm biến áp khi xét đến sự cố ngẫu nhiên và bảo quản định kỳ các phần tử trong sơ đồ.

**Abstract:** This paper presents a method of evaluating substation reliability based on the state-space method. Depending on the operation way of substations, each component can be represented by two states (up/down) or a many states modeled with their possible transitions between them. If a state of any of the substation components changes, the system will enter new states such as switching, repairing and maintenance state. These states can be divided into "up" group or "down" group. By using the method of state combination and minimal-cut states, we can evaluate the reliability index of a transformer substation. For illustration, with a Matlab program, we have considered the reliability of five different typical substation configurations.

**Key words:** Reliability; substation configuration; state-space method; combining states; state probability; state frequency; state duration; interruption duration

### 2. Các dạng sơ đồ thiết bị phân phối của trạm biến áp

Trên Hình 1 một số dạng sơ đồ của các trạm biến áp gồm hai máy biến áp [1].

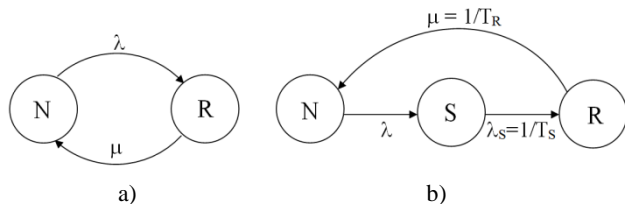


Hình 1. Các dạng cấu trúc sơ đồ trạm biến áp

Hình a, b, c, d và e lần lượt là sơ đồ một thanh góp không phân đoạn, sơ đồ một thanh góp phân đoạn, sơ đồ cầu trong, sơ đồ cầu ngoài và sơ đồ tứ giác. Các máy biến áp được cấp điện từ hai đường dây cao áp nối với nguồn điện, phụ tải được nối vào thanh góp hạ áp. Thanh góp hạ áp được phân đoạn bằng máy cắt thường cắt, có trang bị thiết bị tự động đóng nguồn dự trữ (TĐD), giả thiết hoạt động hoàn toàn tin cậy.

### 3. Mô hình các phần tử

Khi phân tích độ tin cậy bằng phương pháp trạng thái, các phần tử được mô hình hóa dưới các dạng sau [3]:



Hình 2. Mô hình trạng thái của các phần tử

Hình 2.a là mô hình hai trạng thái, được dùng chủ yếu cho các phân đoạn thanh góp. Khi phần tử bị sự cố thì phụ tải sẽ bị mất điện cho đến khi nào phần tử đó được sửa chữa hoặc thay thế xong. Quá trình chuyển từ trạng thái tốt (N) sang trạng thái sửa chữa sự cố (R) được đặc trưng bởi cường độ sự cố  $\lambda$  và thời gian vận hành an toàn trung bình  $T_{iv} = 1/\lambda$ . Quá trình phục hồi được đặc trưng bằng cường độ phục hồi sự cố  $\mu$  và thời gian sửa chữa trung bình sự cố  $T_R = 1/\mu$ .

Hình 2.b là mô hình ba trạng thái, được áp dụng cho các phần tử như đường dây, biên áp, thiết bị đóng cắt khi xét đến quá trình đôi nôi. Khi phần tử bị sự cố, bảo vệ rơle sẽ tác động cắt một số máy cắt điện để loại trừ sự cố. Sau đó, sẽ thực hiện đôi nôi (tự động hoặc bằng tay) để đưa phần còn lại của hệ thống về làm việc trở lại với yêu cầu hạn chế thiệt hại mất điện đến mức ít nhất có thể; và lúc này phần tử sự cố được đưa vào sửa chữa. Như vậy, khi một phần tử bị sự cố thì hệ thống sẽ phải đi qua hai trạng thái là trạng thái đôi nôi S và trạng thái sửa chữa R. Quá trình chuyển từ trạng thái bình thường N sang trạng thái đôi nôi S được đặc trưng bằng cường độ sự cố  $\lambda = 1/T_{iv}$ , từ trạng thái đôi nôi S sang trạng thái sửa chữa R đặc trưng bằng cường độ đôi nôi  $\lambda_S = 1/T_S$  với  $T_S$  là thời gian đôi nôi trung bình. Quá trình phục hồi từ trạng thái R về trạng thái N được đặc trưng bởi cường độ phục hồi  $\mu = 1/T_R$ .

Khi xét đến quá trình bảo quản định kỳ (BQĐK) các phần tử được mô hình hóa tương tự như hình 1.a, chỉ khác là lúc này các thông số là cường độ bảo quản định kỳ  $\lambda_M$  và thời gian bảo quản định kỳ  $T_M = 1/\lambda_M$

### 4. Phương pháp đánh giá độ tin cậy của sơ đồ TBA

Để đánh giá độ tin cậy của trạm biến áp, nút phụ tải được chọn là thanh cái hạ áp của trạm. Các chỉ tiêu độ tin cậy chủ yếu là: độ tin cậy của sơ đồ; tần suất mất điện tổng; thời gian mất điện; điện năng mất trung bình hằng năm do sự cố và bảo dưỡng.

Trong bài báo này sử dụng kết hợp phương pháp đường tối thiểu và phương pháp trạng thái để đánh giá độ

tin cậy của các dạng sơ đồ trạm biến áp. Số lượng phần tử sự cố có thể tùy chọn, tuy nhiên trong bài báo này chỉ tính toán sự cố 1 phần tử, chưa xét sự cố xếp chồng. Ngoài ra, giả thiết nguồn điện (các đường dây cấp điện cho TBA) hoàn toàn tin cậy và các phần tử độc lập với nhau.

Khi một phần tử chuyển trạng thái sẽ xác định một trạng thái mới của sơ đồ, chẳng hạn như trạng thái đôi nôi (S), trạng thái sửa chữa (R), trạng thái bảo quản định kỳ (M). Bằng việc phân tích ảnh hưởng hồng học của các phần tử đến hệ thống, có thể đánh giá được các trạng thái nói trên là trạng thái tốt (TTT, phụ tải còn được cung cấp điện) hay trạng thái hỏng (TTH, phụ tải mất điện).

Bằng phương pháp liệt kê trạng thái, lát cắt trạng thái tối thiểu và hợp nhất các trạng thái có thể đánh giá các chỉ tiêu độ tin cậy cung cấp điện của các dạng sơ đồ trạm biến áp.

#### 4.1. Thông số đầu vào của bài toán

Thông số đầu vào của bài toán gồm sơ đồ nối điện của trạm biến áp, và các chỉ tiêu độ tin cậy của các phần tử trong sơ đồ. Tùy theo mô hình được lựa chọn (như ở Hình 2) các thông số độ tin cậy của các phần tử là cường độ sự cố, cường độ đôi nôi, thời gian sửa chữa trung bình, thời gian đôi nôi trung bình, cường độ bảo quản định kỳ, thời gian bảo quản định kỳ.

#### 4.2. Vùng bảo vệ, sửa chữa sự cố, bảo quản định kỳ

Dựa trên cấu trúc của TBA, thiết kế của hệ thống BVRL cũng như quy trình vận hành ta có thể thiết lập vùng bảo vệ, vùng sửa chữa, vùng bảo quản định kỳ của từng phần tử.

Vùng bảo vệ của một phần tử được định nghĩa là tập hợp các phần tử nằm trong miền giới hạn bởi các MCĐ được cắt ra do tác động của BVRL nhằm loại trừ sự cố ra khỏi hệ thống điện. Do yêu cầu chọn lọc của BVRL, nên vùng bảo vệ chuẩn là vùng được giới hạn bởi các máy cắt gần nhất quanh phần tử bị sự cố. Vùng sửa chữa sự cố là tập hợp các phần tử bị cắt ra khỏi sơ đồ trong quá trình sửa chữa sau đôi nôi.

Trong trường hợp bảo quản định kỳ, vùng cắt điện được xác định dựa vào thao tác thực tế để cô lập phần tử sửa chữa. Thường thì các thao tác này được thực hiện bằng tay nên vùng cắt điện sẽ khác so với tác động của BVRL khi sự cố, và số phần tử mất điện trong trường hợp này được xét sao cho ít nhất có thể.

Ví dụ như sơ đồ trạm biến áp Hình 1.a thì vùng bảo vệ của phần tử số 3 (MC1) là  $\{1,3,4,5,6,7\}$  và vùng sửa chữa là  $\{3\}$ .

#### 4.1. Đường nối tối thiểu

Đường nối điện là tập hợp các phần tử nối từ nguồn điện đến thanh cái hạ áp. Trong tính toán đường nối phải là đường nối tối thiểu. Ví dụ như ở sơ đồ Hình 1.a, khi xét nút phụ tải là phân đoạn thanh góp hạ áp số 13 sẽ có các đường nối tối thiểu như ở Bảng 1.

Khi một phần tử của đường nối bị mất điện thì đường nối đó bị đứt. Phụ tải còn được cung cấp điện khi tồn tại ít nhất một đường nối liền từ nguồn đến nút phụ tải. Trong chương trình tính toán, để thuận tiện các đường nối được mã hóa bằng 0 nếu đường đó bị đứt, ngược lại sẽ bằng 1.

**Bảng 1.** Các đường nối của sơ đồ TBA hình 1.a

Đường nối	Các phần tử trên đường nối
Đ1	1 3 5 6 8 10 13
Đ2	1 3 5 7 9 11 14 12 13
Đ3	2 4 5 6 8 10 13
Đ4	2 4 5 7 9 11 14 12 13

Ví dụ trong sơ đồ Hình 1.a, nếu MC1 (phần tử 3) bị sự cố thì vùng bảo vệ của MC1 là các phần tử {1,3,4,5,6,7}. Mã trạng thái của các đường nối ở trạng thái 3S như sau:

**Bảng 2.** Phân tích trạng thái 3S

Vùng bảo vệ của (3)	Đ1	Đ2	Đ3	Đ4
1	0	0	1	1
3	0	0	1	1
4	1	1	0	0
5	0	0	0	0
6	0	1	0	1
7	1	0	1	0
Trạng thái đường nối	0	0	0	0

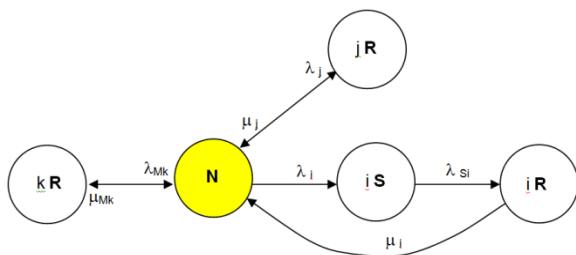
Nhận thấy ở trạng thái 3S tất cả các đường nối đều bị đứt, nghĩa là nút phụ tải 13 sẽ bị mất điện. Như vậy trạng thái 3S là trạng thái hỏng (F).

Sau khi BVRL tác động cắt các máy cắt để cô lập sự cố, nhân viên vận hành thực hiện công tác đổi nối S (cắt các dao cách ly hai bên máy cắt MC1, đóng điện trở lại các máy cắt MC2, MC3, MC4) và tiến hành sửa chữa MC1. Khi đó, hệ thống rơi vào trạng thái sửa chữa 3R. Bằng thủ tục như trên, có thể thấy ở trạng thái 3R các đường nối có mã trạng thái là {0, 0, 1, 1}. Vì vậy trạng thái 3R là trạng thái tốt (TTT), phân đoạn thành góp 13 được cung cấp điện trở lại. Sau thời gian  $T_{R3}$ , quá trình sửa chữa kết thúc và sơ đồ sẽ trở về lại trạng thái ban đầu.

**4.2. Phương pháp trạng thái để đánh giá độ tin cậy TBA**

Nội dung phương pháp gồm những bước sau:

*Bước 1: Liệt kê và phân loại trạng thái*



**Hình 3.** Graph trạng thái của hệ thống

Khi một phần tử bị sự cố, sơ đồ sẽ chuyển sang một trạng thái tương ứng, được mô tả như Hình 3. Đối với mỗi phần tử hai trạng thái sẽ có một trạng thái R (sửa chữa), mỗi phần tử thuộc dạng mô hình ba trạng thái sẽ có hai

trạng thái là S (đổi nối) và R (sửa chữa). Ngoài ra còn có trạng thái bảo quản định kỳ (M) của tất cả các phần tử.

*Bước 2: Tính các xác suất của từng trạng thái trong mỗi nhóm [3]*

+ Đối với các phần tử dạng mô hình một trạng thái:

$$P_R = \lambda \frac{1}{\mu} P_N = \lambda T_R P_N \tag{1}$$

Tần suất của trạng thái sửa chữa R:

$$f_R = \frac{P_R}{T_R} = \frac{\lambda T_R P_N}{T_R} = P_N \lambda \tag{2}$$

Thời gian trung bình sơ đồ ở trạng thái R trong 1 năm:

$$TGTT_R = f_R T_R = 8760 \times P_R \text{ (h/năm)} \tag{3}$$

+ Đối với các phần tử dạng mô hình hai trạng thái:

$$P_S = \lambda \frac{1}{\lambda_S} P_N = \lambda T_S P_N ; P_R = \lambda \frac{1}{\mu} P_N = \lambda T_R P_N \tag{4}$$

Tần suất các trạng thái đổi nối S:

$$f_S = \frac{P_S}{T_S} = \frac{\lambda T_S P_N}{T_S} = P_N \lambda \tag{5}$$

Tần suất các trạng thái sửa chữa R:

$$f_R = \frac{P_R}{T_R} = \frac{\lambda T_R P_N}{T_R} = P_N \lambda \tag{6}$$

Trong đó  $T_S, T_R$  lần lượt là thời gian trung bình đổi nối và sửa chữa của phần tử, đơn vị tính là [năm].

Thời gian trung bình sơ đồ ở trạng thái S, R trong một năm:

$$TGTT_S = f_S T_S = 8760 \times P_S \text{ (h/năm)} ; \tag{7}$$

$$TGTT_R = f_R T_R = 8760 \times P_R \text{ (h/năm)}$$

Vì tổng xác suất các trạng thái của sơ đồ bằng 1, nên xác suất trạng thái N (không có phần tử nào bị hỏng hoặc sửa chữa) của sơ đồ là:

$$P_N = \frac{1}{1 + \sum_{i \in N_1} \lambda_i T_{Ri} + \sum_{j \in N_2} (\lambda_j T_{Sj} + \lambda_j T_{Rj})} \tag{8}$$

Với  $N_1, N_2$  lần lượt là tập hợp các phần tử mô hình 1 trạng thái (i) và mô hình 2 trạng thái (j).

Nếu xét thêm trạng thái bảo quản định kỳ của các phần tử với cường độ và thời gian bảo quản định kỳ là  $\lambda_M$  và  $T_M$ , thì xác suất trạng thái  $P_N$  sẽ bằng:

$$P_N = \frac{1}{1 + \sum_{i \in N_1} \lambda_i T_{Ri} + \sum_{j \in N_2} (\lambda_j T_{Sj} + \lambda_j T_{Rj}) + \sum_{k \in N} \lambda_{Mk} T_{Mk}} \tag{9}$$

Trong đó N là tập hợp các phần tử của trạm biến áp được bảo quản định kỳ.

*Bước 3: Hợp nhất các trạng thái và tính các chỉ tiêu độ tin cậy*

Bằng việc phân tích trạng thái các đường nổi như ở mục 4.1, ta có thể liệt kê đầy đủ không gian trạng thái của TBA. Các trạng thái này có thể được phân thành nhiều nhóm tùy yêu cầu khảo sát, và tiến hành ghép các trạng thái trong một nhóm thành một trạng thái hợp nhất. Chẳng hạn khi xét sự cố các phân tử, có thể phân thành hai nhóm gồm trạng thái tốt (U) và trạng thái hỏng (F), thì xác suất của các trạng thái hợp nhất là [2,3]:

$$P_U = \sum_{i \in U} P_i \text{ và } P_F = \sum_{j \in F} P_j \quad (10)$$

Trong đó  $P_i, P_j$  lần lượt là xác suất của các trạng thái  $i$  trong nhóm trạng thái  $U$ , và xác suất của các trạng thái  $j$  trong nhóm trạng thái  $F$ .

Tần suất các trạng thái hợp nhất:

$$f_U = \sum_{i \in U} \left( P_i \sum_{j \neq U} \lambda_{ij} \right) \text{ và } f_F = \sum_{j \in F} \left( P_j \sum_{i \neq F} \lambda_{ji} \right) \quad (11)$$

Thời gian làm việc an toàn (có điện) trung bình của  $T_{BA}$  là  $T_U = 1/\Lambda$  (năm); Thời gian mất điện trung bình của trạm biến áp là  $T_F = 8.760/M$  (h)

Cũng có thể mô hình trạm biến áp gồm 3 trạng thái: bình thường (N), không bình thường (A, còn cung cấp

điện nhưng có một phần tử đang sự cố hoặc sửa chữa), và trạng thái mất điện (F) như trong ví dụ ở mục 4.5.

**4.3. Áp dụng tính toán**

Bằng chương trình Matlab được xây dựng trên cơ sở thuật toán đã trình bày ở trên, tác giả đã tính toán các chỉ tiêu độ tin cậy cho 5 dạng sơ đồ trạm biến áp 110/22 KV ở Hình 1. Số liệu độ tin cậy của các phân tử được cho ở Bảng 3 [2]:

*Bảng 3. Dữ liệu độ tin cậy các phân tử của trạm biến áp*

Phần tử	$\lambda$ (1/năm)	$T_S$ (h)	$T_R$ (h)	$\lambda_M$ (1/năm)	$T_M$ (h)
Đường dây	0.375	2.00	10.00	3.18	18.10
CL 110KV	0.020	2.00	3.00	3.00	4.00
MC110KV	0.029	2.00	5.30	1.21	6.40
MC 22KV	0.008	1.50	5.60	1.11	7.70
TG 110KV	0.028	0.00	4.40	3.00	6.30
TG 22KV	0.028	0.00	4.40	3.00	6.30
BA 110/22	0.015	2.00	168.00	4.00	5.60

Kết quả được tóm tắt ở các Bảng 4, Bảng 5. Trong đó XSTT, TSTT, TGTT lần lượt là xác suất, tần suất và thời gian trạng thái.  $T_{md}, T_{cd}$  là tổng thời gian mất điện (phút), có điện (giờ) trong một năm.

*Bảng 4. Kết quả các chỉ tiêu ĐTC của các dạng sơ đồ trạm biến áp khi không xét đến bảo quản định kỳ*

Trạng thái	N	F (mất điện do sự cố)				A (có điện do sự cố)			
		XSTT	XSTT (10 <sup>-5</sup> )	TSTT (1/năm)	TGTT (h)	$T_{md}$ (ph/năm)	XSTT (10 <sup>-3</sup> )	TSTT (1/năm)	TGTT (h)
Dạng sơ đồ a	0.99841	5.70E-05	0.1877	2.67	30.1	0.0015	0.9545	14.04	13.4
Dạng sơ đồ b	0.99837	2.30E-05	0.0729	2.81	12.3	0.0016	1.1551	12.15	14.0
Dạng sơ đồ c	0.99822	3.70E-05	0.1008	3.25	19.7	0.0017	1.7998	8.39	15.1
Dạng sơ đồ d	0.99822	2.30E-05	0.0729	2.81	12.3	0.0016	1.1090	12.43	13.8
Dạng sơ đồ e	0.99819	1.70E-05	0.0439	3.35	8.8	0.0018	1.9605	8.00	15.7

*Bảng 4. Kết quả các chỉ tiêu ĐTC của các dạng sơ đồ trạm biến áp khi xét bảo quản định kỳ*

Trạng thái	N	F (mất điện do sự cố)				A (có điện khi sự cố)			
		XSTT	XSTT (10 <sup>-5</sup> )	TSTT (1/năm)	TGTT (h)	$T_{md}$ (ph/năm)	XSTT (10 <sup>-3</sup> )	TSTT (1/năm)	TGTT (h)
Dạng sơ đồ a	0.96826	5.600	0.182	2.67	29.2	1.4840	0.926	14.04	13.00
Dạng sơ đồ b	0.96537	2.300	0.070	2.81	11.9	1.5490	1.117	12.15	13.57
Dạng sơ đồ c	0.96433	3.600	0.097	3.25	19.0	1.6660	1.739	8.39	14.59
Dạng sơ đồ d	0.96433	2.300	0.070	2.81	11.9	1.5210	1.071	12.43	13.32
Dạng sơ đồ e	0.96203	1.600	0.042	3.35	8.5	1.7250	1.889	8.00	15.11

**Bảng 5.** Kết quả các thông số trạng thái bảo quản định kỳ của các dạng sơ đồ trạm biến áp

Trạng thái	$F_M$ (mất điện do bảo quản định kỳ)				$A_M$ (có điện khi BQĐK)			
	XSTT ( $10^{-3}$ )	TSTT (1/năm)	TGTT (h)	$T_{md}$ (h/năm)	XSTT	TSTT (1/năm)	TGTT (h)	T (h/năm)
Dạng sơ đồ a	4.1780	5.81	12.6	73.20	0.0260	24.7	9.22	228.0
Dạng sơ đồ b	2.0830	2.90	6.3	18.25	0.0310	31.6	8.58	271.2
Dạng sơ đồ c	2.0810	2.89	6.3	18.23	0.0319	35.0	7.97	279.2
Dạng sơ đồ d	2.0810	2.89	6.3	18.23	0.0319	35.0	7.97	279.2
Dạng sơ đồ e	2.0760	2.89	6.3	18.18	0.0342	36.1	8.29	299.2

## 5. Nhận xét

- Bảng phương pháp không gian trạng thái có thể thu được đầy đủ thông tin về độ tin cậy của sơ đồ ở từng trạng thái riêng biệt. Có thể hợp nhất các trạng thái thành hai trạng thái “tốt”, “hỏng” và tính được các chỉ tiêu độ tin cậy cho từng trạng thái hợp nhất và cường độ chuyển trạng thái của sơ đồ trạm biến áp

Qua so sánh các chỉ tiêu độ tin cậy của 5 dạng sơ đồ ở Hình1, nhận thấy sơ đồ hệ thống một thanh góp không phân đoạn có độ tin cậy kém nhất, tần suất mất điện cao, thời gian mất điện do sự cố trung bình hằng năm là 29,2 phút; sơ đồ tứ giác có độ tin cậy cao nhất với tần suất mất điện thấp, thời gian mất điện sự cố hàng năm là 8,5 phút.

Riêng đối với bảo quản định kỳ các phần tử, nhận thấy thời gian phụ tải có điện lớn (trạng thái  $A_M$ ) nhờ việc có lập hợp lý phần tử được bảo quản. Tuy nhiên, thời gian phụ tải mất điện (trạng thái  $F_M$ ) vẫn còn có giá trị lớn gấp nhiều lần mất điện do sự cố ngẫu nhiên do cường độ bảo quản và thời gian bảo quản định kỳ lớn. Vì vậy cần phải có giải pháp rút ngắn thiệt hại mất điện này.

- Bảng phương pháp đề xuất, có thể đánh giá và so sánh các chỉ tiêu độ tin cậy của các sơ đồ trạm biến áp; ước lượng được lượng điện năng bị mất trung bình hằng năm do sự cố hoặc bảo dưỡng định kỳ [2, 3]. Từ đó, có thể so sánh kinh tế các phương án để lựa chọn dạng sơ đồ hợp lý [4].

- Trong bài báo này chỉ mới xét đến sự cố hoặc BQĐK

một phần tử. Trong thực tế, có thể có các trường hợp sự cố xếp chồng ví dụ khi phần tử này đang được sửa chữa sự cố hoặc bảo dưỡng, thì xảy ra sự cố ở phần tử khác. Vì vậy cần mở rộng bài toán có các trạng thái tổ hợp các trạng thái của nhiều phần tử, chẳng hạn  $A_S B_S$ ,  $A_M B_S$ ...

## 6. Kết luận

Tóm lại, bằng phương pháp không gian trạng thái, có thể đánh giá độ tin cậy của các sơ đồ trạm biến áp, ước lượng được thời gian mất điện trung bình, thiệt hại điện năng mất trung bình hằng năm do ngừng điện sự cố hay ngừng điện kế hoạch. Kết quả nghiên cứu trong bài báo có thể được phát triển và ứng dụng để đánh giá độ tin cậy của tất cả các dạng sơ đồ phức tạp hơn ở các trạm biến áp khu vực có cấp điện áp 110KV trở lên; phục vụ hiệu quả cho bài toán so sánh kinh tế - kỹ thuật nhằm lựa chọn các sơ đồ thiết bị phân phối tối ưu ở các trạm biến áp trong hệ thống điện.

## Tài liệu tham khảo

- [1] Nguyễn Hữu Khái, *Phần điện trong nhà máy điện và trạm biến áp*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, 1998
- [2] Trần Bách, *Lưới điện và Hệ thống điện*, tập II, NXB Khoa học và Kỹ thuật, 2000.
- [3] J. Endrenyi, *Reliability Modelling in Electric Power Systems*, John Wiley & Sons, 1978
- [4] Trần Đức Chung, *Nghiên cứu lựa chọn sơ đồ thiết bị phân phối trạm biến áp 220kV trên cơ sở chỉ tiêu độ tin cậy*, Luận văn thạc sĩ, 2013

(BBT nhận bài: 06/05/2014, phản biện xong: 23/05/2014)