

NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO BỘ TẠO SỐ LIỆU NGẪU NHIÊN ĐỂ MÔ PHỎNG GIÁM SÁT ỔN ĐỊNH TĨNH CÓ XÉT ĐẾN CÁC YẾU TỐ BẤT ĐỊNH

RESEARCH ON MANUFACTURING RANDOM NUMBER GENERATORS FOR MODELLING AND MONITORING STATIC STABILITY CONSIDERING UNCERTAINTIES

Ngô Văn Dương¹, Phạm Văn Kiên², Lê Đình Dương², Huỳnh Văn Kỳ¹

¹Đại học Đà Nẵng; nvduong@ac.udn.vn, hvky@ac.udn.vn

²Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng; pvkien@dut.udn.vn, ldduong@dut.udn.vn

Tóm tắt - Trong thực tế vận hành hệ thống điện (HTĐ), các thông số vận hành và cấu trúc lưới thay đổi một cách ngẫu nhiên. Vì vậy để tính toán phân tích chính xác tính chất các trạng thái vận hành của HTĐ, cần phải xét đến các yếu tố bất định của thông tin đầu vào. Để xây dựng các mô hình mô phỏng nghiên cứu các chế độ làm việc của HTĐ có xét đến yếu tố bất định, cần có các bộ tạo số liệu ngẫu nhiên giả định. Bài báo trình bày kết quả thiết kế chế tạo bộ tạo số liệu ngẫu nhiên để mô phỏng các đặc tính ngẫu nhiên của các yếu tố trong HTĐ. Bộ tạo số liệu ngẫu nhiên được sử dụng kết hợp với các thiết bị thí nghiệm của hãng LabVolt để xây dựng mô hình mô phỏng giám sát ổn định HTĐ IEEE 9BUS có xét đến các yếu tố bất định. Kết quả có thể áp dụng để xây dựng các bộ tạo số liệu ngẫu nhiên mô phỏng các phần tử HTĐ dùng cho các nghiên cứu thực nghiệm.

Từ khóa - bộ tạo số liệu ngẫu nhiên; ổn định; yếu tố bất định; mô phỏng hệ thống điện; đặc tính ngẫu nhiên.

1. Đặt vấn đề

Trong quá trình tính toán các bài toán phân tích các chế độ làm việc của hệ thống điện (HTĐ) thì các thông số vận hành như công suất phụ tải, công suất phát của máy phát, điện áp đầu cực máy phát,... đều cho bằng giá trị cố định (hằng số) và cấu trúc mạng điện (trạng thái làm việc của các thiết bị đóng cắt và các đường dây liên kết...) xem như không thay đổi [1]. Kết quả tính toán sẽ cung cấp thông tin về các thông số chế độ hệ thống điện là những giá trị cố định. Tuy nhiên trong thực tế vận hành, công suất đầu ra của các nhà máy điện không phải là hằng số, công suất các nút phụ tải cũng luôn biến đổi theo thời gian và tuân theo những quy luật riêng của nó, các đường dây, máy biến áp, máy phát điện và các thiết bị khác trong quá trình làm việc có thể bị sự cố với một xác suất nào đó [2, 3], và nếu như nó bị sự cố thì thiết bị đó được tách ra khỏi hệ thống, dẫn đến cấu trúc lưới sẽ thay đổi. Hơn nữa, đối với các HTĐ hiện đại ngày nay, khi kết nối thêm các nguồn năng lượng mới như gió, mặt trời,... và công suất phát của các nguồn này rất phức tạp, luôn biến đổi rất nhanh và chứa các yếu tố bất định. Cho nên, để tính toán đánh giá mức độ an toàn của hệ thống điện, thì các thông số vận hành và cấu trúc lưới phải được lấy theo các đại lượng ngẫu nhiên, khi đó, kết quả các thông số chế độ cũng là những giá trị ngẫu nhiên. Tùy theo xác suất xuất hiện các giá trị vượt giới hạn cho phép sẽ đánh giá được mức độ an toàn của hệ thống điện. Tùy theo tính chất của nguồn, tải và cấu trúc lưới hàm phân bố ngẫu nhiên của đại lượng sẽ khác nhau. Để xây dựng các mô hình mô phỏng khảo sát các chế độ làm việc của hệ thống điện, cần có thiết bị tạo số liệu ngẫu nhiên để mô phỏng các phần tử của hệ thống điện như phụ tải, máy phát,... để cung cấp thông tin cho các chương trình tính toán.

Abstract - In practical operation of power systems, operating parameters and grid configuration change randomly; hence, in order to exactly calculate and analyse characteristics of operation status of power systems, uncertainty of input information must be taken into account. To build simulation models to study operation modes of power systems considering uncertainty, random number generators are needed. This paper presents the result of designing and manufacturing a random number generator to simulate random features of factors in a power system. The random number generator is used together with laboratory equipment of LabVolt to build a model for modelling and monitoring stability of IEEE 9BUS system considering uncertainties. Obtained results can be applied to build random number generators for modelling elements in power system for experimental study.

Key words - random number generator; stability; uncertainty; power system modelling; random characteristics.

2. Đặc tính ngẫu nhiên của các phần tử trong hệ thống điện theo lý thuyết tính toán xác suất

Để xây dựng được các đặc tính ngẫu nhiên của các phần tử hệ thống điện, cần thu thập được bộ số liệu thống kê về sự xuất hiện các giá trị của nó trong thời gian quá khứ, trên cơ sở đó, sử dụng lý thuyết tính toán xác suất [4] cho phép xác định được đặc tính ngẫu nhiên của phần tử. Theo kinh nghiệm vận hành, mỗi phần tử của hệ thống điện thường có dạng đặc tính ngẫu nhiên đặc trưng sau:

a. *Đối với công suất nút phụ tải*: Để biểu diễn sự thay đổi ngẫu nhiên của công suất các nút phụ tải trong hệ thống điện, chúng ta có thể dùng hàm phân phối chuẩn Gaussian [2, 3]. Theo đó, hàm mật độ xác suất của hàm phân phối chuẩn của biến ngẫu nhiên X được xác định:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (1-1)$$

Trong đó: μ là kỳ vọng (giá trị trung bình), σ là độ lệch chuẩn; đây là hai tham số chính của hàm phân phối chuẩn.

Và hàm phân phối xác suất của hàm phân phối chuẩn được tính toán như sau:

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}} dt \quad (1-2)$$

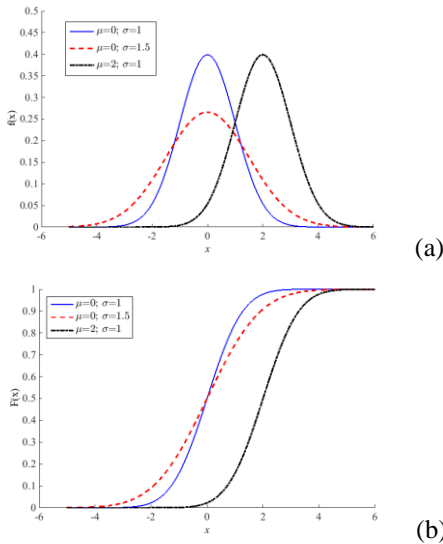
Trường hợp đặc biệt khi $\mu = 0$ và $\sigma^2 = 1$, hàm được gọi là hàm phân phối chuẩn hóa (Standard normal distribution), khi đó hàm mật độ xác suất và hàm phân phối xác suất xác định như sau:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}} \quad (1-3)$$

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt \quad (1-4)$$

Trong xác suất và thống kê, hàm phân phối chuẩn của biến ngẫu nhiên X thường được ký hiệu là: $X \sim N(\mu, \sigma^2)$.

Hình 1 trình bày một số ví dụ về hàm mật độ xác suất và hàm phân phối xác suất của hàm phân phối chuẩn với các tham số khác nhau:



Hình 1. Hàm mật độ xác suất (a) và hàm phân phối xác suất (b) của phân phối chuẩn (Gaussian)

Khi biểu diễn tính biến đổi ngẫu nhiên của phụ tải, các tham số của hàm (Gaussian) này có thể xác định được trong thực tế, thông qua các số liệu thu thập được của phụ tải trong quá trình vận hành. Trong nghiên cứu khi không có số liệu thực tế, đặc biệt là khi dùng các hệ thống điện mẫu thì tham số giá trị kỳ vọng thường được lấy bằng giá trị xác lập của phụ tải trong hệ thống, phương sai và độ lệch chuẩn có thể giả sử để tính toán, khảo sát.

b. *Đối với phần tử máy biến áp, đường dây:* Trong quá trình vận hành hệ thống điện, các phần tử máy biến áp, đường dây có thể bị sự cố với một xác suất nào đó. Ứng với mỗi trạng thái làm việc của các phần tử máy biến áp và đường dây sẽ cho một trạng thái của cấu trúc lưới. Trạng thái làm việc của phần tử mô tả theo xác suất là: làm việc với xác suất p và có khả năng hỏng hóc với xác suất $(1-p)$. Hàm phân bố mô tả sự bất định cho trạng thái của máy biến áp và đường dây thường là hàm phân bố nhị thức (Binomial distribution). Hàm phân phối nhị thức là hàm phân bố rời rạc. Một biến ngẫu nhiên nhị thức X thể hiện số lần thành công x trong n phép thử độc lập Bernoulli để tìm kết quả có hay không của sự thành công trong mỗi phép thử.

Đối với thí nghiệm Bernoulli, giả sử có hai kết quả có thể xảy ra là thành công (ký hiệu "1") với xác suất p và không thành công (ký hiệu "0") với xác suất $(1-p)$. Hàm phân phối chỉ cho giá trị là "0" hay "1" như trên được gọi là hàm 0-1.

Phép thử độc lập trên được lặp lại n lần, nếu số lần thành công là x thì xác suất tương ứng sẽ là p^x cho sự kiện thành công và $(1-p)^{n-x}$ cho sự kiện không thành công. Hai tham số đặc trưng của phân phối này là n và p .

Hàm mật độ xác suất của phân phối nhị thức [4] được biểu diễn:

$$f(x; n, p) = \binom{n}{x} p^x (1-p)^{n-x} \quad (1-5)$$

$$\text{Với } \binom{n}{x} = \frac{n!}{x!(n-x)!} \quad x = 0, 1, 2, \dots, n$$

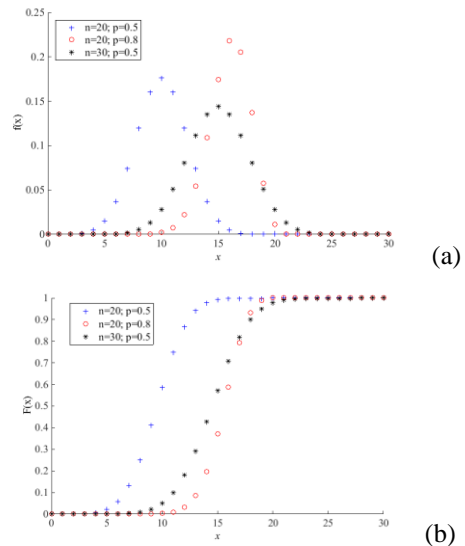
Hàm phân phối xác suất [4] xác định như sau:

$$F(x; n, p) = \sum_{i=0}^x \binom{n}{i} p^i (1-p)^{n-i} \quad (1-6)$$

Giá trị trung bình (kỳ vọng) và phương sai được tính như sau:

$$\begin{aligned} \mu &= np \\ \sigma^2 &= np(1-p) \end{aligned}$$

Hình 2 lần lượt vẽ hàm mật độ xác suất và hàm phân phối xác suất cho phân phối nhị thức với các tham số n và p khác nhau.



Hình 2. Hàm mật độ xác suất (a) và hàm phân phối xác suất (b) của phân phối nhị thức

Trong thực tế, các tham số của các hàm trên có thể xác định được dựa trên các số liệu thống kê về hỏng hóc của các phần tử. Trong nghiên cứu, khi có thông tin đầy đủ về tần suất hỏng hóc của các phần tử trong quá trình vận hành, thì có thể tính toán được một giá trị hợp lý cho các tham số của hàm phân bố.

c. *Đối với các nguồn năng lượng mới:* Đối với nguồn năng lượng mới như năng lượng gió, công suất đầu ra là hàm theo vận tốc gió thổi vào tuabin. Vận tốc gió là một biến ngẫu nhiên biến đổi theo quy luật riêng của nó. Hàm Weibull [2, 3] thường được dùng phổ biến để biểu diễn quy luật phân bố của vận tốc gió.

Hàm phân phối Weibull là hàm phân phối liên tục. Hàm mật độ xác suất và hàm phân phối xác suất của hàm Weibull được xác định như sau:

$$f(x) = \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha-1} e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha} \quad (1-7)$$

$$F(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha} \quad (1-8)$$

Trong đó α và β là các số không âm và lần lượt là tham số hình dáng và tỉ lệ của hàm Weibull.

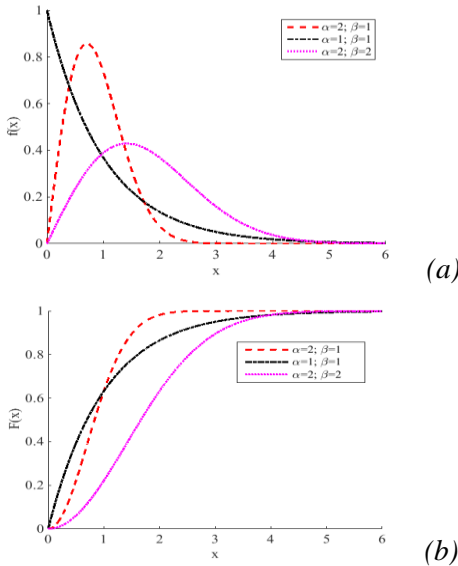
Giá trị trung bình (kỳ vọng) và phương sai được tính như sau:

$$\mu = \beta\Gamma\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right)$$

$$\sigma^2 = \beta\Gamma\left(1 + \frac{2}{\alpha}\right) - \left[\beta\Gamma\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right)\right]^2$$

Với Γ là hàm nổi tiếng Gamma trong xác suất và thống kê.

Hình 3 thể hiện đồ thị của hàm mật độ xác suất và hàm phân phối xác suất cho phân phối Weibull với các tham số α và β khác nhau.



Hình 3. Hàm mật độ xác suất (a) và phân phối xác suất (b) của phân phối Weibull

Tùy theo dữ liệu có được về vận tốc gió, dùng các kỹ thuật trong xác suất và thống kê chúng ta có thể tìm ra quy luật phân bố hợp lý.

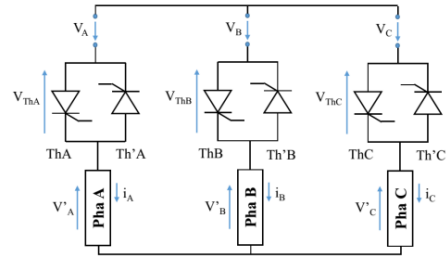
Như vậy, trong hệ thống điện luôn tồn tại nhiều yếu tố ngẫu nhiên có nguồn gốc từ sự biến đổi ngẫu nhiên của phụ tải, sự hỏng hóc ngẫu nhiên của các phần tử trong hệ thống, v.v. Đối với hệ thống điện ngày nay, ngoài các yếu tố bất định trên, khi các nguồn năng lượng mới như gió, mặt trời,... kết nối vào hệ thống, sẽ góp phần tăng thêm các yếu tố ngẫu nhiên cho hệ thống điện. Tùy thuộc vào mục đích khi tính toán mô phỏng cho từng loại phần tử, chúng ta có thể sử dụng các hàm phân bố xác suất tương ứng ở trên cho phù hợp.

3. Thiết kế, chế tạo bộ tạo số liệu ngẫu nhiên

Từ các nhu cầu đặt ra được nêu trong Mục 1 kết hợp với các đặc tính ngẫu nhiên thường áp dụng cho các phần tử hệ thống điện trong Mục 2, đã thiết kế chế tạo thành công bộ tạo số liệu ngẫu nhiên dùng trong mô phỏng các bài toán hệ thống điện. Bộ tạo số liệu ngẫu nhiên bao gồm hai mô-đun chính: Mô-đun phần cứng dùng để kết nối với mô hình mô phỏng hệ thống điện sử dụng các thiết bị của hãng LabVolt, và chương trình phần mềm ứng dụng lý thuyết xác suất chạy trên máy tính để tạo ra các bộ dữ liệu ngẫu nhiên.

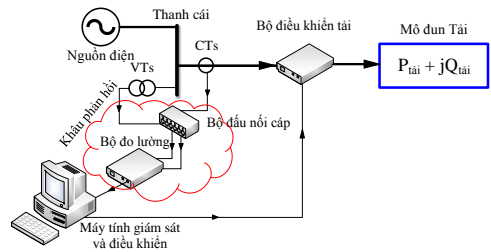
Ví dụ: Để tạo ra số liệu ngẫu nhiên cho công suất tiêu thụ của phụ tải, trong bộ tạo tín hiệu ngẫu nhiên, các thyristor được sử dụng để thay đổi góc mở điều khiển, từ

đó thay đổi giá trị công suất tiêu thụ cho các phụ tải như Hình 4.



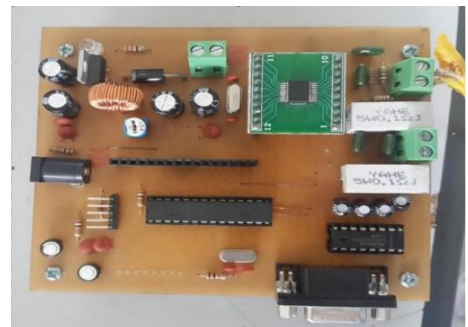
Hình 4. Sơ đồ đấu nối thyristor

Sơ đồ nguyên lý đầu nối bộ điều khiển tạo tín hiệu ngẫu nhiên [1] của phụ tải với mô hình hệ thống điện và giao tiếp với máy tính như trong Hình 5.



Hình 5. Sơ đồ nguyên lý đầu nối mô-đun tạo tín hiệu ngẫu nhiên

Để điều khiển công suất của phụ tải mang tính ngẫu nhiên, trước hết phần mềm trong máy tính sẽ tạo bộ số liệu ngẫu nhiên của phụ tải theo các hàm phân phối đã được trình bày ở Mục 2. Từ bộ số liệu ngẫu nhiên được tạo ra, phần mềm điều khiển phụ tải sẽ truyền số liệu qua bộ điều khiển tải để tạo góc mở cho các chân điều khiển thyristor để thay đổi giá trị dòng và áp cho phụ tải ở các pha A, B, C tương ứng, từ đó có thể điều chỉnh được công suất tiêu thụ của các phụ tải theo các số liệu ngẫu nhiên được tạo ra. Để kiểm tra giá trị phụ tải thực tế có chính xác hay chưa, khâu phản hồi sẽ đo lường lại các thông số P, Q của phụ tải và từ đó đưa ra các quyết định điều chỉnh phù hợp để đảm bảo giá trị công suất tiêu thụ trên phụ tải chính xác theo yêu cầu.

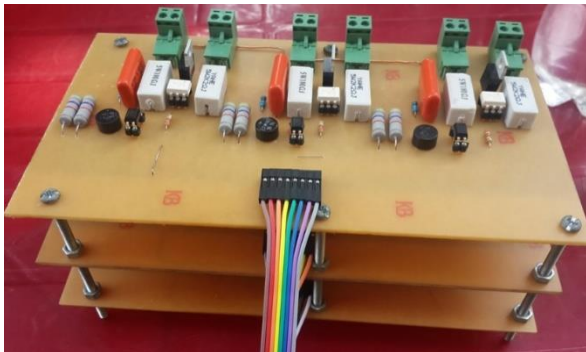


Hình 6. Mô-đun giao tiếp với máy tính kết hợp với đo lường U, I, P, Q

Bộ điều khiển phụ tải bao gồm hai mô-đun: Mô-đun giao tiếp máy tính và mô-đun điều khiển tải. Mô-đun giao tiếp máy tính (Hình 6) có nhiệm vụ trao đổi dữ liệu từ các phần mềm liên quan trong máy tính với mô-đun điều khiển phụ tải.

Mô-đun điều khiển phụ tải (Hình 7) có nhiệm vụ điều khiển công suất tiêu thụ trên phụ tải theo yêu cầu đặt ra. Yêu cầu chung của mạch điều khiển có thể mô tả như sau:

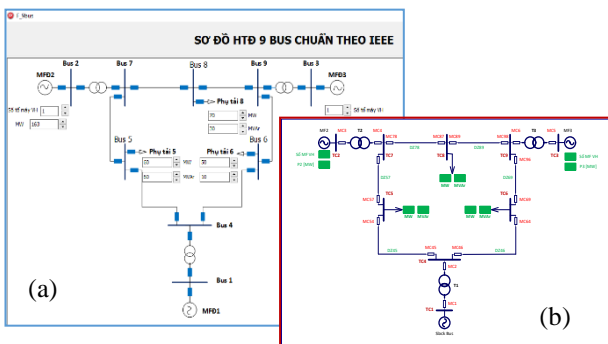
- Phát xung điều khiển đến các van lực theo đúng thứ tự pha và theo đúng góc điều khiển Ψ cần thiết;
- Đảm bảo phạm vi điều khiển tương ứng với phạm vi thay đổi điện áp ra tải của mạch lực;
- Cho phép bộ điều áp làm việc bình thường với các chế độ khác nhau do tải yêu cầu;
- Đảm bảo mạch hoạt động ổn định và tin cậy khi lưới điện xoay chiều dao động cả về giá trị điện áp và tần số;
- Có khả năng chống nhiễu công nghiệp tốt;
- Tốc độ tác động của mạch điều khiển nhanh, dưới 1ms;
- Đảm bảo xung điều khiển phát tới các van phù hợp để mở chắc chắn van.



Hình 7. Mô-đun điều khiển phụ tải theo các dữ liệu ngẫu nhiên

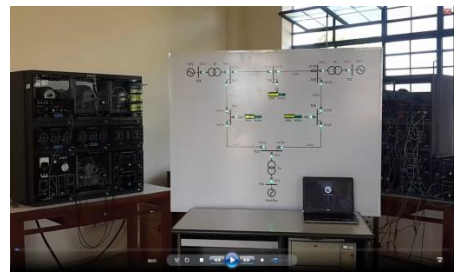
4. Ứng dụng bộ tạo số liệu ngẫu nhiên để xây dựng mô hình mô phỏng giám sát ổn định tĩnh hệ thống điện IEEE 9Bus

Xét mô hình hệ thống điện IEEE 9bus (Hình 8) gồm ba nguồn phát nối vào các Bus 1, Bus 2 và Bus 3, trong đó Bus 1 đóng vai trò là nút cân bằng. Các phụ tải được nối vào các Bus 5, Bus 6 và Bus 8. Các thông số của hệ thống được cho như trong Bảng 1 và Bảng 2. Trong mô hình Hình 8b, nguồn phát nối vào Bus 1 được sử dụng bởi bộ nguồn ba pha của LabVolt cấp nguồn từ lưới điện xoay chiều 380/220V, hai nguồn phát còn lại là hai hệ thống máy phát điện ba pha của LabVolt.



Hình 8. Sơ đồ hệ thống điện IEEE 9Bus giao diện trong phần mềm (a) và giao diện mô hình mô phỏng thực tế (b)

Các máy biến áp, đường dây, thanh cái (Busbar), máy cắt, máy biến dòng, máy biến điện áp đều là các thiết bị của hãng LabVolt có độ chính xác 0,2. Mô hình mô phỏng thực tế sau khi lắp ráp hoàn thiện như Hình 9.



Hình 9. Mô hình mô phỏng hệ thống điện IEEE 9Bus kết nối với các thiết bị LabVolt sau khi hoàn thiện

Bảng 1. Số liệu thông tin nút của hệ thống điện IEEE 9Bus ở chế độ xác lập

Nút	Loại nút	Công suất tác dụng (MW)	Công suất phản kháng (MVar)	Uđm (kV)
1	Slack	-	-	16,5
2	PV	163	-	18
3	PV	85	-	13,8
4	Phụ tải	0	0	230
5	Phụ tải	125	50	230
6	Phụ tải	90	30	230
7	Phụ tải	0	0	230
8	Phụ tải	100	35	230
9	Phụ tải	0	0	230

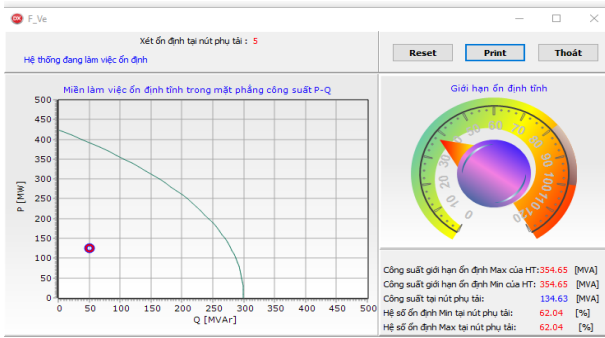
Bảng 2. Số liệu thông tin nhánh của hệ thống điện IEEE 9Bus ở chế độ xác lập

Nút đầu	Nút cuối	r[pu]	x[pu]	b[pu]	Ghi chú
1	4	-	0,05760	-	MBA
2	7	-	0,06250	-	MBA
3	9	-	0,05860	-	MBA
4	5	0,01000	0,08500	0,17600	ĐZ
4	6	0,01700	0,09200	0,15800	ĐZ
5	7	0,03200	0,16100	0,30600	ĐZ
6	9	0,03900	0,17000	0,35800	ĐZ
7	8	0,00850	0,07200	0,14900	ĐZ
8	9	0,01190	0,10080	0,20900	ĐZ

Ở chế độ làm việc bình thường, ứng với giá trị công suất phụ tải tại Bus 5 có $P_5 = 125$ MW và $Q_5 = 50$ MVar, sử dụng chương trình tính toán đánh giá ổn định tĩnh để vẽ miền làm việc ổn định trong mặt phẳng P-Q [1, 5, 6, 7], cho phụ tải nút 5 trong trường hợp không xét đến yếu tố ngẫu nhiên của nguồn phát, cấu trúc lưới và phụ tải, kết quả tính toán được thể hiện như trong Hình 10. Từ kết quả trên Hình 10 cho thấy:

- Hệ thống đang làm việc ổn định với công suất giới hạn là 354,65 [MVA] tương ứng với hệ số ổn định là 62,04%, công suất phụ tải nút 5 là 134,63 [MVA].
- Đường giới hạn ổn định trong mặt phẳng công suất P-Q chỉ có một đường duy nhất ứng với một trạng thái

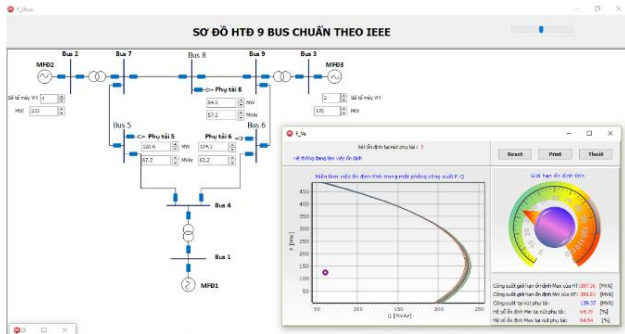
vận hành của hệ thống.



Hình 10. Miền làm việc ổn định trong mặt phẳng công suất P-Q xét tại nút 5

Nếu sử dụng phần mềm Conus 7.0 tính toán cho sơ đồ trên xét tại nút 5, chúng ta cũng nhận được kết quả là hệ thống ổn định với giá trị điện áp tại nút 5 là 212,893 kV.

Khi cho thông tin phụ tải tại các Bus 5, Bus 6 và Bus 8 nhận giá trị ngẫu nhiên từ bộ tạo số liệu ngẫu nhiên. Với giả thiết kỳ vọng (giá trị trung bình) của các hàm phân phối chuẩn của công suất phụ tải tại các nút 5, 6, 8 được lấy bằng giá trị xác lập của công suất tại các nút đó, độ lệch chuẩn của các hàm cho các nút 5, 6, 8 lần lượt giả sử được lấy bằng 10, 9, 10,5 % của kỳ vọng. Tương tự, các đường dây được xét với xác suất sự cố 0,1% (mô tả bằng hàm Binomial Distribution). Nhà máy nối vào nút 2 và 3 lần lượt được giả sử có 4 và 3 tổ máy, xác suất sự cố mỗi tổ của các nhà máy lần lượt là 2,0 và 1,5% (mô tả bằng hàm Binomial Distribution). Kết quả miền làm việc theo điều kiện giới hạn ổn định tĩnh của nút 5 khi xét đến yếu tố bất định của nguồn, tải và cấu trúc lưới như Hình 11.



Hình 11. Kết quả tính toán và vẽ miền làm việc ổn định tĩnh cho sơ đồ hệ thống điện IEEE 9 nút có xét đến tính chất ngẫu nhiên của tải, nguồn và cấu trúc lưới tại nút phụ tải số 5

Như vậy, khi không xét đến các yếu tố bất định, đường cong giới hạn ứng với mỗi trạng thái vận hành của hệ thống điện chỉ có một đường duy nhất. Ngược lại, khi xét đến các yếu tố bất định, ta vẽ được một tập hợp các đường cong giới hạn, tạo nên một vùng làm việc nguy hiểm theo điều kiện ổn định (có khả năng mất ổn định). Trong trường hợp này, việc đánh giá ổn định hệ thống điện có điểm khác so với khi không xét các yếu tố

bất định như trong các nghiên cứu trước đây, cụ thể như sau:

- Khi điểm làm việc còn nằm trong vùng giới hạn bởi hai trục tọa độ và chưa chạm đến các đường cong giới hạn, hệ thống chắc chắn ổn định (Hình 11);
- Khi điểm làm việc vượt quá tập hợp các đường cong giới hạn thì hệ thống chắc chắn mất ổn định;
- Khi điểm làm việc nằm trên vùng tạo bởi các đường cong giới hạn thì hệ thống có khả năng mất ổn định với một xác suất nào đó, khả năng này lớn hay nhỏ tùy theo vị trí của điểm làm việc đã cắt bao nhiêu đường cong xác định vùng nguy hiểm.

5. Kết luận

Kết quả đạt được của “Bộ tạo số liệu ngẫu nhiên” có thể áp dụng để tính toán thiết kế các bộ tạo số liệu ngẫu nhiên, dùng cho các nghiên cứu mô phỏng thực nghiệm các bài toán phân tích hệ thống điện, đồng thời còn có thể ứng dụng mô-đun này để mô phỏng thực nghiệm cho các thông số đầu vào của các tuabin gió, bức xạ mặt trời trong nghiên cứu ứng dụng về năng lượng mới.

Mô hình mô phỏng giám sát ổn định tĩnh cho hệ thống điện IEEE 9Bus, có xét đến các yếu tố bất định của các thông số vận hành và cấu trúc hệ thống điện, cho phép đánh giá được mức độ an toàn của hệ thống điện về phương diện ổn định ứng với các chế độ vận hành khác nhau. Từ kết quả mô phỏng, có thể áp dụng để xây dựng các phần mềm giám sát ổn định cho các hệ thống điện thực tế, đồng thời xây dựng các mô hình mô phỏng để thử nghiệm tìm giải pháp nâng cao khả năng ổn định cho hệ thống điện ứng với các trạng thái vận hành khác nhau.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] TS. Lê Đình Dương, PGS. TS. Ngô Văn Dương, ThS. Phạm Văn Kiên, ThS. Huỳnh Văn Kỳ, “Nghiên cứu xây dựng mô hình mô phỏng giám sát ổn định hệ thống điện có xét đến các yếu tố bất định của nguồn, tải và cấu trúc lưới”, đề tài NCKH cấp Đại học Đà Nẵng, mã số Đ2015-02-114.
- [2] D. D. Le, A. Berizzi, C. Bovo, E. Ciapponi, D. Cirio, A. Pitto, and G. Gross, “A probabilistic approach to power system security assessment under uncertainty”, Bulk Power System Dynamics and Control – IX Optimization, Security and Control of the Emerging Power Grid, 2013 IREP Symposium, pp. 1-7, Greece, Aug. 2013 (IEEE Xplore).
- [3] Lê Đình Dương, Nguyễn Thị Ái Nhi, Huỳnh Văn Kỳ, *Giải pháp tính toán và phân tích các chế độ vận hành của hệ thống điện bằng phương pháp xác suất*, Hội nghị Khoa học và Công nghệ Điện lực toàn quốc năm 2014, trang 494-503.
- [4] TS. Lê Bá Long, *Lý thuyết xác suất và thống kê toán*, Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông, Hà Nội, 2006.
- [5] C. W. Taylor (1994), *Power System Voltage Stability*, McGraw-Hill, New York.
- [6] Маркович И.И. (1969), *Режимы электрических систем, Энергия, Москва*.
- [7] P. Kundur (1994), *Power System Stability and Control*, McGraw-Hill, New York.