

MÔ PHỎNG CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN ỔN ĐỊNH ĐIỆN ÁP TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN

DYNAMIC SIMULATION OF FACTORS THAT INFLUENCED VOLTAGE STABILITY

**Nguyễn Đăng Toàn¹, Kiều Tuấn Anh¹, Nguyễn Văn Đạt¹,
Trần Việt Đức², Trần Hồng Quân³,**

¹Trường Đại học Điện lực, ²Điện lực Nam Định, ³Điện lực Hà Nội

Tóm tắt: Bài báo giới thiệu một ví dụ được xây dựng trên nền tảng của Simulink để nghiên cứu về ổn định điện áp và điều khiển hệ thống điện. Trong khi phân tích các vấn đề trên thường phải dùng đến các phần mềm thương mại bản quyền, nhưng chúng thường rất đắt và khó tiếp cận được. Phần mềm Matlab-Simulink thì khá là hữu ích cho các sinh viên và các nhà nghiên cứu trong việc mô phỏng các hiện tượng thực tế, nhất là hiện tượng hiện tượng phức tạp như sụp đổ điện áp. Sau khi giới thiệu về các yếu tố ảnh hưởng đến sụp đổ điện áp, bài báo dùng Simulink để mô phỏng các yếu tố ảnh hưởng đến ổn định điện áp. Các kết quả là tin cậy và có thể dùng để giảng dạy, hoặc ứng dụng cho các nghiên cứu thực tế.

Từ khóa: Mô phỏng động, Matlab-Simulink, Điều khiển hệ thống điện, ổn định điện áp.

Abstract: This paper presents a Simulink-based test case developed for the purpose of illustrating voltage stability and power system control. Licensed software are normally required for analyzing such problems, but they are expensive and inapproachable for students. The Matlab-Simulink software is helpful for not only students but also researchers in simulating real-life and complicated phenomena such as voltage collapse. Following a brief description of factors that impacted on the problem of voltage collapse, the paper uses Simulink to simulate several elements of major influence on voltage stability. The tested results are reliable and could be applied to teaching or practical research.

Keywords: Dynamic simulation, Matlab-Simulink, power system control, voltage stability.

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Những năm gần đây, các áp lực từ sự phát triển kinh tế nhanh dẫn đến tăng nhanh nhu cầu phụ tải điện. Áp lực về mở rộng và phát triển hệ thống điện (HTĐ) đã khiến cho các HTĐ đang được vận hành gần với giới hạn về ổn định và an ninh. Kết quả là các HTĐ yếu, mang tải nặng, truyền tải công suất lớn bằng những đường dây dài điện áp cao và ngày càng đối mặt với vấn đề ổn định, nhất là ổn định điện áp. Đã có một số sự cố tan rã HTĐ gần đây do mất ổn định điện áp như: tại Pháp ngày 19/12/1978, Bỉ ngày 4/8/1982, Thụy Điển ngày 27/12/1983, Florida - Mỹ ngày 17/5/1985, Miền Tây nước Pháp ngày 12/1987, Tokyo - Nhật Bản ngày 23/7/1987, Phần Lan ngày 8/1992, các bang miền Tây nước Mỹ ngày 2/7/1996, Hi Lạp ngày 12/7/2004 [1-3].

Tại Việt Nam cũng đã có các sự cố mất ổn định điện áp dẫn đến chia tách, hoặc tan rã một phần HTĐ như: Sự cố ngày 17/5/2005 xảy ra do mất 2 bộ tụ bù dọc 500kV ở chế độ vận hành cao điểm, điện áp thấp gây mất ổn định điện áp làm tách đôi hệ thống điện 500kV Việt Nam, tổng lượng tải bị mất là 1074MW.

Sự cố ngày 25/9/2009 lúc 10h07 điện áp sụt giảm nhanh tại trạm 500kV Đà Nẵng (425kV) và trạm 500kV Hà Tĩnh (415kV) gây sụp đổ điện áp trên hệ thống điện 500kV. Tại trạm Hà Tĩnh, bảo vệ điện áp thấp ở mức 2 (350kV) đã tác động cắt cả 2 mạch đường dây 500kV Hà Tĩnh - Đà Nẵng làm tách đôi hệ thống điện 500kV Việt Nam, tổng lượng tải bị mất là 1440MW.

Sự cố ngày 22/5/2013: vào lúc 14h19 đã xảy ra ngắn mạch trên đường dây 500kV Di Linh - Tân Định. Sự cố đường dây 500kV trong lúc truyền tải công suất cao làm mất liên kết HTĐ 500kV Bắc - Nam, sụp đổ điện áp gây nhảy tất cả các tổ máy phát điện trong hệ thống điện miền Nam, dẫn tới mất điện 22 tỉnh phía Nam Việt Nam. Tổng lượng công suất bị mất khoảng 9400MW.

Hậu quả của các sự cố thường rất nghiêm trọng dưới quan điểm kinh tế và an ninh năng lượng. Vì vậy mà vấn đề này vẫn đã và đang là một trong những vấn đề nóng hổi cho các nhà nghiên cứu, và các công ty điện lực.

Rất nhiều nghiên cứu đã được tiến hành, chủ yếu tập trung vào các vấn đề sau [1-4, 11]:

- *Công cụ và phương pháp nghiên cứu*: Lựa chọn các công cụ và phương pháp (mà có thể hiểu cơ chế) của hiện tượng sụp đổ điện áp và cung cấp các công cụ mô phỏng chính xác để trợ giúp, cho việc phân tích, tính toán thiết kế, qui hoạch HTĐ;
- *Mô hình hóa thiết bị điện*: Lựa chọn các mô hình phù hợp với việc nghiên cứu ổn định điện áp, đặc biệt là các thiết bị như máy phát điện, bộ điều áp dưới tải (ULTC), bộ giới hạn kích từ (OEL), tải phụ thuộc điện áp như động cơ điện...;
- *Các chỉ số đánh giá*: để giúp cho người vận hành đánh giá được tình trạng làm việc của hệ thống, xác định được đó là chế độ an ninh hay không. Hơn nữa, nó còn là tiêu chuẩn để đánh

giá độ dự trữ ổn định điện áp của hệ thống;

- *Chiến lược điều khiển:* Cuối cùng là đề nghị các chiến lược về phòng ngừa và ngăn chặn các sự cố sụp đổ điện áp.

Đối với một HTĐ thực tế, người ta cần có một công cụ tin cậy cho việc đánh giá mức độ ổn định điện áp. Để HTĐ được vận hành, tin cậy, an toàn, và kinh tế, thì người vận hành HTĐ cần phải biết hệ thống điện đang ở đâu, chế độ đang vận hành là an ninh hay không, khi nào thì HTĐ sẽ đi vào vùng nguy hiểm. Đối với trường hợp nguy kịch, người vận hành HTĐ cần phải có những biện pháp đối phó thích hợp để ngăn chặn sự mất ổn định hay sụp đổ điện áp.

Để tìm hiểu về sự cố, phân tích các yếu tố ảnh hưởng thì người ta thường phải áp dụng phương pháp mô phỏng động bằng các chương trình phân tích HTĐ như PSS/E-PTI, EUROSTAG, POWERWORLD... tuy nhiên các chương trình này thường đòi hỏi bản quyền, rất đắt tiền, các mô hình thiết bị động thường được đóng kín như các hộp đen (không thể truy cập, thay đổi được), gồm nhiều tính năng khác nhau, phức tạp nên đòi hỏi thời gian tìm hiểu lâu.

Trong khi đó Matlab-Simulink là gói công cụ khá phổ biến, được giảng dạy trong các trường đại học, dễ sử dụng cho phép người dùng mô tả được nhiều bài toán khác nhau, cho phép can thiệp, hiệu chỉnh các mô hình thiết bị. Trong phần tiếp theo, bài báo sẽ đi vào phân tích mô hình dùng để phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến sụp đổ điện áp. Các kết quả không những có thể được áp

dụng cho các môn học của bậc đại học, cao học, mà còn để áp dụng cho các nghiên cứu, và ứng dụng trong thực tế.

2. NHỮNG TÍNH NĂNG CỦA SIMULINK

Với sự tăng lên của các giao dịch năng lượng, sự tích hợp các nguồn năng lượng tái tạo, dưới áp lực của thị trường điện làm cho vấn đề ổn định, điều khiển động HTĐ đang là một yêu cầu cấp thiết cho các nhà vận hành và thiết kế HTĐ. Bên cạnh việc phân tích trào lưu công suất (để đánh giá sự quá tải, tổn thất công suất, điện áp) thì rất cần thiết phải phân tích vấn đề ổn định, yếu tố động của các thiết bị trong hệ thống điện.

Simulink rất phù hợp cho việc mô phỏng động với sự tích hợp các phần tử trong thư viện thiết bị. Không những thế, nó còn đơn giản, dễ sử dụng, và được giảng dạy trong các trường đại học kỹ thuật.

Khi dùng Simulink để phát triển mô hình ta quan tâm đến các yếu tố sau đây:

- *Tính mô đun hóa và mở rộng mô đun:* Các mô hình được cấu trúc theo một hệ thống phân cấp rõ ràng. Ví dụ, một HTĐ chủ yếu được coi là một tập hợp của nhà máy điện, tải, thiết bị bù..., các khối khác, kết nối với nhau thành hệ thống mạng. Lần lượt, mỗi nhà máy điện là một hệ thống phụ tạo thành bởi một máy phát điện đồng bộ, một kích thích-AVR, và một khối động cơ tuốc bin. Mô hình khác nhau cho các khối có thể được trao đổi đồ họa;
- *Sử dụng đơn giản:* mỗi khối mô hình động có giao diện người dùng - máy thân thiện cho phép thu thập dữ

liệu và tự động khởi tạo biến trạng thái nội bộ của mình từ một cấu trúc dữ liệu mô tả các điểm hoạt động ban đầu. Cấu trúc này cũng như ma trận tổng dẫn mạng Y được tạo ra tự động bởi một chương trình bên ngoài;

- *Khả năng truy cập, điều khiển mô hình*: các khối đồ họa mô hình thiết bị phù hợp với các mô hình lý thuyết và các biến giao diện giữa khối. Lập trình thủ thuật và phím tắt có thể tránh được ở mức cao nhất, thậm chí giảm nhẹ khối lượng tính toán.

Nhờ các mô đun và các mô hình trong thư viện, mà Simulink được dùng để mô phỏng một loạt các hiện tượng, chẳng hạn như:

- *Ổn định góc rotor*: ổn định với nhiễu loạn nhỏ, (giảm dao động điện cơ trong HTĐ) ổn định quá độ (đáp ứng với ngắn mạch);
- *Điều khiển và ổn định tần số*: Điều khiển tần số tải, các đáp ứng của tuabin thủy lực, hoạt động tách đảo sau khi HTĐ bị chia tách;
- *Ổn định điện áp*: ngắn hạn (do tác động của động cơ cảm ứng) và dài hạn (tác động của các thiết bị như ULTC, OEL, phục hồi tải).

Các phân tích bổ sung được thực hiện trong môi trường Matlab cơ bản, có thể sử dụng các m-file.

3. MÔ HÌNH TOÁN HỌC CÁC THIẾT BỊ

3.1. Phương trình mô tả hệ thống điện

Phương trình mô tả chế độ xác lập hệ thống [2,3]

$$\bar{I} = \bar{Y}\bar{V}$$

$$\hat{U}(I_x + jI_y)e^{j(\omega t + C)} = (G + jB)(V_x + jV_y)e^{j(\omega t + C)}$$

$$\hat{U}(I_x + jI_y) = (G + jB)(V_x + jV_y)$$

Trong đó: I_x, I_y, V_x, V_y , là hình chiếu của I, V trên các trục tọa độ

$$I_x = \begin{bmatrix} I_{xj} \\ M \\ I_{xN} \end{bmatrix}; I_y = \begin{bmatrix} I_{yj} \\ M \\ I_{yN} \end{bmatrix}; V_x = \begin{bmatrix} V_{xj} \\ M \\ V_{xN} \end{bmatrix}; V_y = \begin{bmatrix} V_{yj} \\ M \\ V_{yN} \end{bmatrix}$$

Từ đó ta có:

$$\begin{bmatrix} I_x \\ I_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G & -B \\ B & G \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_x \\ V_y \end{bmatrix}$$

Phương trình vi phân mô tả HTĐ dùng trong Simulink

$$\dot{x} = f(x, V_x, V_y) \quad (1)$$

$$I_x = h_x(x, V_x, V_y) \quad (2)$$

$$I_y = h_y(x, V_x, V_y) \quad (3)$$

$$\begin{bmatrix} I_x \\ I_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G & -B \\ B & G \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_x \\ V_y \end{bmatrix} \quad (4)$$

Trong đó, các ràng buộc đại số (4) có thể được xử lý trong Simulink. Để đơn giản trong tính toán ta có thể giảm bớt một số biến V_x, V_y .

Đối với những phần tử chính của HTĐ (Như máy phát, tải, thiết bị bù...) thì h_x, h_y có thể được viết như sau:

$$\begin{bmatrix} h_x \\ h_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{xx} & A_{xy} \\ A_{yx} & A_{yy} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_x \\ V_y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} f_x(x) \\ f_y(x) \end{bmatrix} \quad (5)$$

Với giả thiết rằng thành phần thứ nhất là dòng điện thay đổi tuyến tính với điện áp, còn thành phần thứ hai phi tuyến $\Phi_x(x)$ và $\Phi_y(x)$ không phụ thuộc

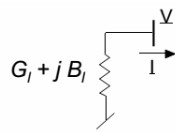
vào V_x, V_y . Do đó (2), (3), (4) có thể được viết như sau:

$$\begin{bmatrix} G - A_{xx} & -B - A_{xy} \\ B - A_{yx} & G - A_{yy} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_x \\ V_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_x(x) \\ f_y(x) \end{bmatrix} \quad (6)$$

Như vậy, với mỗi giá trị của x , ta sẽ ước lượng được $\Phi_x(x)$ và $\Phi_y(x)$ và giải (6) tính được V_x, V_y do đó sẽ tính được \dot{x} .

3.2. Mô hình phụ tải

Giả sử phụ tải được mô tả dưới dạng tổng dẫn như hình vẽ:



Hình 1. Mô hình phụ tải dạng tổng dẫn

Ta có: $I_x + jI_y = -(G_l + jB_l)(V_x + jV_y)$

Không có biến trạng thái x , bằng việc phân tích thành phần thực, phần ảo ta có:

$$\begin{aligned} A_{xx} &= -G_l; A_{xy} = B_l; \\ A_{yx} &= -B_l; A_{yy} = -G_l \\ f_x(x) &= 0; f_y(x) = 0 \end{aligned}$$

Với phụ tải phi tuyến dạng hàm số mũ:

$$P = P_0 f_p(V); Q = Q_0 f_q(V);$$

Biểu diễn dưới dạng tải khôi phục ($T \approx 0,05-0,10s$):

$$\begin{aligned} P &= z_p P_0 \left(\frac{V}{V_0} \right)^2; Q = z_q P_0 \left(\frac{V}{V_0} \right)^2 \\ T\dot{z}_p &= f_p(V) - z_p \left(\frac{V}{V_0} \right)^2; \end{aligned}$$

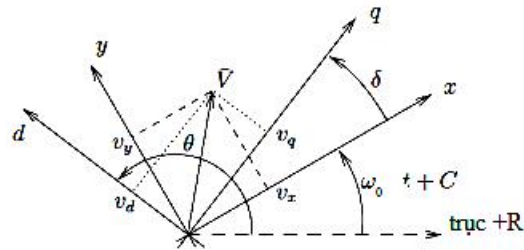
$$T\dot{z}_q = f_q(V) - z_q \left(\frac{V}{V_0} \right)^2;$$

Do đó:

$$\begin{aligned} A_{xx} &= -z_p \frac{P_0}{V_0^2}; A_{xy} = -z_q \frac{Q_0}{V_0^2}; \\ A_{yx} &= z_q \frac{Q_0}{V_0^2}; A_{yy} = -z_p \frac{P_0}{V_0^2} \\ f_x &= 0; f_y = 0 \end{aligned}$$

3.3. Mô hình máy phát điện đồng bộ

Sơ đồ véc tơ trên hệ trục tọa độ d-q của máy phát như hình vẽ:



Hình 2. Sơ đồ véc tơ máy phát điện

Biến đổi từ hệ trục tọa độ d-q thành hệ trục tọa độ x-y ta có:

$$\begin{aligned} \begin{pmatrix} V_x \\ V_y \end{pmatrix} &= \underbrace{\begin{pmatrix} -\sin\delta & \cos\delta \\ \cos\delta & \sin\delta \end{pmatrix}}_{T(\delta)} \begin{pmatrix} V_d \\ V_q \end{pmatrix}; \\ \begin{pmatrix} I_x \\ I_y \end{pmatrix} &= T(\delta) \begin{pmatrix} I_d \\ I_q \end{pmatrix} \end{aligned}$$

Biến đổi Park tại stator của MPĐ ta có:

$$\begin{pmatrix} V_d \\ V_q \end{pmatrix} = - \begin{pmatrix} -R_a & X''_q \\ -X''_d & R_a \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_d \\ I_q \end{pmatrix} - \omega_N P L_{Pr} L_{rr}^{-1} \psi_r$$

Trong đó: P là toán tử Park, ψ_r là từ thông rotor, L_{Pr}, L_{rr} là các thành phần

của ma trận L , diễn tả mối liên hệ từ cảm trong biến đổi Park.

Để đơn giản hóa, ta giả sử $R_a = 0$, $X''_d = X''_q = X''$, phương trình stato có thể được viết lại:

$$\begin{pmatrix} I_x \\ I_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & -\frac{1}{X''} \\ \frac{1}{X''} & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V_x \\ V_y \end{pmatrix} - \omega_N T(\delta) \begin{pmatrix} 0 & -\frac{1}{X''} \\ \frac{1}{X''} & 0 \end{pmatrix} PL_{Pr} L_{rr}^{-1} \psi_r$$

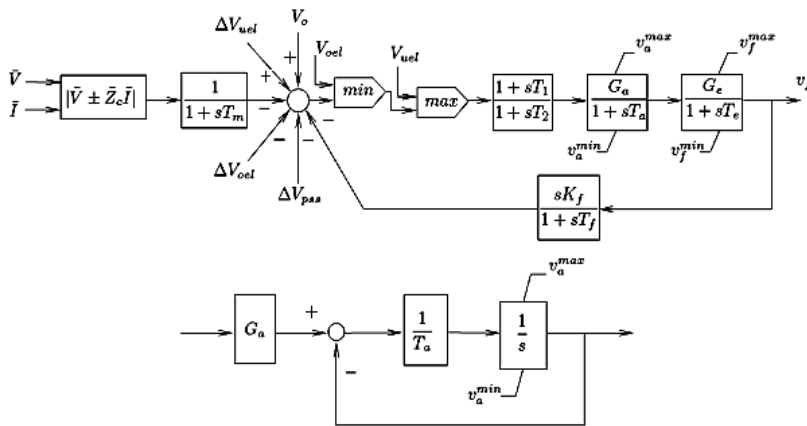
Do đó:

$$A_{xx} = 0; A_{xy} = -1/X''; A_{yx} = 1/X''; A_{yy} = 0$$

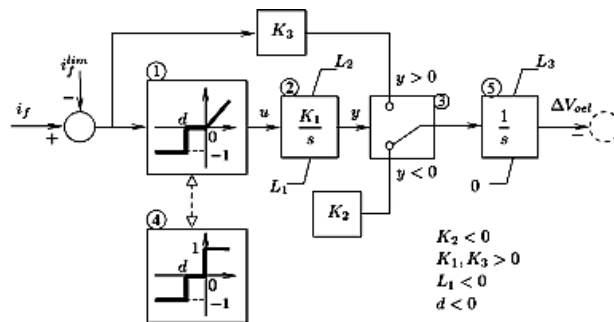
$$\begin{pmatrix} f_x(x) \\ f_y(x) \end{pmatrix} = -\omega_N T(\delta) \begin{pmatrix} 0 & -1/X'' \\ 1/X'' & 0 \end{pmatrix} PL_{Pr} L_{rr}^{-1} \psi_r$$

3.4. Mô hình thiết bị bảo vệ kích từ

Một trong những thiết bị quan trọng của MPĐ là hệ thống kích từ. Sơ đồ hệ thống kích từ như hình vẽ 3. Nhiệm vụ chính là cung cấp dòng điện kích từ cho máy phát trong chế độ bình thường và sự cố.



Hình 3. Sơ đồ hệ thống kích từ



Hình 4. Sơ đồ bảo vệ quá kích từ

Khi sự cố hệ thống kích thích sẽ tăng dòng cưỡng bức để nâng cao ổn định, tuy nhiên thời gian kích thích cưỡng bức được giới hạn bởi bộ bảo vệ quá kích từ.

Bộ bảo vệ quá kích thích tác động sẽ hạn chế công suất phản kháng đầu ra của máy phát, nó thường tác động với đặc tính thời gian phụ thuộc.

Các chế độ làm việc:

Khởi 1:

$$u = -1 \text{ nếu } I_f - d I_f^{lim} \leq d < 0$$

$$u = 0 \text{ nếu } d < I_f - I_f^{lim} \leq 0$$

$$u = I_f - I_f^{lim} \text{ nếu } I_f - I_f^{lim} > 0$$

Một giá trị: $I_f > I_f^{lim}$ được thỏa mãn trong khoảng thời gian τ :

$$(I_f^* - I_f^{lim}) \tau = \frac{|L_f|}{K_f} P \tau = \frac{|L_f|}{K_f} \frac{1}{(I_f^* - I_f^{lim})}$$

Là một đặc tính thời gian phụ thuộc (dòng điện quá kích thích càng lớn, thì thời gian tác động càng nhanh). Người ta cũng có thể đặt thời gian tác động độc lập bởi khối 4.

4. MÔ PHÒNG ĐỘNG CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN SỤP ĐỔ ĐIỆN ÁP BẰNG SIMULINK

4.1. Các yếu tố ảnh hưởng đến sụp đổ điện áp

Ổn định điện áp: là khả năng của một HTĐ tiếp tục duy trì giá trị môđun điện

áp các thanh góp trong HTĐ trong một dải cho phép sau khi trải qua sự cố (hoặc hiện tượng không bình thường) từ một điều kiện vận hành xác lập ban đầu.

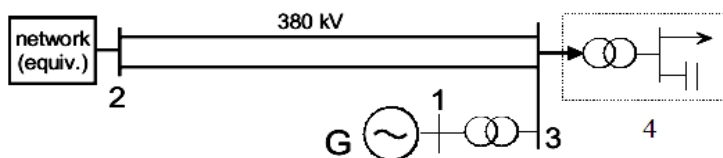
Sự mất ổn định điện áp có xu hướng từ việc các phụ tải động cố gắng khôi phục việc cung cấp điện cho các khách hàng ở các thanh góp của hệ thống phân phối mà sự khôi phục này lại lớn hơn khả năng cung cấp công suất tác dụng và phản kháng của cả hệ thống truyền tải và hệ thống máy phát.

Sự sụp đổ điện áp (Voltage collapse-VC): Khái niệm về VC là quá trình mà ở đó một chuỗi các sự kiện mất ổn định điện áp dẫn đến sự sụp đổ hoặc sự giảm thấp điện áp một cách bất thường điện áp ở một phần hoặc cả HTĐ.

Sụp đổ điện áp là một quá trình biến động phức tạp, là kết quả của nhiều nhiều thiết bị trong HTĐ như là: sự tác động của các thiết bị điều chỉnh tự động điện áp như các máy biến áp có bộ điều áp dưới tải (ULTC), máy phát điện có bộ giới hạn kích từ (OEL), động cơ điện (ĐC).

4.2. Mô hình hệ thống nghiên cứu trong simulink

Mô hình HTĐ nghiên cứu được mô tả trong hình 5.

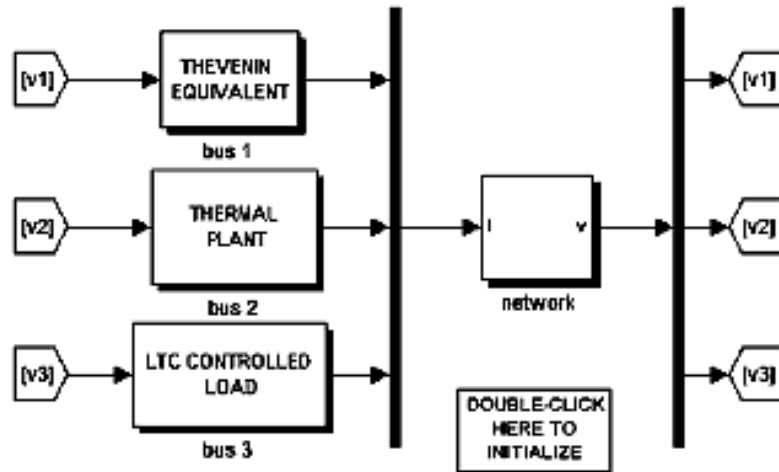


Hình 5. Sơ đồ hệ thống điện nghiên cứu [3]

HTĐ tương đương được mô tả bởi sơ đồ thay thế Thevenin:

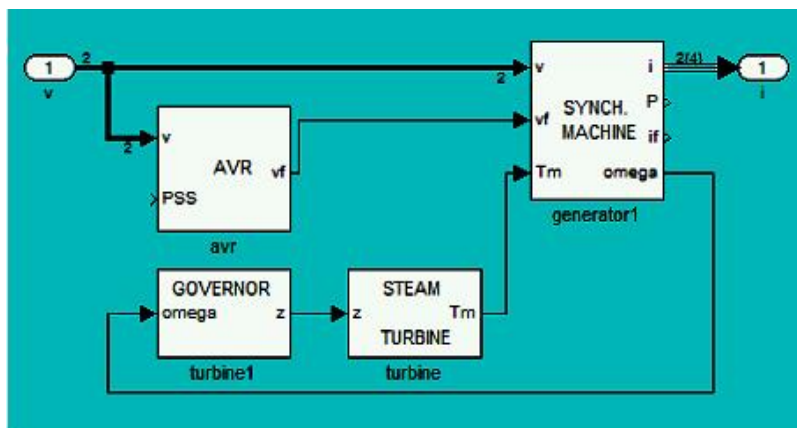
- Máy phát điện (MPĐ) 1 là máy phát điện đồng bộ cực ẩn, có hệ thống kích từ, có hệ thống giới hạn kích từ (OEL), tua bin hơi nước và hệ thống điều tốc tua bin;

- Tải là tải động cơ và loại hàm số mũ;
- Tụ bù tại nút phụ tải 4;
- Máy biến áp có tự động điều áp dưới tải (ULTC);
- Sơ đồ hệ thống trong Simulink.

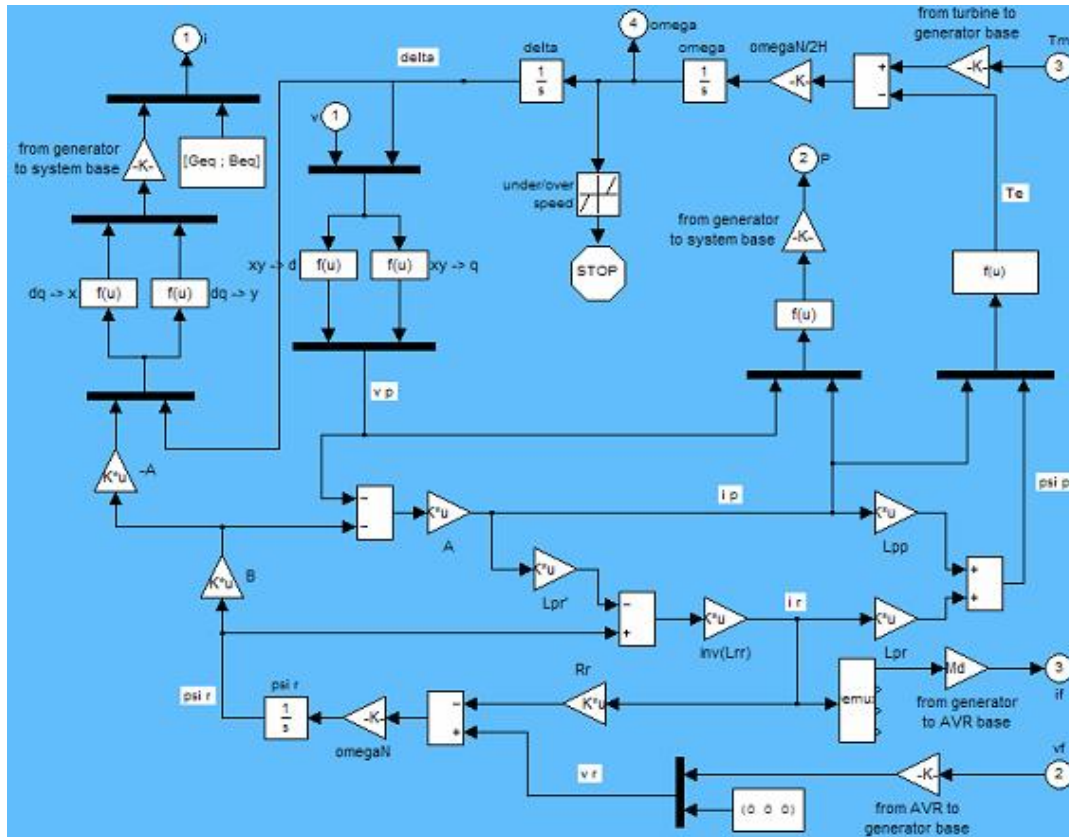


Hình 6. Sơ đồ hệ thống điện nghiên cứu trong Simulink

Sơ đồ khối của máy phát điện tuabin hơi nước:



Hình 7. Sơ đồ khối hệ thống điều khiển máy phát điện



Hình 8. Sơ đồ chi tiết điều khiển máy phát điện

4.2. Nghiên cứu sụp đổ điện áp trong khoảng ngắn hạn

hạn liên quan chủ yếu đến tác động của động cơ điện.

Mất ổn định điện áp trong khoảng ngắn

Bảng 1. Kịch bản sự cố sụp đổ điện áp với sự có mặt của động cơ điện

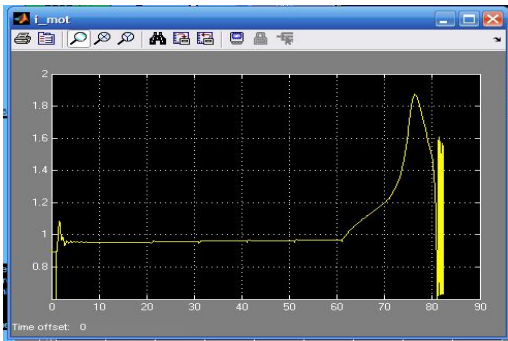
P4 (MW)	Q4 (MW)	P4 motor (MW)	Q4 motor (MW)	P _{MPD2} (MW)	V _{MPD2} (pu)	t _{OEL} (s)
900	450	600	100	300	1.0	t=60s

Kịch bản sự cố: tại $t = 1s$, xảy ra sự cố tại một đường dây nối từ nút hệ thống đến nút 3, thời gian mô phỏng 150s dẫn đến tăng tổng trở từ hệ thống, tăng tổn thất điện áp, công suất.

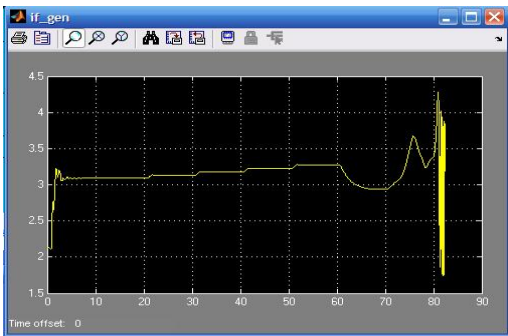
Trong hình vẽ 9, khi mất một đường dây nối từ nút 2-3 làm cho tổn thất công suất phản kháng tăng lên, điện áp nút 3 giảm xuống, làm cho điện áp nút 4 cũng giảm xuống.

Tại thời điểm $t = 20$ s, bộ ULTC của các máy biến áp tác động tăng điện áp lên, nhưng đồng thời làm tăng dòng kích thích.

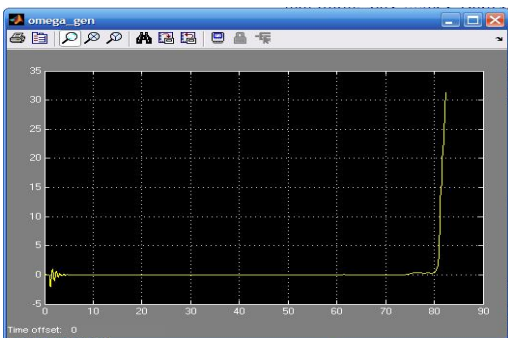
khi $t = 60$ s, bộ giới hạn kích từ tác động, giảm công suất phản kháng đầu ra của MPĐ số 1 thì điện áp giảm quá thấp làm động cơ điện ngừng quay - hiện tượng tự dừng DC.



Dòng điện của động cơ điện



Dòng điện kích từ của máy phát điện



Tốc độ của máy phát điện



Điện áp nút 3

Hình 9. Sự biến thiên của dòng điện động cơ, dòng điện kích từ MPĐ, tốc độ MPĐ và điện áp nút 3

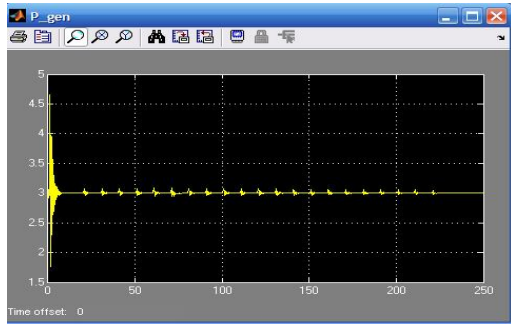
Khi động cơ tự dừng, dòng điện chạy qua DC bằng không, và điện áp tại thanh góp nối DC tăng lên, và các DC lại mở máy, tạo ra dòng điện mở máy có giá trị lớn, điện áp lại giảm thấp, quá trình cứ tiếp tục đòi hỏi các máy phát phải liên tục tăng công suất phản kháng để cung cấp cho quá trình tự mở động cơ đến sụp đổ điện áp hoàn toàn tại thời điểm $t = 80$ s. Có thể nói đây là trường hợp nguy hiểm nhất đối với sự an toàn của HTĐ.

4.3. Nghiên cứu mất ổn định điện áp trong khoảng dài hạn

Kịch bản sự cố: tại $t = 1$ s, xảy ra sự cố tại một đường dây nối từ nút hệ thống đến nút 3. Dẫn đến tăng tổng trở từ hệ thống, tăng tổn thất điện áp, công suất.

Tại thời điểm $t = 20$ s, bộ ULTC của các máy biến áp tác động tăng điện áp lên, nhưng đồng thời làm tăng dòng kích thích. Nhưng do thiếu hụt công suất phản kháng trong hệ thống nên điện áp của nút 3 giảm thấp từ 1,01 xuống 0,73pu. Kéo theo điện áp nút 4 cũng giảm từ 0,95pu xuống 0,73pu.

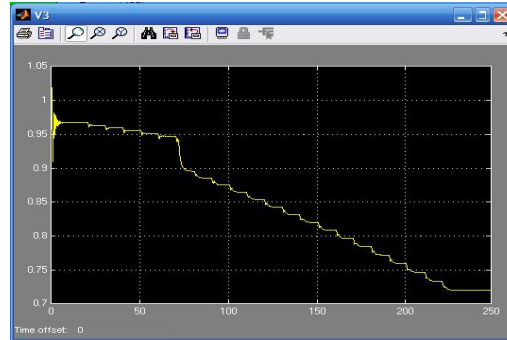
Trong các hình dưới, ta thấy rõ tác động của hệ thống ULTC, và OEL (tác động lúc $t = 60s$) để giới hạn công suất đầu ra. Sau khi OEL tác động thì dòng kích từ không tăng lên nữa, chống quá tải cho MPĐ1. Điều này làm cho điện áp giảm, gây ra mất ổn định điện áp trong hệ thống.



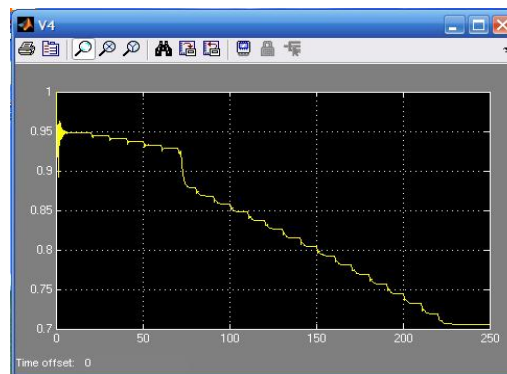
Công suất tác dụng của máy phát điện



Dòng điện kích từ của máy phát điện



Dòng điện kích từ của máy phát điện



Hình 10. Sự biến thiên của dòng điện động cơ, dòng điện kích từ MPĐ, tốc độ MPĐ và điện áp nút 3

Bảng 2. Kích bản sự cố mất ổn định điện áp

P4	Q P4 motor 4	Tụ bù (MVar)	$P_{MPĐ2}$ (MW)	$V_{MPĐ2}$ (pu)	t_{OEL} (s)
1500	750	600	300	1.01	$t = 60s$

5. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày về việc ứng dụng Simulink trong mô phỏng động các yếu tố ảnh hưởng đến mất ổn định điện áp.

Các mô phỏng động đã chỉ ra các đáp ứng của các thiết bị điện quan trọng như máy phát điện, máy biến áp có bộ điều chỉnh điện áp dưới tải, thiết bị giới

hạn kích từ, các loại phụ tải khác nhau khi có sự cố trong HTĐ. Kết quả mô phỏng đã chứng minh tính chính xác của các mô hình động so với các kết quả nghiên cứu trước đây. Mô hình Simulink là đơn giản, hiệu quả trong việc nghiên cứu, đánh giá các mô hình điều khiển HTĐ.

Việc tìm hiểu các yếu tố ảnh hưởng đến ổn định điện áp giúp những nhà kỹ thuật tìm ra những biện pháp để khắc phục một cách hiệu quả thông qua việc mô phỏng động.

Các kết quả nghiên cứu này có thể áp dụng cho các bài giảng bậc cao học trở lên, và các nghiên cứu cho hệ thống lớn hơn trong thực tế.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] C.W. Taylor, "Power System Voltage Stability", Mc Graw Hill, New York, 1994.
- [2] T.Van Cutsem and C.Vournas, "Voltage Stability of Electric Power Systems", Kluwer Academic Publishers, Boston, 1998.
- [3] T.Van Cutsem, "Power system testcase", A matlab testcase used for Electrical System course in University of Liege Belgium.
- [4] P.Kundur, "Power System Stability and Control", Mc Graw Hill, New York, 1994.
- [5] A.J.Wood and B.F.Wollenberg, "Power generation, operation and control", John Wiley & Sons, New York, USA, 1996.
- [6] G.Trudel and S.Bernard, "Hydro Quebec's Defense Plan against Extreme Contingencies", IEEE Trans. on Power System, August 1999.
- [7] T.Vancutsem and R.Maihot, "Validations of a Fast Voltage Stability Assessment Method on the Hydro Quebec System", IEEE Trans. on Power System, Feb 1999, pp 282-291.
- [8] G. Rogers, Power System Toolbox User Guide. Colborne, ON, Canada: Cherry Tree Scientific Software, 1999.
- [9] G. Rogers and J. Chow, "Hands-on teaching of power system dynamics," IEEE Comput. Appl. Power, vol. 8, pp. 12-16, Jan. 1995.
- [10] T. Hiyama and E. Ueno, "Development of real-time power system simulator in Matlab/Simulink environment," in Proc. 2000 IEEE Power Eng. Soc. Summer Meeting.
- [11] Dang Toan NGUYEN, Contribution to the analysis and prevention of blackouts in power grids, PhD thesis, Polytechnic Institute of Grenoble (2008).

[12] Thông số hệ thống điện

BUS 1 380.00 0.0 0.0 0.0 0.0;	LTC-V 3-4 4 80. 110. 31 0.01 1.0 30 10 ;
BUS 2 20.00 0.0 0.0 0.0 0.0;	GENER 1 1 1 0.0 0.0 1.06 900.0 -
BUS 3 380.00 0.0 0.0 0.0 0.0;	9999. 9999. 1;
BUS 4 15.00 0.0 0.0 0.0 0.0;	GENER 2 2 2 450.0 0.0 1.04 500.0 -
BUS 5 380.00 100.0 20.0 0.0 0.0;	9999. 9999. 1;
LINE 1-3 1 3 0. 79.8 0. 1350. 1;	GENER 4 4 4 0.0 0.0 0.0 9999. -
LINE 1-3b 1 3 0. 79.8 0. 1350. 1;	9999. 9999. 1;
TRANSFO 2-3 2 3 0.0 8. 0.0 0.0 104.0	SLACK 1 ;
0. 500.0 1;	GROUP3 '2' 2.1 2.1 0.1 0. 0. 50. 0. 0.;
TRANSFO 3-4 4 3 0.0 8. 0.0 0.0 106.0	OXL '2' 0. 2.825 20. 20.;
0. 750.0 1;	
LINE 3-5 3 5 0. 5.7760 0. 1350. 1;	

Giới thiệu tác giả:



Tác giả Nguyễn Đăng Toàn sinh năm 1978 tại Bắc Ninh, tốt nghiệp Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội năm 2001, nhận bằng thạc sĩ năm 2004 tại AIT - Thái Lan, tiến sĩ năm 2008 tại Grenoble - INP - Pháp chuyên ngành hệ thống điện. Tác giả Nguyễn Đăng Toàn hiện đang công tác tại Khoa Hệ thống điện - Trường Đại học Điện lực. Lĩnh vực nghiên cứu: ổn định hệ thống điện, HVDC/FACTS, ứng dụng tin học trong hệ thống điện, năng lượng mới.