ĐÁNH GIÁ ỔN ĐỊNH HỆ THỐNG ĐIỆN GỒM MỘT MÁY PHÁT NỐI VỚI THANH CÁI VÔ CÙNG LỚN CÓ TÍCH HỢP SSSC

EVALUATION OF ELECTRICITY SYSTEM INCLUDING SINGLE ELECTRIC POWER GENERATOR CONNECTING INFINITE BUS WITH SSSC

Trần Văn Đức

Trường đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM

TÓM TẮT

Cùng với sự phát triển khoa học công nghệ ngày càng cao, điện năng ngày càng đóng vai trò quan trọng trong tất cả các ngành kinh tế, sự phát triển của nhu cầu tiêu thụ điện năng đánh giá sự phát triển của xã hội và nâng cao đời sống của một khu vực, một quốc gia. Do đó, hệ thống điện cũng ngày càng phát triển cả về quy mô lẫn công nghệ. Ngày nay đã hình thành nhiều hệ thống điện lớn trong phạm vi quốc gia hoặc liên quốc gia, xuất hiện nhiều nhà máy điện làm nhiệm vụ đáp ứng công suất cho phụ tải điện. Chính điều này làm cho việc ổn định hệ thống trở nên phức tạp do sự trao đổi công suất và dao động của các nhà máy ảnh hưởng qua lại với nhau khi chúng được liên kết với nhau.Bài báo này đề xuất mô hình điều khiển mới sử dụng thiết bị FACTS là SSSC để nâng cao ổn định tĩnh và động của hệ thống điện bằng cách thiết kế bộ điều khiển giảm dao động PID trong các điều kiện vận hành khác nhau. Một cách tiếp cận trong miền tần số, dựa trên một mô hình hệ thống tuyến tính sử dụng phân tích các giá trị riêng và một phương pháp miền thời gian, dựa trên mô hình mô phỏng phi tuyến dưới những nhiễu loạn khác nhau được thực hiện để kiểm tra tính hiệu quả của bộ SSSC, kết hợp với bộ điều khiển giảm dao động được thiết kế.

Từ khóa: *FACTS; SSSC; PID; ổn định hệ thống điện.*

ABSTRACT

With the increasing development of science and technology, electricity is increasingly playing an important role in all economic sectors, the development of power consumption needs assessing the development of society and lifting High life of a region, a country. Therefore, the power system is also growing in both size and technology. Today, many large national or interna- tional power systems have been established, and many power plants have been established to meet the load capacity requirements. This makes system stability more complex due to the exchange of capacity and fluctuations of plants that affect each other when they are linked together. This paper proposes a control model The use of FACTS is SSSC to improve the static and dynamic stability of the electrical system by designing a controller that reduces PID vibration under different operating conditions. An approach in the frequency domain, based on a linear system model, uses a separate value analysis and a time domain method, based on a nonlinear model of simulation under various perturbations. The test of the efficiency of the SSSC, combined with the reduced oscillator controller is designed.

Keywords: *FACTS; SSSC; PID; stabilized power system.*

1. GIỚI THIỆU

Trong tất cả các hiện tượng phức tạp trên hệ thống điện, ổn định hệ thống điện được xem là vấn đề phức tạp nhất để có thể hiểu được và phân tích một cách thấu đáo. Hệ thống điện trong thế kỷ 21 sẽ còn đặt ra nhiều thách thức thậm chí còn khó khăn hơn bởi chúng buộc phải vận hành gần hơn với giới hạn ổn định của chúng.

Đánh giá ổn định hệ thống điện là vấn đề đã và đang được các nhà khoa học, các tổ chức trong nước và quốc tế quan tâm nghiên cứu từ rất lâu bởi tầm quan trọng của nó. Nghiên cứu tính ổn định của quá trình quá độ cung cấp những thông tin liên quan tới khả năng mất đồng bộ của hệ thống điện trong thời gian bị sự cố do những nguyên nhân khác nhau như mất đột ngột nguồn phát, cắt đường dây mang tải, sự thay đổi phụ tải lớn

hoặc các sự cố ngắn mạch trên đường dây truyền tải,..v.v. Đặc biệt vấn đề nghiên cứu này cung cấp những thay đổi về điện áp, dòng điện, công suất, tốc độ và mô men của các máy trong hệ thống điện cũng như là sự thay đổi về công suất của hệ thống trong khoảng thời gian ngay tức khắc sau sự nhiễu loạn [1].

2 TỔNG QUAN TÌNH HÌNH NGHIÊN CỨU

2.1 Tổng quan tình hình nghiên cứu trong nước

Trong [2], các tác giả đã thực hiện cho một hệ thống điện miền Bắc Việt Nam. Công trình đánh giá khả năng của hệ thống điện để chịu được các nhiễu loạn trong khi vẫn duy trì chất lượng phục vụ. Từ đó, các tác giả đưa ra nhiều kỹ thuật khác nhau để phân tích ổn định quá độ trong các hệ thống điện, đặc biệt cho một hệ thống nhiều máy. Các kỹ thuật bao gồm các giải pháp miền thời gian, các tiêu chí mở rộng vùng căn bằng, các phương pháp ổn định trực tiếp bằng hàm năng lượng và giải thuật phù hợp để phân tích sự ổn định tạm thời cho hệ thống điện bằng một máy tính cá nhân. Trong công trình, các tác giả xác định thời gian tối thiểu phục hồi hệ thống điện khi bị các sự cố ba pha để lập kế hoạch hoặc vận hành các hệ thống điện.

Trong [3], tác giả cũng ổn định hệ thống điện nhưng sử dụng phương pháp xây dựng chương trình tính toán phân bố công suất trong hệ thống điện cho hệ nhiều máy bằng phần mềm Matlab. Tác giả đã đạt được những kết quả là dùng công cụ đánh giá ổn định hệ thống 9 nút, 3 máy phát để ứng dụng vào thực tiễn đối với hệ thống điện Việt Nam.

2.2Một số kết quả nghiên cứu ngoài nước

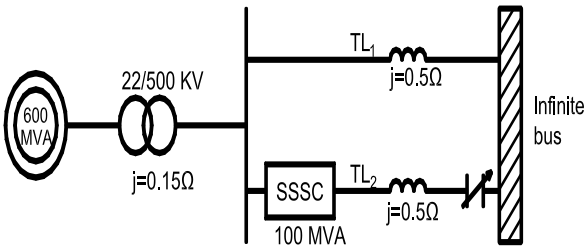
Trong tài liệu [4], để đánh giá ổn định tĩnh hệ thống, các tác giả tìm giá trị riêng từ các phương trình trạng thái trong mô hình hệ thống từ phân tích máy tính. Sau đó, nạp trực tiếp các giá trị riêng này vào hệ thống để hệ thống điện ổn định hơn và kinh tế hơn. Để đo lường trực tuyến các giá trị riêng của hệ thống, các tác giả sử dụng bộ tích điện từ siêu dẫn (SMES). Các kết quả được thực hiện bằng mô phỏng để đo lường giá trị riêng của hệ thống điện 5 máy theo chiều dọc bằng sử dụng bộ mô phỏng tương tự và thay đổi công suất bằng dạng sóng sin để đo các phần thực của giá trị riêng của hệ thống điện nhiều máy.

Trong tài liệu [5], các tác giả thiết kế các bộ ổn định hệ thống điện logic mờ sử dụng các giải thuật di truyền, hệ chuyên gia mờ và ứng dụng giải thuật GA trong thiết kế bộ ổn định hệ thống điện logic mờ. Các thông số để chọn cho bộ điều khiển là độ lệch tốc độ và đạo hàm của nó làm đầu vào mờ. Các tác giả đã thực hiện các nghiên cứu bằng mô phỏng trên hệ thống nhiều máy bị nhiễu nhỏ, sự cố ba pha và mô phỏng bộ ổn định hệ thống điện dựa trên GA để thấy tính ưu việt của bộ ổn định hệ thống điện. Kết quả, công trình đã cải thiện đáng kể đặc tính động của hệ thống ở các điều kiện ổn định hệ thống điện logic mờ cho mô hình nhiều máy.

3.MÔ HÌNH TOÁN HỌC VÀ CẤU HÌNH HỆ THỐNG ĐIỆN

3.1 Mô hình hệ thống điện [6]

Hệ nghiên cứu là mô hình gồm một máy phát có công suất 600MVA phát lên hệ thống qua máy biến áp 22/500KV. Phía sau máy biến áp gồm 2 đường dây song song TL1 và TL2 nối với thanh cái vô cùng lớn. Trên đường dây TL2 có nối với bộ SSSC có công suất 100MVA



Hình 3.1 Cấu hình hệ thống điện

3.2 Mô hình máy phát điện đồng bộ [6]

Máy phát điện đồng bộ (SG), có ba cuộn dây trên stator trong khi rotor có một cuộn dây từ trường và ba cuộn dây giảm chấn. Để trình bày mô hình SG đơn giản, bài báo sử dụng phép biến đổi Park để chuyển đổi các thành phần dây quấn stator 3 pha a-b-c thành các thành phần 0-d-q dựa trên hệ qui chiếu

quay ở tốc độ góc của rotor ω.

Trục dọc (trục d) nằm dọc theo từ thông sinh ra của roto của dây quấn từ trường, trong khi trục ngang (trục q) vuông góc với trục d. Ở đây, giả sử mô hình SG được hoạt động ở điều kiện cân bằng ba pha, và do đó, có thể bỏ qua thành phần trục 0. Mô hình SG tương đương dựa trên trục d-q được vẽ trong Hình 3.2.Từ mạch tương đương này, có thể thu được sáu phương trình vi phân trên trục d-q bằng cách dùng định luật Kirchhoff. Có thể tham khảo các thông số của mô hình SG ở phần phụ lục và ý nghĩa vật lý của các thuật ngữ được đề cập đến phần các ký hiệu.

$$X_d.\dot{i}_d - K_{MF}.\dot{i}_F - K_{MD}.\dot{i}_D = \omega_B.(-R.i_d + \omega.X_q.i_q - \omega.K_{MQ}.i_Q - \omega.K_{MS}.i_S - V_{cd}) \quad (3.1)$$

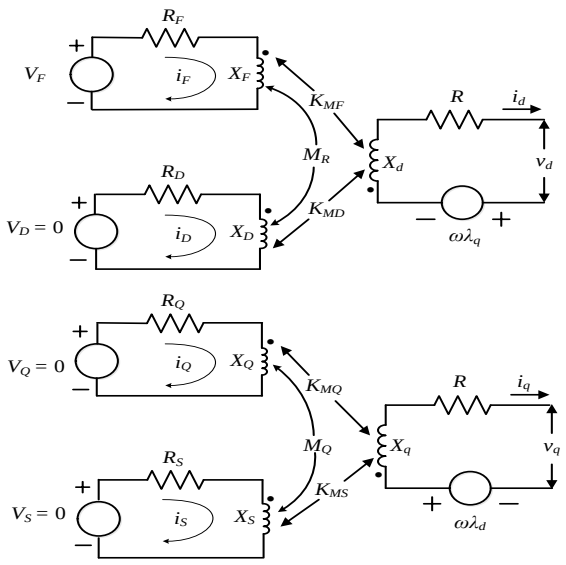
$$-K_{MF}.\dot{i}_d - X_F.\dot{i}_F + M_R.\dot{i}_D = \omega_B.(-R_F.i_F + \frac{R_F}{K_{MF}}.E_{FD}) \quad (3\text{-}2)$$

$$-K_{MD}.\dot{i}_d + M_R.\dot{i}_F + X_D.\dot{i}_D = -\omega_B.R_D.i_D \quad (3.3)$$

$$X_d.\dot{i}_q - K_{MQ}.\dot{i}_Q - K_{MS}.\dot{i}_S = \omega_B.(-R.i_q + \omega.X_d.i_d + \omega.K_{MF}.i_F + \omega.K_{MD}.i_D - V_{cq}) \quad (3.4)$$

$$-K_{MQ}.\dot{i}_q + X_Q.\dot{i}_Q + M_Q.\dot{i}_S = -\omega_B.R_Q.i_Q \quad (3\text{-}5)$$

$$-K_{MS}.\dot{i}_q + M_Q.\dot{i}_Q + X_S.\dot{i}_S = -\omega_B.R_S.i_S \quad (3\text{-}6)$$

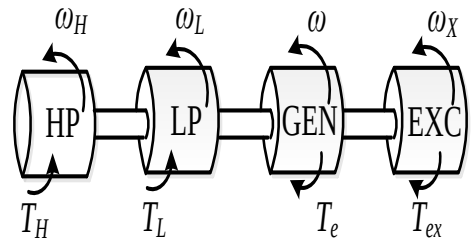


Hình 3.2 Mô hình mạch tương đương của máy phát đồng bộ trên trục d-q

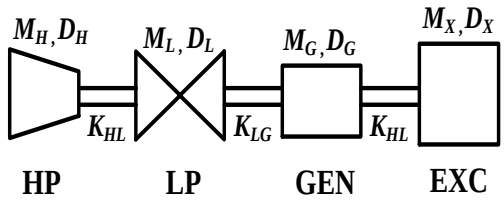
3.3 Mô hình bộ giảm chấn [6]

Các sơ đồ của hệ máy phát điện tua-bin và hệ bộ giảm chấn được trình bày lần lượt trong Hình 3.3 (a) và (b). Bốn khối quay, tức là, tuabin áp suất cao (HP), tuabin áp suất thấp (LP), máy phát điện (GEN), và bộ kích từ (EXC), đều được ghép bằng cơ trên cùng một trục.

Trong hình 3.3 (b), bốn khối quay, các trục và các bộ giảm chấn kết hợp tạo thành hệ thống máy phát điện tuabin. Có thể biểu diễn các mô hình toán học của bốn khối này bằng bốn phương trình đại số vi phân của bộ giảm chấn và bốn phương trình tốc độ góc được nêu bên dưới. Tất cả các đại lượng có các dấu chấm đặc trưng cho sự khác biệt của các biến tương ứng.



(a) Hệ máy phát điện bằng tua bin



(b) Mô hình bộ giảm chấn

Hình 3.3 Hệ máy phát điện tuabin và mô hình giảm chấn

$$M_H \cdot \dot{\omega}_H = T_H - D_H \cdot \omega_H - K_{HL} \cdot (\theta_H - \theta_L) \quad (3\text{-}7)$$

$$\dot{\theta}_H = \omega_B \cdot (\omega_H - 1) \quad (3\text{-}8)$$

$$M_L \cdot \dot{\omega}_L = T_L - D_L \cdot \omega_L + K_{HL} \cdot (\theta_H - \theta_L) - K_{LG} \cdot (\theta_L - \delta) \quad (3\text{-}9)$$

$$\dot{\theta}_L = \omega_B \cdot (\omega_L - 1) \quad (3\text{-}10)$$

$$M_G \cdot \dot{\omega} = -T_e - D_G \cdot \omega + K_{LG} \cdot (\theta_L - \delta) - K_{GX} \cdot (\delta - \theta_X) \quad (3\text{-}11)$$

$$\dot{\delta} = \omega_B \cdot (\omega - 1) \quad (3\text{-}12)$$

$$M_X \cdot \dot{\omega}_X = -T_{ex} - D_X \cdot \omega_X + K_{GX} \cdot (\delta - \theta_X) \quad (3\text{-}13)$$

$$\dot{\theta}_X = \omega_B \cdot (\omega_X - 1) \quad (3\text{-}14)$$

TH và TL ký hiệu cho ngõ nhập, M với chỉ số dưới ký hiệu cho mỗi đơn vị quán tính của mỗi khối, ω là tốc độ góc, D là hệ số giảm chấn, θ là góc dịch chuyển, ωB là tốc độ góc,và K là hằng số giảm chấn, δ là góc mô men của máy phát. Mô hình toán học với các thông số này là để đơn giản hóa hệ thống thực tế. Trong phương trình (3-11), mô men điện từ của máy phát đồng bộ SG có thể được biểu diễn bằng

$$\begin{aligned} T_e &= \lambda_d \cdot i_q - \lambda_q \cdot i_d \\ &= (-X_d \cdot i_d + K_{MF} \cdot i_F + K_{MD} \cdot i_D) \cdot i_q - (-X_q \cdot i_q + K_{MQ} \cdot i_Q + K_{MS} \cdot i_S) \cdot i_d \end{aligned} \quad (3\text{-}15)$$

3.4 Mô hình máy phát điện đồng bộ nối với thanh cái vô cùng lớn [6]

Để đo điện áp đầu dây v_d và v_q của SG , giả sử một nhánh tụ điện nhỏ được nối giữa đất và đầu dây của SG. Vì các điện áp đầu dây được đo v_d và v_q của SG có liên quan đến các biến trạng thái của các đường dây truyền tải và bên trong SG, Tất cả các đại lượng đã được định nghĩa trong phần các ký hiệu.

$$C \cdot \dot{v}_{cd} = \omega_B \cdot (i_d - i_{dT} + \omega \cdot C \cdot v_{cq}) \quad (3\text{-}16)$$

$$C \cdot \dot{v}_{cq} = \omega_B \cdot (i_q - i_{qT} - \omega \cdot C \cdot v_{cd}) \quad (3\text{-}17)$$

Một trong những đường dây truyền tải được nối với một bộ bù nối tiếp, và do đó có thể tìm được các phương trình vi phân dòng - áp của bộ bù nối tiếp ở bên dưới.

$$\dot{e}_{cd} = \omega_B \cdot (e_{cq} + i_{cd} \cdot X_C) \quad (3\text{-}18)$$

$$\dot{e}_{cq} = \omega_B \cdot (-e_{cd} + i_{cq} \cdot X_C) \quad (3\text{-}19)$$

Từ thanh cái (bus) máy phát đến bus vô cùng lớn, cũng được diễn tả bằng số trục d-q gồm tất cả phương trình vi phân dòng - áp của đường dây truyền tải thông qua phép biến đổi Park. Ở đây, giả sử độ lớn và góc pha điện áp bus vô cùng lớn là 1.0 p.u, và α tương ứng là 0 độ , δ là góc mô men của máy phát được đề cập trong phần 3.2, trong phần này nối cả hệ thống cơ và hệ thống điện.

$$\begin{aligned} &\frac{1}{\omega_B} \cdot \left[(X_T + X_N) \cdot \dot{i}_{dT} + X_L \cdot \dot{i}_{cd} \right] = v_{cd} - \sqrt{2} \cdot V_\infty \cdot \sin(\delta - \alpha) \\ &-(R_T + R_N) \cdot i_{dT} + \omega \cdot (X_T + X_N) \cdot i_{qT} - e_{cd} - R_L \cdot i_{cd} + \omega \cdot X_L \cdot i_{cq} \end{aligned} \quad (3\text{-}20)$$

$$\begin{aligned} &\frac{1}{\omega_B} \cdot \left[(X_T + X_N) \cdot \dot{i}_{qT} + X_L \cdot \dot{i}_{cq} \right] = v_{cq} - \sqrt{2} \cdot V_\infty \cdot \cos(\delta - \alpha) \\ &-(R_T + R_N) \cdot i_{qT} - \omega \cdot (X_T + X_N) \cdot i_{dT} - e_{cq} - R_L \cdot i_{cq} - \omega \cdot X_L \cdot i_{cd} \end{aligned} \quad (3\text{-}21)$$

Có một mối quan hệ khác nữa giữa i_{dT}, i_{qT} và i_{cd}, i_{cq}. Hiệu điện thế trên hai đường dây truyền tải là giống hệt nhau, và do đó, có thể tìm được các đại lượng của hai phương trình vi phân liên quan đến điện áp như dưới đây.

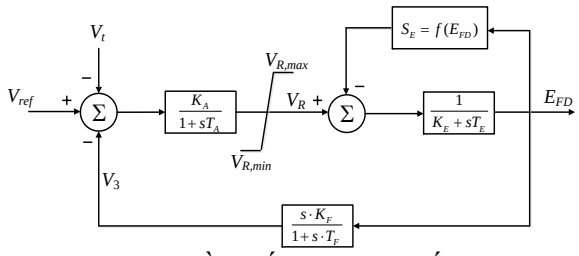
$$\begin{aligned} &\frac{1}{\omega_B} \cdot \left[(X_P + X_L) \cdot \dot{i}_{cd} - X_P \cdot \dot{i}_{dT} \right] \\ &= R_P \cdot i_{dT} - \omega \cdot X_P \cdot i_{qT} - e_{cd} - (R_P + R_L) \cdot i_{cd} + \omega \cdot (X_P + X_L) \cdot i_{cq} \end{aligned} \quad (3\text{-}22)$$

$$\begin{aligned} &\frac{1}{\omega_B} \cdot \left[(X_P + X_L) \cdot \dot{i}_{cq} - X_P \cdot \dot{i}_{qT} \right] \\ &= R_P \cdot i_{qT} + \omega \cdot X_P \cdot i_{dT} - e_{cq} - (R_P + R_L) \cdot i_{cq} - \omega \cdot (X_P + X_L) \cdot i_{cd} \end{aligned} \quad (3\text{-}23)$$

3.5 Mô hình hệ thống kích từ [6]

Ý nghĩa của mỗi khối trong bộ kích từ loại 1 của IEEE được liệt kê như sau:

a) VR: điện áp điều chỉnh, chỉ số dưới R có nghĩa là quy định. Vì vậy, khối này được đặt tên là bộ điều chỉnh.



Hình 3.4 Sơ đồ khối của hệ thống kích từ loại 1 của IEEE

b) S_E: Chức năng bão hòa của bộ kích từ và chỉ số dưới E là ngắn mạch kích từ. Vì vậy, mạch vi phân của E là khối kích từ.

c) V_3: tín hiệu phản hồi của E_{FD}, tín hiệu này đại diện cho tín hiệu đầu ra của mạch ổn định.

Theo Hình 3.4, các phương trình vi phân bậc nhất của mô hình hệ thống kích từ loại 1 của IEEE được diễn tả như dưới đây. Ngoài ra, có thể tham khảo phần ký hiệu các ý nghĩa vật lý của tất cả các đại lượng trong các phương trình.

$$T_A.\dot{V}_R = -V_R + K_A.(V_{ref} - V_t - V_3) \qquad (3\text{-}24)$$

$$T_E.\dot{E}_{FD} = V_R - (A_{EX}^{(B_{EX}.E_{FD})} + K_E).E_{FD} \qquad (3\text{-}25)$$

$$T_F.\dot{V}_3 - K_F.\dot{E}_{FD} = -V_3 \qquad (3\text{-}26)$$

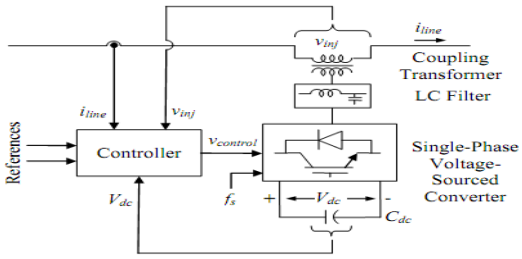
3.6 Mô hình SSSC [7-14]

Bộ chuyển đổi nguồn điện áp (VSC) dựa trên bộ SSSC đã được đề xuất bởi Gyugyi vào năm 1989. Bộ SSSC bù nối tiếp và điều khiển góc truyền tải.

Bộ SSSC có thể cung cấp chế độ bù điện áp hoặc chế độ trở kháng. Ở chế độ bù điện áp, bộ SSSC có thể duy trì được điện áp bù dung hoặc cảm. Ở chế độ bù trở kháng, bộ SSSC được sử dụng để duy trì điện dung bù công suất định mức hoặc bù cao nhất.

Hình 3.5 cho thấy một mô hình chức năng một pha của SSSC. Thành phần chính của nó là; một tụ điện dc, chuyển đổi nguồn điện áp một pha (SPVSC), một bộ lọc thông thấp (LP) và một biến áp ghép. Nguồn gốc của điện áp ac của SPVSC đến từ các điện áp DC trên tụ dc, CDC. Các điện áp dc được giữ không đổi

trên tụ dc,
CDC

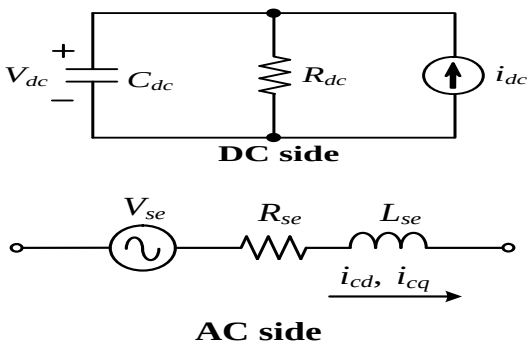


Hình 3.5 Mô hình khối chức năng một pha của SSSC

không đổi (các tụ điện dc được duy trì không đổi) tại một giá trị tham khảo bởi nguồn đã chỉnh lưu từ các đường dây truyền tải AC (một lượng nhỏ công suất phản kháng được rút ra để cung cấp các mất mát nhỏ của SPVSC). Các SPVSC có thể là một sóng vuông-đơn tuyến đơn giản, một đa xung hoặc một công cụ chuyển đổi đa bậc phức tạp. Bộ chuyển đổi được điều khiển bởi các tín hiệu cổng được tạo ra bởi một máy phát mẫu cổng được điều khiển bởi bộ điều khiển. Bộ điều khiển nhận các đầu vào tại vị trí như dòng điện đường dây và điện áp và tạo ra các tín hiệu điều khiển thích hợp theo các giá trị tham khảo mong muốn. Các bộ lọc LP được sử dụng để lọc ra những sóng hài để có được các dạng sóng gần sin từ đầu ra không sin của SPVSC. Các biến áp ghép là một biến áp công suất tăng áp được sử dụng để kết nối các SPVSC đến đường dây truyền tải điện áp cao.

Chức năng chính của bộ SSSC là điều khiển luồng công suất. Nó cũng có thể dùng là để triệt tiêu SSR, về cơ bản bộ SSSC là một nguồn điện áp AC, nó chỉ hoạt động ở tần số cơ bản. Khi nó bù điện dung trên đường dây, bộ SSSC không thể gây ra mạch cộng hưởng nối tiếp liên quan với điện kháng của đường dây. Do đó, không thể có các dao động của SSR.

Như hình 3.6, mạch DC bên trong bộ SSSC tương đương với nguồn dòng DC được nối song song với tụ điện DC Cdc và điện trở DC Rdc , mạch này trình bày các tổn thất chuyển mạch của bộ VSI. Ngược lại, mạch phía AC của bộ SSSC tương đương với nguồn áp nối tiếp với đường dây truyền tải. Ở hệ qui chiếu đồng bộ trục d-q, như trong hình 3.6, có thể biểu diễn điện áp Vse như hình bên dưới. Trong mô hình này Rse được đặt bằng không và Lse là một điện kháng rất nhỏ. Do đó, bộ SSSC có thể được mô phỏng gần như là một nguồn điện áp lý tưởng.



Hình 3.6 Mạch tương đương của bộ SSSC điển hình

$$V_{sed} = N \cdot K_{VSI} \cdot V_{dc} \cdot \cos\theta_{se} \qquad (3\text{-}27)$$

$$V_{seq} = N \cdot K_{VSI} \cdot V_{dc} \cdot \sin\theta_{se} \qquad (3\text{-}28)$$

Trong đó N là tỷ số lắp ghép của máy biến áp, K_{VSI} là một hằng số đại diện cho V_{dc} và V_{se}, và θ_{se} đại diện cho góc pha của nguồn áp. Đối với bộ nghịch lưu 48 xung, $K_{VSI} = 8\sqrt{6}/\pi$.

Càng nhiều xung đưa vào bộ nghịch lưu, dạng sóng đầu ra của θ_{se} có thể đạt đến càng gần tín hiệu hình sin, các tín hiệu này được sử dụng trong phương trình (3-27) và (3-28). Do các mạch tương đương như thể hiện trong hình 3.6. Các phương trình trên bộ SSSC có thể được sắp xếp như sau:

$$C_{dc} \cdot \dot{V}_{dc} = N \cdot K_{VSI} \cdot (i_{cd} \cdot \cos\theta_{se} + i_{cq} \cdot \sin\theta_{se}) - V_{dc}/R_{dc} \qquad (3\text{-}29)$$

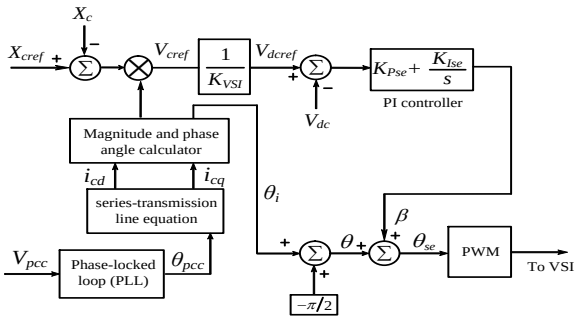
Trong bài báo này, bộ SSSC bù điện dung và có thể tìm được các phương trình điều khiển bên trong của bộ SSSC từ hình 3.7 như sau:

$$\theta_{se} = \theta_i - \frac{\pi}{2} + \beta \qquad (3\text{-}30)$$

$$\beta = K_{Pse} \cdot (V_{dcref} - V_{dc}) + K_{Ise} \cdot X_{SSSC} \qquad (3\text{-}31)$$

4 Thiết kế bộ điều khiển PID [15-19]

Chương này mô tả các quy trình thiết kế và kết quả thiết kế của bộ điều khiển giảm dao động (oscillation damping controllers) (ODCs) đề xuất cho SSSC. Mục đích của thiết kế bộ điều khiển cho SSSC là để đạt được sự cải thiện ổn định của hệ thống nghiên cứu.Các đề xuất ODC cho SSSC là bộ điều khiển giảm dao động PID, trong đó sử dụng các độ lệch tốc độ rotor của máy phát điện và các dẫn xuấtcủa chúng như các tín hiệu ngõ vào để tạo ra các tín hiệu giảm dao động làm tín hiệu ngõ

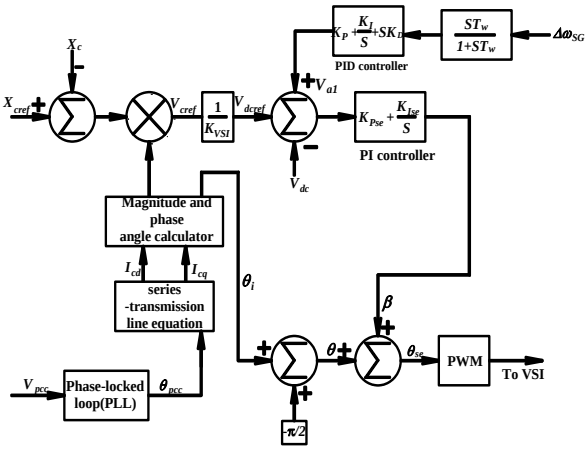


Hình 3.7 Khối điều khiển chức năng bên trong của bộ SSSC

vào cho bộ điều khiển SSSC để cải thiện giảm tỷ lệ dao động giữa máy phát điện.Bộ điều khiển giảm dao động PID được thiết kế bằng cách sử dụng phương pháp gán cực.

4.1 Cấu hình bộ điều khiển giảm dao động PID của SSSC

Bộ điều khiển dao động PID được thiết kế cho hệ thống nghiên cứu này. Độ lệch giữa tốc độ $\Delta\omega_{SG}$ được cảm nhận để tạo ra các tín hiệu ngõ ra V_{a1} của bộ điều khiển giảm dao động PID. Tín hiệu ngõ ra V_{a1} của bộ điều khiển giảm dao động PID là tín hiệu dao động. Tín hiệu này được thêm vào để quyết định tín hiệu góc pha θ_{se}, được điều chế để cải thiện tỷ lệ dao động của chế độ ($A_{1,2}$ và A3,4) của hệ thống nghiên cứu, các phần còn lại chính là voltage sourced converser trong sơ đồ khối bộ SSSC.



Hình 4.1 Sơ đồ khối của bộ SSSC có PID

5. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG [20]

Mục tiêu của phần này là minh họa tính hiệu quả của các bộ điều khiển giảm chấn của SSSC đề xuất để nâng cao sự ổn định động của hệ thống trong các điều kiện ngắn mạch 3 pha ở thanh cái vô cùng lớn và nhiễu trên trục máy phát điện.

Mục tiêu này đạt được bằng cách thực hiện các mô phỏng trong miền thời gian và so sánh các đáp ứng động của hệ thống khi SSSC không có PID, SSSC có PID. Các điều kiện ổn định xem xét cho hệ thống bao gồm:

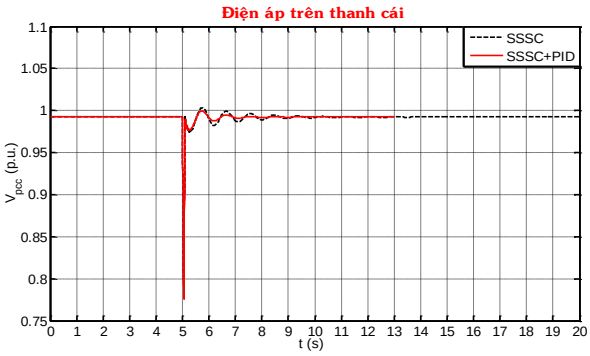
-Các đại lượng trên 2 đường dây và máy phát điện có bộ SSSC không có PID

-Các đại lượng trên 2 đường dây và máy phát điện có bộ SSSC có PID

Các kết quả mô phỏng trong miền thời gian trong được phân tích và chia thành hai trường hợp. Các kết quả tính trong miền thời gian của hệ thống có bộ SSSC và bộ SSSC+PID được trình bày. Các trường hợp khác nhau được thực hiện trong chương trình MATLAB /SIMULINK. Mô hình Simulink của hệ thống nghiên cứu được thiết kế bộ điều khiển xây dựng dựa trên các phương trình phi tuyến được thiết lập tại mục 3 và mục 4.

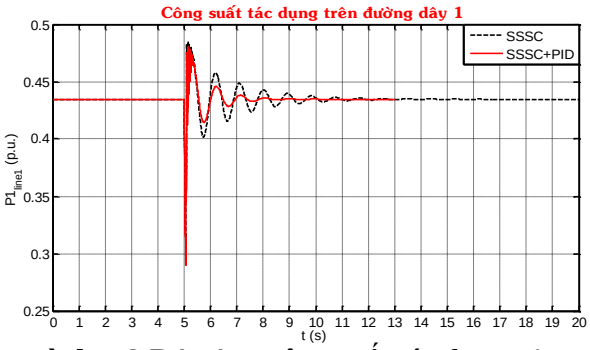
5.1 Kết quả mô phỏng ngắn mạch 3 pha tại thanh cái vô cùng lớn

Từ hình 5.1, ta thấy thanh cái trước khi ngắn mạch (5 giây về trước). Biên độ dao động điện áp thanh cái ở 2 trường hợp không thay đổi. Khi xảy ra ngắn mạch, ở thanh cái có bộ SSSC+PID, thời gian xác lập điện áp trên



Hình 5.1 Đáp ứng của điện áp trên thanh cái của bộ SSSC có PID và bộ SSSC không có PID

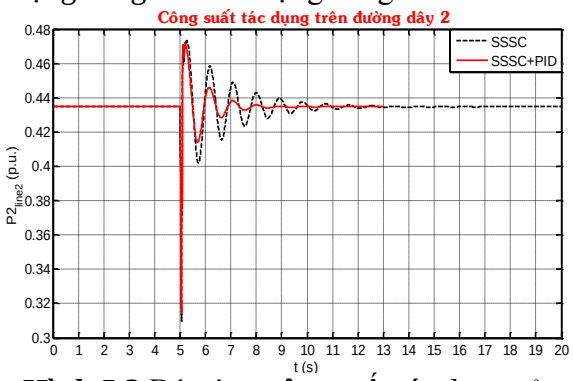
thanh cái ngắn hơn (ở 8 giây). Biên độ dao động điện áp lúc xảy ra ngắn mạch gần bằng nhau, sau đó biên độ dao động điện áp nhỏ hơn rồi về xác lập. Trong khi đó thời gian xác lập điện áp trên thanh cái của hệ thống điện có bộ SSSC, không có PID, dài hơn (ở 14 giây) và biên độ dao động điện áp cũng lớn hơn.



Hình 5.2 Đáp ứng công suất tác dụng của đường dây 1 khi bộ SSSC có PID và bộ SSSC không có PID

Từ hình 5.2, ta thấy khi đường dây 1 trước ngắn mạch (ở 5 giây trở về trước). Biên độ dao động công suất tác dụng của đường dây 1, ở 2 trường hợp, không thay đổi. Khi xảy ra ngắn mạch, ở đường dây 1 có bộ SSSC + PID thời gian xác lập công suất tác dụng, ngắn hơn (ở 9 giây). Biên độ dao động công suất tác dụng lúc xảy ra ngắn mạch, gần bằng nhau, nhưng đáp ứng ở đỉnh đầu phía trên có một phần bị nhiễu, sau đó biên độ dao động công suất tác dụng, nhỏ hơn rồi về xác lập. Trong khi đó thời gian xác lập công suất tác dụng của đường dây 1 có bộ SSSC, không có PID dài hơn (ở 17 giây) và biên độ dao động công suất tác dụng cũng lớn hơn.

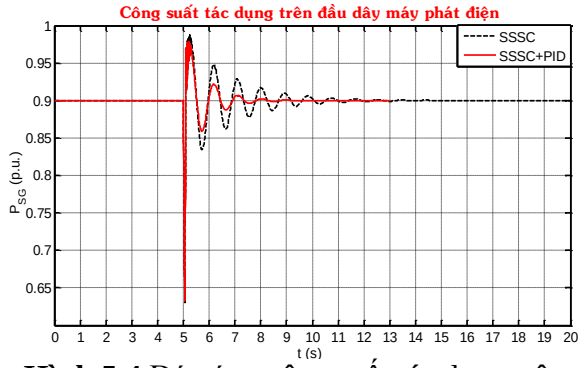
Từ hình 5.3, ta thấy khi đường dây 2 trước ngắn mạch (ở 5 giây trở về trước). Biên độ dao động công suất tác dụng của đường dây 2, ở 2 trường hợp, không thay đổi. Khi xảy ra ngắn mạch, ở đường dây 2 có bộ SSSC + PID, thời gian xác lập công suất tác dụng ngắn hơn (ở 9 giây). Biên độ dao động công suất tác dụng lúc xảy ra ngắn mạch gần bằng nhau, sau đó biên độ dao động công suất tác dụng, nhỏ hơn rồi về xác lập. Trong khi đó thời gian xác lập công suất tác dụng của đường dây 2 có bộ SSSC, không có PID dài hơn (ở 17 giây) và biên độ dao động công suất tác dụng cũng lớn hơn.



Hình 5.3 Đáp ứng công suất tác dụng của đường dây 2 khi bộ SSSC có PID và bộ SSSC không có PID

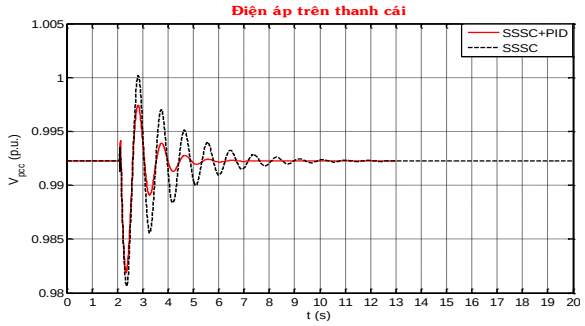
Từ hình 5.4, ta thấy ở đầu dây máy phát điện trước ngắn mạch (ở 5 giây trở về trước). Biên độ dao động công suất tác dụng ở đầu dây máy phát điện, ở 2 trường hợp, không thay đổi. Khi xảy ra ngắn mạch, ở đầu dây

máy phát điện có bộ SSSC + PID thời gian xác lập công suất tác dụng ngắn hơn (ở 9 giây). Biên độ dao động công suất tác dụng lúc xảy ra ngắn mạch gần bằng nhau. sau đó biên độ dao động công suất tác dụng nhỏ hơn rồi về xác lập. Trong khi đó thời gian xác lập công suất tác dụng đầu dây máy phát điện , không có PID dài hơn (ở 15 giây) và biên độ dao động công suất tác dụng cũng lớn hơn.



Hình 5.4 Đáp ứng công suất tác dụng trên đầu dây máy phát điện khi bộ SSSC có PID và bộ SSSC không có PID

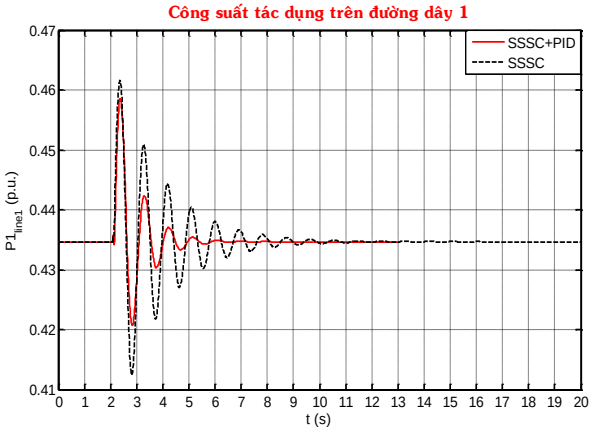
5.2 Kết quả mô phỏng khi có nhiễu trên trục máy phát



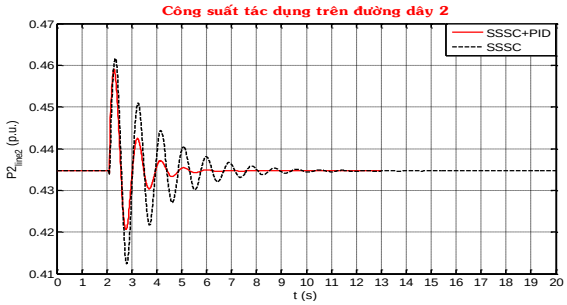
Hình 5.5 Đáp ứng điện áp của đường dây của bộ SSSC có PID và bộ SSSC không có PID

Từ hình 5.5, ta thấy ở thanh cái trước nhiễu trên trục máy phát (2 giây trở về trước). Biên độ dao động điện áp ở thanh cái, ở 2 trường hợp, không thay đổi. Khi nhiễu trên trục máy phát, ở thanh cái có bộ SSSC + PID thời gian xác lập điện áp trên thanh cái ngắn hơn (ở 7 giây). Biên độ dao động điện áp lúc nhiễu trên trục máy phát nhỏ hơn, sau đó biên độ dao động điện áp cũng nhỏ hơn rồi về xác lập. Trong khi đó thời gian xác lập điện áp trên thanh cái của hệ thống điện có bộ SSSC, không có PID dài hơn (ở 13 giây) và biên độ dao động điện áp cũng lớn hơn.

Từ hình 5.6, ta thấy đường dây 1 trước nhiễu trên trục máy phát (ở 2 giây trở về trước). Biên độ dao động công suất tác dụng của đường dây 1, ở 2 trường hợp, không thay đổi. Khi xảy ra nhiễu trên trục máy phát, ở đường dây 1 có bộ SSSC + PID thời gian xác lập công suất tác dụng ngắn hơn (ở 8 giây).Biên độ dao động công suất tác dụng lúc nhiễu trên trục máy phát nhỏ hơn, sau đó biên độ dao động công suất tác dụng cũng nhỏ hơn rồi về xác lập. Trong khi đó thời gian xác lập công suất tác dụng của đường dây 1 có bộ SSSC, không có PID dài hơn (ở 16 giây) và biên độ dao động công suất tác dụng cũng lớn hơn.



Hình 5.6 Đáp ứng công suất tác dụng trên đường dây 1 của bộ SSSC có PID và bộ SSSC không có PID

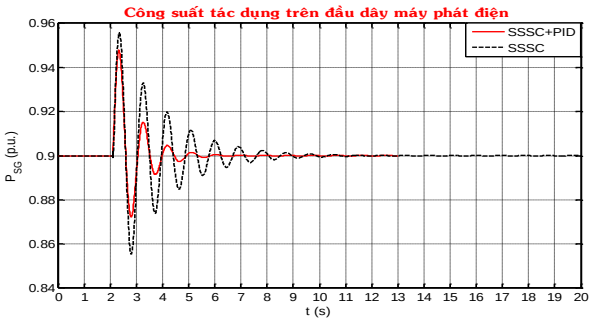


Hình 5.7 Đáp ứng công suất tác dụng trên đường dây 2 của bộ SSSC có PID và và bộ SSSC không có PID

Từ hình 5.7, ta thấy ở đường dây 2 trước khi nhiễu trên trục máy phát (ở 2 giây trở về trước). Biên độ dao động công suất tác dụng của đường dây 2, ở 2 trường hợp, không thay đổi. Khi nhiễu trên trục máy

phát, ở đường dây 2 có bộ SSSC + PID thời gian xác lập công suất tác dụng ngắn hơn (ở 8 giây). Biên độ dao động công suất tác dụng lúc nhiễu trên trục máy phát nhỏ hơn, sau đó biên độ dao động công suất tác dụng cũng nhỏ hơn rồi về xác lập. Trong khi đó thời gian xác lập công suất tác dụng của đường dây 2 có bộ SSSC, không có PID dài hơn (ở 17 giây) và biên độ dao động công suất tác dụng cũng lớn hơn.

Từ hình 5.8, ta thấy ở đầu dây máy phát điện trước nhiễu trên trục máy phát điện (ở 2 giây trở về trước), biên độ dao động công suất tác dụng ở đầu dây máy phát điện, ở 2 trường hợp không thay đổi. Khi



Hình 5.8 Đáp ứng công suất tác dụng trên đầu dây máy phát điện của bộ SSSC có PID và bộ SSSC không có PID

nhiễu trên trục máy phát, ở đầu dây máy phát điện có bộ SSSC + PID thời gian xác lập công suất tác dụng ngắn hơn (ở 8 giây). Biên độ dao động công suất tác dụng lúc xảy ra nhiễu trên trục máy phát nhỏ hơn, sau đó biên độ dao động công suất tác dụng cũng nhỏ hơn rồi về xác lập. Trong khi đó thời gian xác lập công suất tác dụng ở đầu dây máy phát điện có bộ SSSC, không có PID dài hơn (ở 14 giây) và biên độ dao động công suất tác dụng cũng lớn hơn.

6. KẾT LUẬN

Bài báonày đã sử dụng một thiết bị SSSC để đạt được sự cải tiến tính ổn định của một hệ thống điện bao gồm một nhà máy điện dựa trên SG thông thường nối với thanh cái vô cùng lớn được tích hợp với một bộ SSSC. Hệ thống nghiên cứu được kết nối với mạng lưới điện thông qua hai đường truyền song song, trong đó có một thiết bị SSSC đề xuất dùng để điều khiển dòng điện. Ngoài ra, phương pháp phân cực đã áp dụng cho việc thiết kế bộ điều khiển giảm dao động PID cho SSSC cải tiến độ ổn định của hệ thống nghiên cứu. Mô phỏng các phản ứng động của hệ thống nghiên cứu với các điều kiện nhiễu loạn khác nhau như nhiễu mô men, thay đổi đối với tải, lỗi ngắn mạch ba pha vv... Từ kết quả thu được, có thể kết luận rằng khi sử dụng SSSC có thể cải thiện độ dao động của hệ thống. Tuy nhiên, khi SSSC kết hợp với bộ điều khiển giảm dao động PID thì mức độ giảm dao động hiệu quả hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Nguyễn Minh Cường. *Bài giảng ổn định hệ thống điện*. Bộ môn Hệ thống điện, trường Đại Học Kỹ Thuật Công Nghiệp Thái Nguyên, 2005

[2] Huynh Chau Duy, Huynh Quang Minh and Ho Dac Loc.Transient stability analysis of a multi machine power system. *Faculty of Electrical and Electronics Engineering,Ho Chi Minh City University of Technology*, *VietNam*, 18/7/2015

[3] Nguyễn Vũ Phương Thảo. Đánh giá ổn định của hệ thống nhiều máy bằng phương pháp mô phỏng. *Luận văn thạc sĩ, trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM*, 12/2012.

[4] Takenori Yonezu, Tanzo Nitta. On-line measurement of the eigenvalues of multi-machine power system by use of smes, *The University of Tokyo*,18/7/2015

[5] Manisha Dubey, Aalok Dubey. Genetic Algorithm Based Design of Fuzzy Logic Power System Stabilizers in Multimachine Power System.World Academy of Science, Engineering and Technology, Vol:4, No:6, 2010

[6] P. Kundur. Power System Stability and Control. McGraw-Hill, 1994.

[7] H. F. Wang. Static synchronous series compensator to damp power system oscillations. Electric Power Systems Research, vol. 54, pp. 113119, 2000.

[8] N, G, Hingorani and L, Gyugyi. Understanding FACTS. New York, IEEE Press, 1999,

pp, 244-265.
[9] A. C. Pradhan and P. W. Lehn. Frequency-domain analysis of the static synchronous series compensator. IEEE Trans. Power Delivery, vol. 21, no. 1, pp. 440-449, Jan. 2006.
[10] S.C.Swain, Srikanta Mahapatra, Sidhartha Panda, Susmita Panda. Design of DE Optimized SSSC-based FACTS controller. International Journal of Electronics and Electrical Engineering, ISSN : 2277-7040 Volume 2 Issue 4, March 2012.
[11] Sidhartha Panda, N. P. Padhy. A PSO-based SSSC Controller for Improvement of Transient Stability Performance. World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Electrical and Computer Engineering,Vol:1, No:9, 2007.
[12] L. Gyugyi, C. D. Schauder and K. K. Sen . Static synchronous series compensator: a solid-state approach to the series compensation of transmission lines. IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 12, no.1, pp. 406-17, Jan. 1997.
[13] K R Padiyar and K Uma Rao. Discrete control of series compensation for stability improvement in power systems. Electrical Power & Energy Systems, vol. 19, no. 5, pp. 311-319, 1997.
[14] R. Mihalic and I. Papic.Static synchronous series compensator.a mean for dynamic power flow control in electric power systems. Electric Power Systems Research, vol. 45, pp. 65–72, 1998.
[15] L. Wang and Z.-Y. Tsai, Stabilization of generator oscillations using PID STATCON damping controllers and PID power system stabilizers, *Proc. 1999 IEEE Power Engineering Society Winter Meeting*, New York, NY, USA, Jan. 31 - Feb. 4, 1999, vol. 2, pp. 616-621.
[16] Sobuj Kumar Ray, Md. Arifur Rahman and Md. Raju Ahmed. Tuning of PI and PID Controller with STATCOM, SSSC and UPFC for Minimizing Damping of Oscillation, *IOSR Journal of Electrical and Electronics Engineering (IOSR-JEEE),* 2278-1676, p-ISSN: 2320-3331, Volume 12, Issue 1 Ver. II (Jan. – Feb. 2017), PP 30-44.
[17] Soheil GANJEFAR, Mojtaba ALIZADEH, On-line self-learning PID controller design of SSSC using self-recurrent wavelet neural networks, *Department of Electrical Engineering*, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran, 2013.
[18] N.V.Nho, M.J. Youn. Two-mode overmodulation in two-level VSI using principle control between limit trajectories. *CD-ROM Proceedings PEDS*, 2003, pp.1274-1279.
[19] N.V.Nho, M.J.Youn. A Comprehensive Study On SVPWM. Carrier Based PWM Correlation In Multilevel Inverters, IEE Proceedings -Electric Power Applications, 2005.
[20] Pranamita Basu, Aiswarya Harichandan. Power system stability using Matlab. 18/7/2015

Tác giả chịu trách nhiệm bài viết:

Họ tên: Trần Văn Đức

Đơn vị:

Điện thoại: 0976929672

Email: duc.tcktkt@gmail.com

XÁC NHẬN CỦA GIÁO VIÊN HƯỚNG DẪN

BÀI BÁO KHOA HỌC

THỰC HIỆN CÔNG BỐ THEO QUY CHẾ ĐÀO TẠO THẠC SỸ

Bài báo khoa học của học viên

có xác nhận và đề xuất cho đăng của Giảng viên hướng dẫn

Bản tiếng Việt ©, TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP. HỒ CHÍ MINH và TÁC GIẢ

Bản quyền tác phẩm đã được bảo hộ bởi Luật xuất bản và Luật Sở hữu trí tuệ Việt Nam. Nghiêm cấm mọi hình thức xuất bản, sao chụp, phát tán nội dung khi chưa có sự đồng ý của tác giả và Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP. Hồ Chí Minh.

ĐỂ CÓ BÀI BÁO KHOA HỌC TỐT, CẦN CHUNG TAY BẢO VỆ TÁC QUYỀN!

Thực hiện theo MTCL & KHTHMTCL Năm học 2018-2019 của Thư viện Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp. Hồ Chí Minh.