

SUMMARY OF NEW CONTRIBUTION OF THE PH.D. DISSERTATION

Ph.D. Candidate's full name: Tran Thanh Phong Ph.D. Candidate's ID : 201917001.....

Major : Electrical Engineering Major code : 9520201.....

Faculty/ Institute: Faculty of Electrical and Electronics Engineering

Ph.D. Dissertation title (VIE-ENG): Điều khiển tần số khi thay đổi tải trong hệ thống điện đa khu vực dùng điều khiển trượt (Load frequency control in multi-area interconnected power system using sliding mode control).

Advisors:

Main advisor: Dr. Huynh Van Van

Co-advisor (if any): Dr. Dong Si Thien Chau

Summary of theoretical and academic contribution of the PhD Dissertation (*maximum 2 pages*)

Achieving and maintaining stable operation in power systems (PS) is a challenging task that aims to satisfy both consumers and suppliers. Control and stability in power systems involve addressing various challenges. To ensure stable operation, different control loops are implemented to regulate different parameters. For instance, Load Frequency Control (LFC) or Automatic Generation Control (AGC) is utilized to keep the frequency close to its nominal values. In addition, that control loop has the charge of upholding the scheduled power exchange between interconnected control areas through tie-lines. Power systems also employ other control loops, such as the Automatic Voltage Regulator (AVR). The focus of this thesis is on addressing frequency deviation (FD) in PS and proposing diverse solutions depending on several hypotheses.

First, the utilization of SMC in LFC of power network (PN) poses challenges as a result of the chattering phenomena connected to high-frequency switching. These chattering issues can be highly detrimental to actuators employed in PS. To address this problem, this research proposes an approach to continuous control that combines a second order mode and integral sliding surface. The suggested approach, known as second order integral sliding mode control (SOISMC), not only effectively eliminates chattering in the control input but also ensures the multi-area PN's adaptability. This robustness is particularly valuable in the presence of

parametric uncertainties including fluctuations in loads and uncertainties related to parameter matching or mismatching. Simulation results demonstrate that the suggested controller satisfies quality requirements by effectively managing a wider range of operating conditions, rejecting disturbances, reducing transient frequency response, eliminating overshoot, and providing improved handling of load uncertainties compared to a few existing control approaches. Additionally, the results obtained from simulations highlight the suitability of the proposed SOISM for practical implementation in multi-area PN, where it effectively mitigates high parameter uncertainties and load disturbances, time-delay communication.

Second, in response to the escalating demand for electricity and the need to balance the total generated power, the concept of the multi-area power system (MAPS) has emerged. This MAPS incorporates various power sources such as gas, nuclear, hydro, thermal, etc., leading to implications for LFC. Addressing this, the LFC of the two-area gas-hydro-thermal power system (TAGHTPS) is presented through the application of a single-phase sliding mode control-based state observer (SPSMCBSO). This approach offers several notable contributions. Firstly, the TAGHTPS model accounts for uncertainties in both parameter and interconnected matrix states. Secondly, a state observer is utilized to determine the state variables, enhancing feedback control. Thirdly, the SPSMCBSO technique modifies the conventional SMC, thereby improving TAGHTPS performance in the context of overshoot and time for settling. Moreover, the SPSMCBSO design relies exclusively on the state observer, mitigating challenges related to state variable measurement. A stability evaluation of TAGHTPS is conducted using a novel linear matrix inequality (LMI) scheme based on the hypothesis of stability proposed by Lyapunov. Finally, the experiment's outcomes are presented and compared against reputable traditional control techniques, confirming the viability of SPSMCBSO for LFC within the multi-area multi-source power system (MAMSPS).

Last, this research introduces a novel LFC approach tailored for a MASHPS under parameter uncertainty. The suggested technique employs a second order sliding mode control with double integrated sliding surfaces, aiming to enhance frequency regulation, tie-line power management, and overall system reliability of the MASHPS. Notably, this method not only enhances the asymptotic stability and dependability of the MASHPS but also mitigates the inherent presence of the chattering phenomenon in first order SMC. Additionally, the study employs a new LMI based on Lyapunov stability to comprehensively analyze the stabilization of the entire MASHPS. To assess the efficiency of the suggestion's strategy for LFC, a two-area steam-hydropower system (TASHPS) is investigated. Through simulations involving parameter uncertainties and

various load disturbances from different sources like households, commercial buildings, and industries, the efficacy of the suggested second-order SMC with double integral sliding surface (SOSDISS) is demonstrated. This approach exhibits robustness and notable improvements in MASHPS response concerning frequency regulation, tie-line power management, and system reliability compared to other existing methods with limited consideration of uncertainties. The effectiveness and reliability of the suggested control scheme are demonstrated through its rapid frequency responses and its resilience to factors such as parameter fluctuations, load disturbances, load variations, delay time, and the nonlinearity effects of governor dead band (GDB) and generation rate constraint (GRC), IEEE 39 bus on the PN. In conclusion, the outcomes highlight the new approach's practicality for LFC in MASHPS and its positive impact on PS reliability.

Tóm tắt những đóng góp mới về lý luận và học thuật của luận án (tối đa 2 trang A4)

Đạt được và duy trì hoạt động ổn định trong hệ thống điện (PS) là một nhiệm vụ đầy thách thức nhằm làm hài lòng cả người tiêu dùng và nhà cung cấp. Kiểm soát và ổn định trong hệ thống điện liên quan đến việc giải quyết các thách thức khác nhau. Để đảm bảo hoạt động ổn định, các vòng điều khiển khác nhau được triển khai để điều chỉnh các thông số khác nhau. Ví dụ: Điều khiển tần số tải (LFC) hoặc Điều khiển phát điện tự động (AGC) được sử dụng để giữ tần số gần với giá trị danh định của nó. Ngoài ra, vòng điều khiển đó có nhiệm vụ duy trì việc trao đổi điện năng theo lịch trình giữa các khu vực điều khiển được kết nối với nhau thông qua các đường dây nối. Hệ thống điện cũng sử dụng các vòng điều khiển khác, chẳng hạn như Bộ điều chỉnh điện áp tự động (AVR). Trọng tâm của luận án này là giải quyết độ lệch tần số (FD) trong hệ thống điện và đề xuất đa dạng các giải pháp tùy thuộc vào một số giả thuyết.

Đầu tiên, việc sử dụng điều khiển trượt (SMC) trong điều khiển tần số tải (LFC) của mạng điện (PN) đặt ra những thách thức do hiện tượng hiện tượng dao động với tần số cao (chattering). Những vấn đề hiện tượng chattering các trạng thái xung quanh mặt trượt này có thể gây bất lợi lớn cho các bộ truyền động được sử dụng trong hệ thống điện. Để giải quyết vấn đề này, nghiên cứu này đề xuất một phương pháp điều khiển liên tục kết hợp phương thức bậc hai và mặt trượt tích phân. Phương pháp được đề xuất, được gọi là điều khiển chế độ trượt tích phân bậc hai (SOISMC), không chỉ loại bỏ hiệu quả hiện tượng dao động trong đầu vào điều khiển mà còn đảm bảo khả năng thích ứng của hệ thống điện đa vùng. Độ bền này đặc biệt có giá trị khi có sự không chắc chắn về tham số bao gồm sự dao động về tải và độ không đảm bảo liên quan đến việc khớp hoặc không khớp tham số. Kết quả mô phỏng chứng minh rằng bộ điều khiển được đề xuất đáp ứng các yêu cầu về chất lượng bằng cách quản lý hiệu quả phạm vi điều kiện vận hành rộng hơn, loại bỏ nhiễu, giảm đáp ứng tần số nhất thời, loại bỏ hiện tượng vọt lố và cải

thiện khả năng xử lý độ không đảm bảo tải so với một số phương pháp điều khiển hiện có. Ngoài ra, kết quả thu được từ các mô phỏng nêu bật tính phù hợp của SOISMC được đề xuất để triển khai thực tế ở PN đa khu vực, nơi nó giảm thiểu một cách hiệu quả độ không đảm bảo của tham số cao và nhiễu loạn tải, liên lạc có độ trễ thời gian.

Thứ hai, để đáp ứng nhu cầu điện ngày càng tăng và nhu cầu cân bằng tổng lượng điện năng được tạo ra, khái niệm hệ thống điện đa vùng (MAPS) đã xuất hiện. MAPS này kết hợp nhiều nguồn năng lượng khác nhau như khí đốt, hạt nhân, thủy điện, nhiệt điện, v.v., dẫn đến những tác động đối với LFC. Để giải quyết vấn đề này, LFC của hệ thống nhiệt điện khí-thủy điện hai khu vực (TAGHTPS) được trình bày thông qua ứng dụng của bộ quan sát trạng thái dựa trên điều khiển chế độ trượt một pha (SPSMCBSO). Cách tiếp cận này cung cấp một số đóng góp đáng chú ý. Thứ nhất, mô hình TAGHTPS tính đến độ không đảm bảo ở cả trạng thái tham số và ma trận liên kết với nhau. Thứ hai, bộ quan sát trạng thái được sử dụng để xác định các biến trạng thái, tăng cường kiểm soát phản hồi. Thứ ba, kỹ thuật SPSMCBSO sửa đổi SMC thông thường, từ đó cải thiện hiệu suất của TAGHTPS trong bối cảnh vượt mức và thời gian giải quyết. Hơn nữa, thiết kế SPSMCBSO hoàn toàn dựa vào người quan sát trạng thái, giảm thiểu những thách thức liên quan đến phép đo biến trạng thái. Đánh giá độ ổn định của TAGHTPS được thực hiện bằng cách sử dụng sơ đồ bất đẳng thức ma trận tuyến tính (LMI) mới dựa trên giả thuyết về độ ổn định do Lyapunov đề xuất. Cuối cùng, kết quả của thử nghiệm được trình bày và so sánh với các kỹ thuật điều khiển truyền thống có uy tín, khẳng định khả năng tồn tại của SPSMCBSO đối với LFC trong hệ thống điện đa nguồn đa vùng (MAMSPS).

Cuối cùng, nghiên cứu này giới thiệu một cách tiếp cận LFC mới được thiết kế riêng cho MASHPS với độ không đảm bảo về tham số. Kỹ thuật được đề xuất sử dụng điều khiển chế độ trượt bậc hai với các bề mặt trượt tích hợp kép, nhằm tăng cường điều chỉnh tần số, quản lý nguồn điện liên kết và độ tin cậy tổng thể của hệ thống MASHPS. Đáng chú ý, phương pháp này không chỉ nâng cao tính ổn định và độ tin cậy tiệm cận của MASHPS mà còn giảm thiểu sự hiện diện vốn có của hiện tượng rung trong SMC bậc nhất. Ngoài ra, nghiên cứu sử dụng LMI mới dựa trên độ ổn định Lyapunov để phân tích toàn diện độ ổn định của toàn bộ MASHPS. Để đánh giá tính hiệu quả của chiến lược đề xuất cho LFC, hệ thống thủy điện hơi nước hai khu vực (TASHPS) đã được nghiên cứu. Thông qua các mô phỏng liên quan đến độ không đảm bảo của tham số và các nhiễu loạn tải khác nhau từ các nguồn khác nhau như hộ gia đình, tòa nhà thương mại và ngành công nghiệp, hiệu quả của SMC bậc hai được đề xuất với bề mặt trượt tích hợp kép (SOSDISS) đã được chứng minh. Cách tiếp cận này thể hiện sự mạnh mẽ và những cải

tiền đáng chú ý trong phản hồi MASHPS liên quan đến việc điều chỉnh tần số, quản lý nguồn điện liên kết và độ tin cậy của hệ thống so với các phương pháp hiện có khác với sự xem xét hạn chế về độ không đảm bảo. Hiệu quả và độ tin cậy của sơ đồ điều khiển được đề xuất được thể hiện thông qua đáp ứng tần số nhanh và khả năng phục hồi của nó trước các yếu tố như dao động tham số, nhiễu tải, biến đổi tải, thời gian trễ và hiệu ứng phi tuyến của dải chết bộ điều tốc (GDB) và hạn chế tốc độ phát điện (GRC), bus IEEE 39 trên PN. Tóm lại, các kết quả nêu bật tính thực tiễn của phương pháp mới đối với LFC trong MASHPS và tác động tích cực của nó đối với độ tin cậy của PS.

Ho Chi Minh City, day ... month ... year 2024

Main advisor
(Signature and full name)

Co-advisor (if any)
(Signature and full name)

Ph.D Candidate
(Signature and full name)