

TỔNG QUAN VỀ ĐIỀU KHIỂN TỐC ĐỘ TUABIN TRONG HỆ THỐNG THỦY ĐIỆN LIÊN KẾT VÙNG ĐỂ ỔN ĐỊNH TẦN SỐ LƯỚI

AN OVERVIEW OF SPEED TURBINE CONTROL IN A MULTI-AREA HYDROPOWER SYSTEM TO STABILIZE THE NET FREQUENCY

Nguyễn Duy Trung¹, Lê Hùng Lân², Nguyễn Văn Tiềm²,
Nguyễn Ngọc Khoát¹, Đào Thị Mai Phương³, Hoàng Thị Thu Hương⁴

TÓM TẮT

Bộ điều khiển tốc độ tuabin thủy điện là khâu rất quan trọng trong quá trình phát điện của nhà máy thủy điện và bài toán ổn định tần số - phụ tải luôn được Tập đoàn Điện lực Việt Nam rất quan tâm. Do tính cấp bách như vậy, vấn đề điều khiển này đã thu hút được rất nhiều nghiên cứu để nhằm mục đích nâng cao chất lượng điện năng. Hiện nay trong các nhà máy thủy điện của Việt Nam, bộ điều khiển điều tốc là khâu điều chỉnh tốc độ vẫn đang sử dụng bộ điều khiển PID, chế độ vận hành độc lập; còn chế độ liên kết vùng rất phức tạp cần có những bộ điều khiển thông minh hơn. Điều này được lý giải là trong những năm qua do hệ thống lưới điện còn đơn giản và các thành phần nguồn phân tán chưa tham gia nhiều vào hệ thống. Tuy nhiên, hiện nay do nhu cầu phát triển kinh tế và xã hội đòi hỏi nâng cao chất lượng điện năng, ổn định hệ thống và vận hành an toàn thì việc sử dụng bộ điều khiển PID để điều khiển tốc độ tuabin thủy lực sẽ gặp nhiều khó khăn. Thời gian gần đây việc nghiên cứu về lý thuyết điều khiển hiện đại, điều khiển thông minh ứng dụng cho bài toán điều khiển ổn định tốc độ tuabin cũng đã rất phát triển và thành công.

Trong bài báo này, các tác giả đã tổng hợp được các kết quả nghiên cứu, phân tích ưu điểm và nhược điểm của các nghiên cứu. Từ đó, nhóm tác giả đã đề xuất được phương pháp thiết kế bộ điều khiển thông minh dùng logic mờ loại PI kết hợp giải thuật tối ưu hóa bầy đàn PSO. Ngoài ra, bài báo cũng đề xuất mô hình NARMA ứng dụng mạng nơ-ron nhân tạo nhằm kiểm soát tần số - phụ tải cho nhà máy thủy điện liên kết mang lại kết quả điều khiển tốt nhất.

Từ khóa: Điều khiển PID, bộ điều khiển logic mờ loại PI, PSO, hệ thống thủy điện kết nối, thay đổi tải, độ lệch tần số, độ lệch công suất trao đổi trên đường dây

ABSTRACT

The speed controller for a water turbine is a highly important component in the generation process of a hydro power system and frequency stability against load changes is always concerned by Vietnam Electricity. Because of this urgency, many studies have focused on improving the quality of electricity. At present, in Vietnam's hydropower plants, most speed turbine controllers are using PID regulators in single-area operating modes; and the multi-area mode is highly complicated needs intelligent controllers. This is because of the simplicity of the electric grids and the distributed power supply systems have not participated much in such a network. However, at present, the socio-economic development requires power quality improvement, system stability and safe operation, thus the PID controllers used for the turbine control have been facing a lot of difficulties. Recently, the research on modern control theory and intelligent control in dealing with the load-frequency control of a hydropower system has been rapidly developed.

In this paper, the authors will summarize existed reports, analyze advantages and disadvantages of these studies. Thereafter, this research proposes a novel method to design PI-based fuzzy logic controllers applying the particle swarm optimization (PSO) technique. Furthermore, this work presents a NARMA controller applying artificial neural network (ANN) to solve the load-frequency control problem of a multi-area hydropower system with good control quality.

Keywords: PID control, PI-type fuzzy logic controller, PSO, interconnected hydropower system, load change, frequency deviation, tie-line power flow change.

¹Khoa Điều khiển và Tự động hóa, Trường Đại học Điện lực

²Bộ môn Điều khiển học, Trường Đại học Giao thông vận tải

³Khoa Điện, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

⁴Ban Quản lý dự án Điện 2, Tập đoàn Điện lực Việt Nam

*Email: trungnd@epu.edu.vn

Ngày nhận bài: 06/02/2020

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 20/3/2020

Ngày chấp nhận đăng: 24/4/2020

1. GIỚI THIỆU

Do hệ thống điện Việt Nam hiện nay đang ngày một phát triển, cả về số lượng và chất lượng, một vấn đề đặt ra là khi các hệ thống nguồn điện phân tán tham gia vào phát điện sẽ dẫn đến sự mất cân đối và rất dễ mất ổn định của hệ thống. Tập đoàn Điện lực Việt Nam đã rất quan tâm và đã yêu cầu các nhà máy là thành phần tham gia phát điện, hòa lên lưới điện quốc gia phải giữ ổn định được hệ thống của nhà máy và lưới. Trong nhà máy thủy điện, bộ điều tốc là khâu rất quan trọng, nó được ví như trái tim của con người, do vậy sự thay đổi tốc độ dẫn đến thay đổi tần số máy phát và tần số của lưới sẽ dẫn đến dao động. Hiện nay, do yêu cầu nâng cao chất lượng điện năng thì việc ổn định tần số tải là rất cần thiết và quan trọng để đảm bảo chất lượng điện năng cho phụ tải điện trong hệ thống. Nhiều nghiên cứu về điều tốc tuabin thủy điện cũng đã được công bố; như phát điện độc lập và ổn định tần số máy phát, nhưng việc phát điện lên hệ thống nó sẽ ảnh hưởng rất lớn từ các vùng phát điện liên kết với nhau, vấn đề càng trở nên phức tạp khi nhiều thành phần và yếu tố tác động dẫn đến mất ổn định của hệ thống.

1.1. Nghiên cứu ở trong nước về điều khiển tốc độ tuabin thủy điện để ổn định tần số tải

Các tác giả Đoàn Quang Vinh, Đặng Trung Thi [2] đã nghiên cứu bộ điều khiển PID có chỉnh định mờ áp dụng cho hệ thống tuabin - máy phát vận hành với tải độc lập. Với những ưu điểm của điều khiển mờ, phương pháp điều khiển này đã khắc phục được hạn chế của điều khiển PID kinh điển đó là khả năng bền vững trước sự thay đổi của các tham số của hệ thống trong quá trình mô hình hóa cũng như trong quá trình vận hành. Tuy nhiên, trong nghiên cứu này chỉ nghiên cứu với mô hình là tuyến tính hóa lân cận điểm làm việc với sự thay đổi nhỏ của phụ tải và chưa xét đến trường hợp có nhiễu đầu vào là chiều cao cột áp.

Nguyễn Hồng Quang [3] đã nghiên cứu thành công bộ điều khiển nhúng áp dụng cho hệ điều tốc tuabin - máy phát thủy điện có công suất vừa và nhỏ. Theo đó, nhóm thực hiện để tải đã thiết kế, chế tạo bộ điều khiển PID số đảm bảo hoạt động tin cậy và có độ chính xác cao trong các trường hợp hệ thống có các thông số ổn định hoặc biến động nhỏ.

Theo [5], tác giả đã trình bày một nghiên cứu ứng dụng mạng mờ và nơ-ron để xây dựng thuật toán điều khiển hệ điều tốc tuabin - máy phát thủy điện. Ngoài ra, tác giả đã nghiên cứu sự ảnh hưởng của các thông số đến công suất và tần số của hệ thống trong các chế độ vận hành khác nhau, thiết kế bộ điều khiển phản hồi tuyến tính PID, PI cho các mạch vòng điều khiển tốc độ và mạch vòng điều khiển công suất. Đánh giá chất lượng điều khiển hệ thống khi sử dụng các bộ điều khiển PID và PI trong các trường hợp hệ thống thủy điện có tham số đầu vào (chiều cao cột áp) và tham số đầu ra (công suất phụ tải) thay đổi trong phạm vi rộng.

Thiết kế bộ điều khiển nơ-ron thích nghi NNC, trong đó có sự kết hợp giữa mạng nơ-ron và mạng nơ-ron có cấu trúc

dựa trên hệ thống suy luận mờ của Tagaki-Sugeno (ANFIS) để nhận dạng trực tiếp hệ thống thủy lực có các thông số bất định. Trên cơ sở đó, các thông số của bộ điều chỉnh PID và PI sử dụng mạng nơ-ron tự động cập nhật theo sự thay đổi của hệ thống trong các chế độ vận hành khác nhau của máy phát.

Theo [6], nghiên cứu ứng dụng các giải pháp đo lường và điều khiển hiện đại nhằm nâng cao chất lượng ổn định tần số trong nhà máy thủy điện vừa và nhỏ, tác giả đề xuất giải pháp đo lường chiều cao cột nước; xây dựng mô hình nhận dạng tham số của tổ hợp tuabin - máy phát, ổn định tốc độ quay của tuabin trên cơ sở PI, LQG, Backstepping.

Theo [7], nghiên cứu ổn định và tối ưu hệ thống phức hợp nhiều thành phần ứng dụng cho hệ thống điện. Đề xuất giải pháp điều khiển lai sử dụng bộ điều khiển mờ PD kết hợp với các bộ lưu trữ năng lượng từ trường siêu dẫn để kiểm soát tần số lưới điện.

Qua các nghiên cứu trong nước liên quan, vấn đề điều khiển ổn định tốc độ tuabin nhà máy thủy điện, đặc biệt là hệ thống đa liên kết vùng vẫn cần được tập trung nghiên cứu để làm cơ sở cho việc xây dựng hệ thống ổn định cho lưới điện lớn và phức tạp trước những yêu cầu về đa dạng hóa nguồn năng lượng, nâng cao chất lượng điện năng và đảm bảo an ninh năng lượng cho quốc gia.

1.2. Nghiên cứu ở ngoài nước về điều khiển tốc độ tuabin thủy điện để ổn định tần số tải

Hiện nay, trên thế giới có rất nhiều nghiên cứu về bộ điều khiển cho bộ điều tốc tuabin - máy phát thủy điện. Các công trình nghiên cứu này đều nhằm mục đích cải thiện và nâng cao chất lượng điều khiển cho bộ điều tốc.

Thuật toán điều khiển PD, PI, PID truyền thống vẫn đang được các nhà khoa học quan tâm nghiên cứu tối ưu hóa thông số của các bộ điều khiển.

Mô hình của tuabin thủy lực tuyến tính và phi tuyến không có thập điều áp được giới thiệu trong công trình nghiên cứu của Gagan Singh và D.S. Chauhan [11]. Qua đó, nhóm tác giả đã xác định mô hình tuyến tính hóa cho mỗi thành phần của hệ thống thủy lực. Từ đó thiết kế bộ điều khiển PID số cho các mạch vòng điều khiển tần số và công suất của hệ thống. Ưu điểm của phương pháp này là đã tách mô hình toán của hệ thống thành các mô hình đơn giản để điều khiển đảm bảo được tính ổn định cao. Tuy nhiên, trong bài báo này các tác giả mới chỉ dừng lại ở mô hình tuyến tính hóa và phạm vi thay đổi công suất nhỏ (10%).

Trên cơ sở đặc tính tốc độ của tuabin đối, J. Fraile-Ardanuy, J. R. Wilhelmi, J. Fraile-Mora, J. I. Pérez và I. Sarasúa, đã sử dụng mạng nơ-ron truyền thẳng nhiều lớp ANN (Artificial Neural Network) có cấu trúc 2-5-1 (với đầu vào là lưu lượng nước và góc mở cánh hướng, đầu ra là tốc độ tối ưu) để học hàm nội suy tối ưu tốc độ từ đường cong tốc độ của turbine này. Từ đó thiết kế bộ điều khiển tốc độ hệ tuabin - máy phát thủy điện có công suất nhỏ vận hành độc lập. Kết quả đạt được của công trình nghiên cứu này là đáp ứng tốc độ ổn định nhanh về giá trị đặt chỉ sau vài giây.

Ilyas Eker và các cộng sự [20] trình bày bộ điều khiển nhiều tầng đa biến, bộ điều khiển đã được các tác giả chứng minh là tốt hơn so với các bộ điều khiển PI hay PID thông thường. Tuy nhiên, bộ điều khiển này được thiết kế với mô hình hệ thống thủy lực tuabin tuyến tính, hơn nữa bộ điều khiển đa tầng thường phức tạp nên khó thực hiện trong thực tế. Orelind [9], giới thiệu bộ điều khiển kỹ thuật số cho hệ thống thủy điện. Thông số tối ưu của bộ điều khiển được tính từ các điểm vận hành khác nhau bằng cách giảm thiểu hàm mục tiêu bậc hai. Sau đó, các hệ số của bộ điều khiển được xác định dựa vào độ mở cánh hướng và giá trị sai lệch về tốc độ.

Dewi Jones và Sa'ad Mansoor [17] đề xuất bộ điều khiển dự báo căn cứ vào sai lệch tần số và công suất cơ của tuabin. Các tác giả đã chứng minh rằng điều khiển dự báo đạt được sự cải thiện đáng kể trong việc điều khiển công suất của nhà máy thủy điện với các trường hợp hằng số thời gian khởi tạo của nước (T_w) trong đường ống áp lực thay đổi và mô hình hệ thống tuabin thủy lực có dạng tuyến tính.

Nghiên cứu của Clifton và các đồng nghiệp [16] đã trình bày phương pháp mô hình hóa tối ưu bộ điều tốc, theo đó các tác giả chỉ ra rằng có thể nâng cao hiệu suất của tuabin thủy lực bằng cách sử dụng mô hình bộ điều tốc bậc cao.

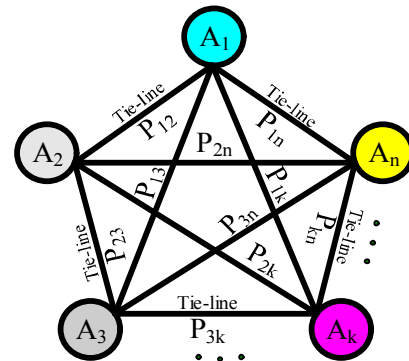
Nghiên cứu Lansberry JE, Wozniak L [12] đã sử dụng thuật toán di truyền (GA) để tối ưu hóa bộ điều tốc tuabin thủy lực. Thuật toán tự chỉnh thích nghi được xây dựng dựa trên sự thay đổi của hằng số thời gian T_w và phụ tải điện.

Qua các tài liệu đã nghiên cứu của các tác giả trong và ngoài nước có liên quan cho thấy các công trình nghiên cứu này đều nhằm nâng cao chất lượng điều khiển bộ điều tốc của tuabin thủy điện phát độc lập, ổn định tần số lưới trong các nhà máy, lưới điện lớn và nhiều thành phần, chưa có nghiên cứu đầy đủ nào về điều khiển tốc độ tuabin để áp dụng cho thủy điện liên kết vùng để ổn định tần số lưới. Nhóm tác giả đề xuất các nghiên cứu tiếp theo dùng bộ điều khiển FLC loại PI kết hợp thuật toán PSO, GA là một trong những chiến lược điều khiển nhằm nâng cao chất lượng, mô hình ANN-NARMA kiểm soát tốt giải pháp điều khiển thông minh nhằm kiểm soát tần số - phụ tải cho thủy điện liên kết.

2. MÔ HÌNH HỆ THỐNG THỦY ĐIỆN ĐA LIÊN KẾT VÙNG

Hệ thống thủy điện đa liên kết vùng như thể hiện trên hình 1 thường bao gồm nhiều vùng, mỗi vùng là một cấu trúc phát điện hoàn thiện có ba thành phần chính: điều tốc, tuabin nước và máy phát điện. Trong mô hình đơn giản của hệ thống điện liên kết gồm n vùng điều khiển trên hình 1, mỗi vùng điều khiển được kết nối với nhau bằng một đường dây truyền tải để trao đổi công suất. Do sự liên kết giữa các vùng với nhau, khi tốc độ của mỗi máy phát thay đổi, và do đó tần số đầu ra của vùng tương ứng cũng thay đổi, sẽ ảnh hưởng đến tần số lưới. Do mối quan hệ tỷ lệ giữa tần số lưới điện và công suất tác dụng trao đổi giữa các vùng, khi tần số lưới thay đổi do sự thay đổi của phụ tải sẽ dẫn đến sự thay đổi của công suất này. Bài toán điều

kiển tốc độ tuabin nước để ổn định tần số lưới điện khi phụ tải thay đổi cũng đồng thời yêu cầu ổn định công suất trao đổi trên đường dây. Các bộ điều khiển tần số - phụ tải được thiết kế để đảm bảo các mục đích này. Phần tiếp theo của bài báo sẽ đề cập đến các bộ điều khiển tần số - phụ tải như vậy.



Hình 1. Hệ thống thủy điện đa liên kết gồm n vùng

3. CẤU TRÚC ĐIỀU KHIỂN THÔNG MINH ỨNG DỤNG LOGIC MỜ VÀ MẠNG NƠ-RON

3.1. Điều khiển logic mờ loại PI

Kiến trúc mờ loại PI (PI-type fuzzy logic) là một trong những bộ điều khiển logic mờ phổ biến nhất có thể đạt được chất lượng điều khiển tốt. Mô hình cơ bản của chiến lược logic mờ loại PI áp dụng cho nhà máy điều khiển được trình bày trong hình 4. Đầu ra của bộ điều khiển đã cho $u(t)$ có liên quan đến tín hiệu điều khiển của nhà máy điều khiển theo hệ số tỷ lệ G_u . Trong hầu hết các trường hợp, mỗi bộ điều khiển logic mờ là ánh xạ phi tuyến tính của đầu vào và đầu ra, do đó, nguyên tắc của kiến trúc logic mờ như vậy được đưa ra như sau:

$$u(t) = \int_0^t u_n(\tau) d\tau \tag{1}$$

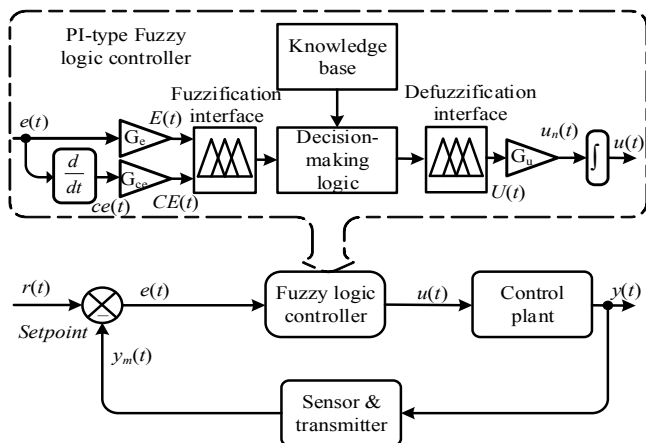
$$= \int_0^t G_u \cdot g_u [G_e \cdot g_e \cdot e(\tau) + G_{ce} \cdot g_{ce} \cdot ce(\tau)] d\tau$$

Trong đó, g_e , g_{ce} và g_u là các hệ số tỷ lệ bên trong cho suy luận logic mờ. Trong khi đó, G_e , G_{ce} và G_u là những hệ số tỷ lệ bên ngoài, có thể được điều chỉnh để thiết kế kiến trúc logic mờ đang xét. Sử dụng toán tử Laplace trong miền tần số, phương trình (1) có thể được biểu thị như sau:

$$U(s) = \left(K'_p + \frac{K'_i}{s} \right) E(s) \tag{2}$$

Trong đó $\begin{cases} K'_p = G_u \cdot g_u \cdot G_e \cdot g_e \\ K'_i = G_u \cdot g_u \cdot G_{ce} \cdot g_{ce} \end{cases}$

Hai hệ số trên, tương ứng với các hệ số tỷ lệ và tích phân của bộ điều chỉnh PI truyền thống. Tương tự như bộ điều chỉnh PI, hai thông số này ảnh hưởng mạnh đến hiệu suất điều khiển của hệ thống điều khiển, và do đó chúng cần được chỉnh định thành công khi thiết kế bộ điều khiển mờ kiểu PI cho bài toán điều khiển đang xét.

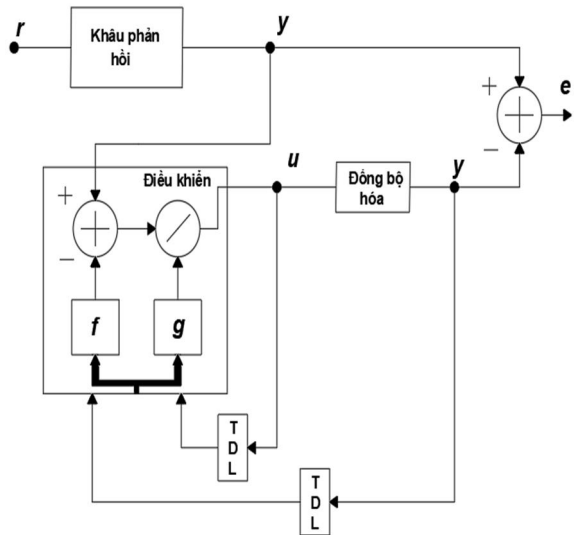


Hình 2. Bộ điều khiển logic mờ loại PI

Để thiết kế một FLC dựa trên PI hiệu quả, nghiên cứu này đề xuất một phương pháp kiểm soát mới áp dụng thuật toán PSO để điều chỉnh các hệ số chỉnh định của bộ điều khiển mờ.

3.2. Bộ điều khiển tần số dựa trên ANN-NARMA

Trong những năm gần đây, các kỹ thuật ứng dụng mạng nơ-ron đã trở thành các giải pháp điều khiển hữu ích bên cạnh phương pháp ứng dụng logic mờ để thay thế các bộ điều khiển cổ điển, đặc biệt nó hiệu quả hơn trong các hệ thống điều khiển phức tạp. Mạng nơ-ron có chức năng thông minh của bộ não con người để giải quyết các vấn đề điều khiển đòi hỏi các tiêu chí kỹ thuật có chất lượng cao. Do mạng nơ-ron có cấu trúc tự nhiên song song tương tự như mạng lưới thần kinh của con người, nó có thể hoạt động trong thời gian thực nhanh hơn và hiệu quả hơn các phương pháp điều khiển thông thường. Ngoài ra, do khả năng huấn luyện ngoại tuyến, ANN đa lớp có thể giảm thời gian tính toán để thiết kế các mô hình gần đúng để thiết kế các chiến lược điều khiển tần số. Do đó, kỹ thuật điều khiển dựa trên mạng nơ-ron cũng có thể được áp dụng hiệu quả để thiết kế một bộ điều khiển tần số cho hệ thống thủy điện liên kết vùng trong [19].

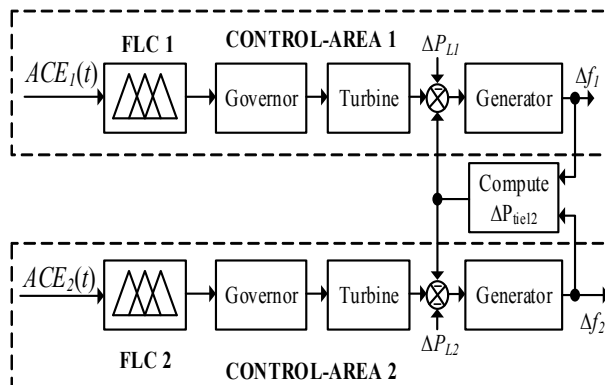


Hình 3. Kiến trúc của bộ điều khiển ANN-NARMA

4. ĐỀ XUẤT CHIẾN LƯỢC ĐIỀU KHIỂN TỐC ĐỘ TUABIN HỆ THỐNG THỦY ĐIỆN LIÊN KẾT VÙNG

4.1. Điều khiển tốc độ tuabin hệ thống thủy điện hai vùng liên kết ứng dụng logic mờ

Xét mô hình hệ thống thủy điện liên kết hai vùng điều khiển (trích từ mô hình đã vẽ ở hình 1 khi n = 2). Mô hình này sử dụng các kiến trúc điều khiển mờ kiểu PI đã trình bày ở phần trên. Mỗi vùng điều khiển sử dụng một bộ điều khiển mờ, tín hiệu điều khiển đầu ra của khâu mờ này được đưa đến bộ điều tốc để điều khiển góc mở cánh hướng của tuabin thủy lực tương ứng, qua đó ổn định tốc độ máy phát [14, 15].



Hình 4. Bộ điều khiển logic mờ liên kết 2 nhà máy

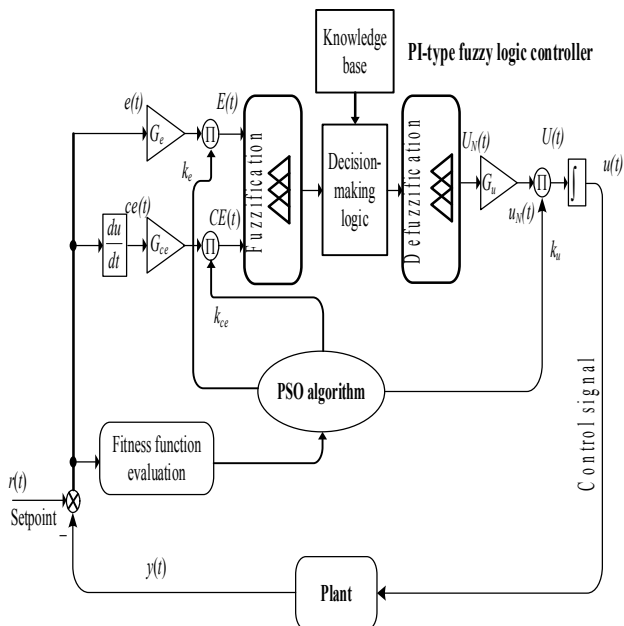
Với mỗi bộ điều khiển mờ loại PI đã đề xuất theo cấu trúc đã trình bày ở phần 3 của bài báo này, các hàm thuộc loại Gaussian được sử dụng cho cả hai đầu vào và một đầu ra. Bảy mức độ logic, bao gồm NB (Âm lớn), NM (âm trung bình), NS (âm nhỏ), ZE (không), PS (dương nhỏ), PM (dương trung bình), PB (dương lớn), được sử dụng cho từng hàm thuộc của đầu vào và đầu ra của bộ điều khiển logic mờ loại PI được đề xuất. Bảng 1 đưa ra ma trận quy tắc được sử dụng cho các bộ điều khiển logic mờ loại PI được đề xuất theo mô hình Mamdani.

Bảng 1. Ma trận quy tắc điển hình được đề xuất cho bộ điều khiển logic mờ loại PI [1]

e(t)	de(t)						
	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
NB	PB	PB	PB	PM	PM	PS	ZE
NM	PB	PM	PM	PM	PS	ZE	NS
NS	PB	PM	PS	PS	ZE	NS	NM
ZE	PM	PM	PS	ZE	NS	NM	NM
PS	PM	PS	ZE	NS	NS	NM	NB
PM	PS	ZE	NS	NM	NM	NM	NB
PB	ZE	NS	NM	NM	NB	NB	NB

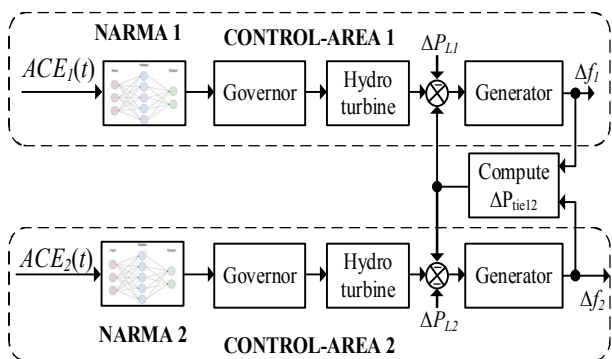
Ở đây, thuật toán PSO được sử dụng để tối ưu hóa ba hệ số là G_e , G_{ce} và G_u , bằng cách nhân từng hệ số này với các hệ số cập nhật tương ứng k_e , k_{ce} và k_u . Ba hệ số cập nhật được sử dụng để tạo ra ba hệ số chỉnh định mới. Từ đó, bộ điều khiển mờ loại PI có thể đạt được kết quả điều khiển mong muốn

khi các hệ số chỉnh định này đã được tối ưu hóa thông qua cơ chế tối ưu hóa bầy đàn PSO. Hình 5 mô tả sơ đồ khối nguyên lý của cấu trúc điều khiển lai ứng dụng logic mờ kiểu PI kết hợp với giải thuật tối ưu hóa bầy đàn PSO cho bài toán ổn định tốc độ tuabin cho mỗi vùng điều khiển.



Hình 5. FLC loại PI dựa trên PSO được đề xuất

4.2. Điều khiển tốc độ tuabin hệ thống thủy điện hai vùng liên kết ứng dụng mạng nơ-ron theo kiến trúc NARMA



Hình 6. Hệ thống thủy điện liên kết hai vùng ứng dụng các bộ điều khiển ANN-NARMA để ổn định tốc độ tuabin

Một trong những ứng dụng quan trọng nhất của kỹ thuật mạng nơ-ron là thiết kế bộ điều khiển cho nhiều hệ thống điều khiển bao gồm các yếu tố phi tuyến và bất định. Bộ điều khiển NARMA ứng dụng mạng nơ-ron như đã đề cập đến ở phần trước hoàn toàn có thể sử dụng để thiết kế các bộ điều khiển tần số - phụ tải cho hệ thống thủy điện đa liên kết vùng. Hình 6 mô tả kiến trúc điều khiển tốc độ tuabin thủy lực cho một hệ thống điện liên kết hai vùng sử dụng các bộ điều khiển ANN-NARMA. Tương tự như cấu trúc điều khiển sử dụng các bộ điều khiển logic mờ kiểu PI như đã trình bày ở trên, trong kiến trúc điều khiển ứng dụng mạng nơ-ron này, mỗi vùng điều khiển sẽ sử dụng một bộ điều khiển NARMA để ổn định tốc độ của tuabin

tương ứng trong vùng đó. Bộ điều khiển NARMA sẽ sử dụng tín hiệu phản hồi của đối tượng điều khiển (như đã thảo luận trong mục 3 của bài báo) chính là tín hiệu sai lệch vùng ACE. Do nguyên lý làm việc dựa trên việc tuyến tính hóa đối tượng điều khiển (thông qua các hàm f và g trong cấu trúc của mô hình NARMA trên hình 3) để tính ra tín hiệu điều khiển $u(t)$ nên kiến trúc điều khiển ứng dụng bộ ANN-NARMA để xuất ở đây có thể mang lại kết quả điều khiển rất khả thi.

5. KẾT LUẬN

Bài báo này trình bày tổng quan các kết quả nghiên cứu đã có của các tác giả trong và ngoài nước về điều khiển tốc độ tuabin thủy điện để ổn định tần số tải trong một nhà máy thủy điện. Từ đó, bài báo đã phân tích những nghiên cứu đã đạt được, những đóng góp cho khoa học về chuyên môn những mặt còn hạn chế cần được nghiên cứu để hoàn thiện hơn. Xuất phát từ những hạn chế của các nghiên cứu đã có, bài báo đồng thời cũng đề xuất các giải pháp điều khiển thông minh cho bài toán ổn định tốc độ tuabin thủy điện cho hệ thống điện đa liên kết vùng. Hai sơ đồ điều khiển khả thi ứng dụng cấu trúc logic mờ kiểu PI lai với giải thuật tối ưu hóa bầy đàn PSO và bộ điều khiển ANN-NARMA đã được đề xuất trong bài báo. Công việc tiếp theo từ bài báo tổng quan này, các tác giả sẽ triển khai mô hình hóa hệ thống thủy điện đa liên kết vùng, đồng thời thực hiện các mô phỏng số để đánh giá chi tiết hiệu quả của các chiến lược điều khiển đã đề xuất.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Công ty cổ phần tư vấn công nghệ cao Duy Hoàng theo hợp đồng số 10/DH- TQTĐ năm 2018.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Như Hiến, Lại Khắc Lãi, 2007. *Điều khiển mờ và nơ-ron*. NXB khoa học kỹ thuật.
- [2]. Nguyễn Trung Thi, Đoàn Quang Vinh, 2010. *Chỉnh định mờ tham số PID cho bộ điều tốc turbine nhà máy thủy điện*. Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Đại học Đà Nẵng - số 4(39), 324-331.
- [3]. Nguyễn Hồng Quang, 2013. *Nghiên cứu thiết kế chế tạo thiết bị điều khiển nhúng ứng dụng cho các trạm thủy điện*. Đề tài độc lập cấp Nhà nước mã số 43/2009G/HĐ-ĐTĐL.
- [4]. Nguyễn Chí Ngồn, Đặng Tín, 2011. *Điều khiển PID một nơ-ron thích nghi dựa trên bộ nhận dạng mạng nơ-ron mờ hồi qui áp dụng cho hệ thanh và bóng*. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ 2011:20a, 159-168.
- [5]. Nguyễn Đắc Nam, 2017. *Nghiên cứu ứng dụng mạng mờ nơ-ron để xây dựng thuật toán điều khiển hệ điều tốc tuabin - máy phát thủy điện*. Luận án tiến sĩ.
- [6]. Đặng Tiến Trung, 2019. *Nghiên cứu ứng dụng các giải pháp đo lường và điều khiển hiện đại nhằm nâng cao chất lượng ổn định tần số trong nhà máy thủy điện vừa và nhỏ*. Luận án tiến sĩ.
- [7]. Vũ Duy Thuận, 2018. *Nghiên cứu ổn định và tối ưu hệ thống phức hợp nhiều thành phần ứng dụng cho hệ thống điện*. Luận án tiến sĩ.

- [8]. Iwan Setiawan, Ardyono Priyadi, Mauridhi Hery Purnomo, 2013. *Controlling of Non-Minimum Phase Micro Hydro Power Plant Based on Adaptive B-Spline Neural Network*. IEEE 978-1-4799-0425-9/13.
- [9]. Oreind, Wozniak, et al., 1989. G.Oreind, L.Wozniak, J.Medanic, T.Whittemore, *Optimal PID Gain Schedule for Hydrogenerators-Design and Application*. IEEE Trans. on Energy Conversion, Vol. 4, No. 3, pp. 300-307.
- [10]. Gagan Singh and D.S. Chauhan, 2011. *Development and Simulation of Mathematical Modelling of Hydraulic Turbine*. ACEEE Int. J. on Control System and Instrumentation, Vol. 02, No. 02, pp. 55-58.
- [11]. Dorf and Bishop, 2005. *Modern Control Systems*. ISBN-13: 978-0-13-602458-3.
- [12]. Lansberry JE, Wozniak L., 1992. *Optimal hydro generator governor tuning with a genetic algorithm*. IEEE Trans Energy Conv 1992;7:623–630.
- [14]. ProyectocICYT TAP97-0969-C03-01, Internal Report, February 1998.
- [14]. Chen Jian, Liang Gui-shu, Dong Qing, 2008. *Design of Additional Mix Robust Governor Control for Hydraulic Turbine Generator*. DRPT, -9 April 2008 Nanjing China.
- [15]. Cheng Y-C, Ye Lu-Q, Chuang Fu, Cai W-Y., 2002. *Anthropomorphic intelligent PID control and its application in the hydro turbine governor*. In: 1st International Conference on Machine Learning and Cybernetics, vol.1, pp. 391–395.
- [16]. Clifton L., 1988. *Optimal governing of reaction turbines*. Water Power Dam Const, 22–28.
- [17]. Dewi Jones and Sa'ad Mansoor, 2004. *Predictive Feedforward Control for a Hydroelectric Plan*. IEEE transactions on control systems technology, vol. 12, no. 6.
- [18]. Dhaliwal NS, Wichert HE, 1978. *Analysis of PID governors in multimachine system*. IEEE Trans Power ApparSyst 1978;97:456–463.
- [19]. Kumpati SN, Snehasis M., 1997. *Adaptive control using neural networks and approximate models*. IEEE Transactions on neural networks 8:475-485.
- [20]. İlyas Eker, et al., 2003 *Robust governor design for hydro turbines using a multivariable- cascade control approach*. The Arabian Journal for Science and Engineering, Volume 28, Number 2B, pp 195-209.

AUTHORS INFORMATION

**Nguyen Duy Trung¹, Le Hung Lan², Nguyen Van Tiem²,
Nguyen Ngoc Khoat¹, Dao Thi Mai Phuong³, Hoang Thi Thu Huong⁴**

¹Faculty of Control and Automation, Electric Power University

²Department of Cybernetics, University of Transport and Communication

³Faculty of Electrical Engineering, Hanoi University of Industry

⁴Power Project Management Board 2, Vietnam Electricity Corporation