NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG ĐIỀU KHIỂN CỦA THIẾT BỊ BÙ ĐỒNG BỘ STATCOM TRONG LƯỚI ĐIỆN

IMPROVE THE CONTROL QUALITY OF THE SYNCHRONOUS COMPENSATION EQUIPMENT IN THE POWER GRID

Nguyễn Hoàng Quân

Học viên cao học Trường ĐHSPKT TP.HCM
nhquan@caodangnghekg.edu.vn

1. GIỚI THIỆU

Máy phát điện nguồn đôi (DFIG) được sử dụng rộng rãi cho các trang trại gió hiện nay vì có nhiều ưu điểm hơn so với máy phát điện đồng bộ nam châm vĩnh cữu (PMSG) như khả năng điều khiển độc lập công suất phản kháng và công suất tác dụng, hiệu suất cao hơn do có thể phát điện từ rotor…Tuy nhiên, do các cuộn dây stator được nối trực tiếp với lưới điện nên loại máy phát này nhạy cảm với các nhiễu từ hệ thống điện, vì thế vấn đề nâng cao khả năng của các bộ điều khiển nhằm giúp tăng độ ổn định của máy phát DFIG cần được quan tâm và cải tiến trong nhiều năm nay như trong [1], dòng điện trong rotor của máy phát DFIG được xem xét và phân tích trong nhiều trường hợp khác nhau liên qua đến việc tăng, giảm điện áp. Khả năng đáp ứng của máy phát DFIG khi có điện áp cao trong thời gian ngắn có thể được cải thiện dựa vào phương pháp điều khiển bộ biến đổi phía lưới (GSC) đã được đề cập trong [2]. Hay trong [3], phương pháp điều khiển hồi tiếp dương bù quá độ cũng được trình bày để nâng cao độ ổn định của máy phát DFIG trong cả trường hợp lưới điện cân bằng và không cân bằng. Bên cạnh các phương pháp điều khiển truyền thống, giải thuật điều khiển gen di truyền cũng được ứng dụng vào điều khiển máy phát DFIG để nâng cao ổn định của hệ thống trang trại gió kết nối với lưới khi xãy ra sự có điện áp thấp [4].

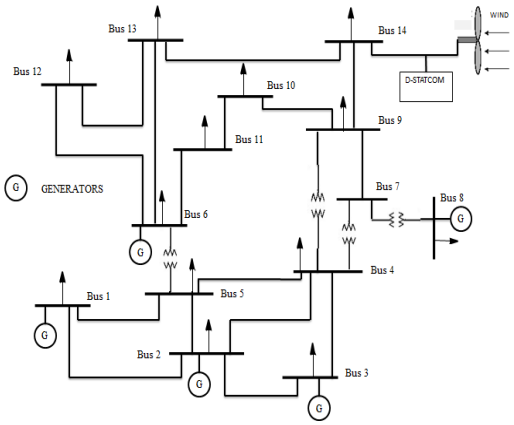
Ngoài ra, có thể ứng dụng thiết bị truyền tải linh hoạt xoay chiều (FACTS) vào để giúp nhanh chóng ổn định hệ thống khi có sự cố nghiêm trọng xãy ra như thiết bị bù tĩnh (SVC) có thể được dùng trong hệ thống điện có kết nối với trang trại gió sử dụng máy phát DFIG[5],thiết bị bù đồng bộ tĩnh (STATCOM) [6]…

Bài báo này tập trung vào việc nâng cao ổn định của hệ thống điện gió sử dụng máy phát DFIG có kết nối với lưới điện bằng cách áp dụng phương pháp điều khiển mờ thích nghi (ANFIS) thay cho bộ điều khiển truyền thống PID trong bộ biến đổi phía lưới điên.

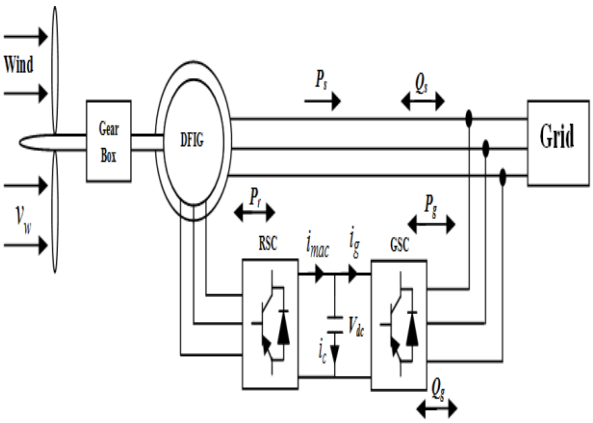
2. HỆ THỐNG NGHIÊN CỨU

Trong nghiên cứu này, hệ thông nghiên cứu bao gồm một trang trại gió công suất 6 MW gồm 3 x 2 MW máy phát DFIG được kết nối với lưới điện. Trong đó, trang trại gió được thay thế tương đương bằng một máy phát điên gió nguồn đôi (DFIG), hệ thống điện được thay thế bằng hệ 14 bus bao gồm 3 máy phát đồng bộ và 3 tải như trong hình 1. Cụ thể từng khối được mô tả như sau:

2.1 Mô hình máy phát điện gió nguồn đôi



***Hình 1**.Hệ thống điện nghiên cứu*



***Hình 2** máy phát không đồng bộ nguồn đôi DFIG*

Hình 2 thể hiện sơ đồ nguyên lý của máy phát điện nguồn đôi với mạch stator được kết nối với lưới, trong khi mạch rotor được kết nối với 1 bộ biến đổi phía rotor (RSC) và 1 bộ biến đổi phía lưới (GSC). Trong cấu hình này công suất của các bộ biến đổi được thiết kế xấp xỉ 30% công suất định mức máy phát.

Máy phát điện gió DFIG là máy điện mà cả stator và rotor có thể phát công suất. Công suất phát rotor tỉ lệ với hệ số trượt *s* của máy phát và được tính bằng

$$P_r = -s.P_s \tag{1}$$

với P_r là công suất phát của rotor.

P_s là công suất phát của stator.

Hệ số trượt được xác định bằng công thức:

$$s = \frac{\omega_s - \omega_r}{\omega_s} \tag{2}$$

với ω_r là tốc độ rotor và ω_s là tốc độ đồng bộ.

Nếu máy phát vận hành dưới tốc độ đồng bộ thì $s > 0$ nên $P_r < 0$ dẫn đến rotor tiêu thụ công suất. Ngược lại nếu máy phát vận hành trên tốc độ đồng bộ tức là $s < 0$ và $P_r > 0$ thì rotor cung cấp công suất lên lưới.

Dưới đây là các phương trình mô tả của máy phát điện DFIG.

Phương trình điện áp ở stator:

$$v_{ds} = R_s i_{ds} - \omega_s \psi_{qs} + \frac{d\psi_{ds}}{dt} \tag{3}$$

$$v_{qs} = R_s i_{qs} + \omega_s \psi_{ds} + \frac{d\psi_{qs}}{dt} \tag{4}$$

Phương trình điện áp ở rotor:

$$v_{dr} = R_r i_{dr} - (\omega_s - \omega_r)\psi_{qr} + \frac{d\psi_{dr}}{dt} \tag{5}$$

$$v_{qr} = R_s i_{qr} + (\omega_s - \omega_r)\psi_{dr} + \frac{d\psi_{qr}}{dt} \tag{6}$$

Công suất P và Q trên cực stator:

$$P_s = \frac{3}{2}.(v_{ds}.i_{ds} + v_{qs}.i_{qs}) \tag{7}$$

$$Q_s = \frac{3}{2}.(v_{qs}.i_{ds} - v_{ds}.i_{qs}) \tag{8}$$

Công suất P và Q trên cực rotor:

$$P_r = \frac{3}{2}.(v_{dr}.i_r + v_{qr}.i_{qr}) \tag{9}$$

$$Q_r = \frac{3}{2}.(v_{qr}.i_{dr} - v_{dr}.i_{qr}) \tag{10}$$

Trong đó:

ψ là từ thông của máy phát

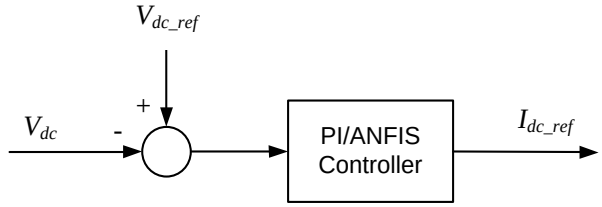
Các chỉ số *r*, *s* là thông số của rotor và stator

Các chỉ số *d* và *q* là thông số chiếu lên trục *d* và *q* của hệ trục tọa độ *0dq*.

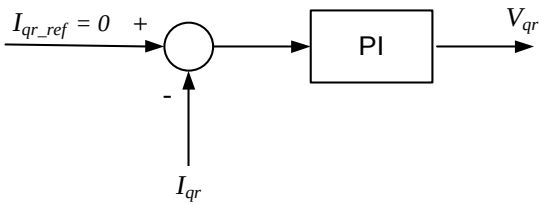
(2.2)

Ngoài ra, để hệ thống có thể làm việc

được cần phải có các bộ điều khiển cho RSC và GSC. Trong phạm vi bài báo này tác giả quan tâm đến bộ điều khiển GSC nhằm điều khiển ổn định điện áp DC chung của 2 bộ biến đổi và điều khiển công suất phản kháng từ 2 thông số đặc trưng là I_{dc_ref} và V_{qr} như lưu đồ điều khiển cho ở hình 3 với yêu cầu điều khiển *Pmax* tức là $Q = 0$ [5].



a) Khối điều khiển V_{DC}



b) Khối điều khiển công suất phản kháng

***Hình 3**.Lưu đồ điều khiển cho GSC*

2.2 Mô hình hệ thống điện

Hệ thống điện được sử dụng trong bài báo này là hệ cơ bản 3 máy 14 bus được sử dụng rất phổ biến trong các nghiên cứu về hệ thống điện. Thông số cụ thể được cho trong [7]. Trong đó, mô hình máy phát SG được sử dụng là mô hình đơn giản bậc 4 như trong [5].

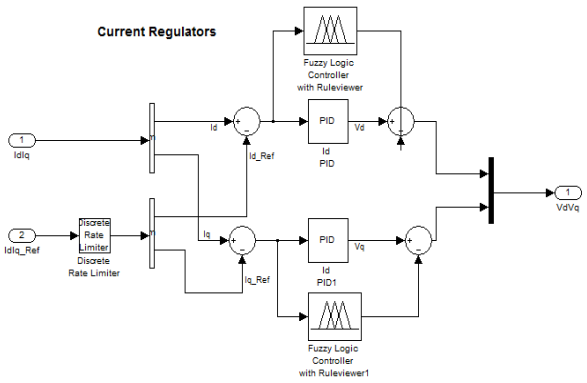
3. THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN

Đối với logic mờ, ta dễ dàng thiết kế một hệ thống mong muốn chỉ bằng các luật Nếu - thì gần với việc xử lý của con người. Với đa số ứng dụng thì điều này cho phép tạo ra lời giải đơn giản hơn trong khoảng thời gian ngắn hơn. Ngoài ra, ta dễ dàng sử dụng những hiểu biết của mình về đối tượng để tối ưu hệ thống một cách trực tiếp. Tuy nhiên, đi đôi với các ưu điểm hệ điều khiển mờ còn tồn tại một số khuyết như việc thiết kế và tối ưu hóa hệ logic mờ đòi hỏi phải có một số kinh nghiệm về điều khiển đối tượng, đối với những người mới thiết kế lần đầu điều đó hoàn toàn không đơn giản.

Ngược lại, mạng nơron có khả năng học nên ta có thể huấn luyện mạng để xấp xỉ một hàm phi tuyến bất kỳ, đặc biệt khi đã biết một tập dữ liệu vào/ra. Nhưng nhược điểm cơ bản của mạng nơron là khó giải thích rõ ràng hoạt động của mạng nơron như thế nào. Do vậy việc chỉnh sửa thông số trong mạng nơron rất khó khăn.

Do đó, việc kết hợp logic mờ và mạng nơron ta được một hệ nơron mờ thích nghi (ANFIS) sẽ phát huy được ưu điểm của cả hai bộ điều khiển trên.

Trong bài báo này, bộ điều khiển mờ thích nghi được đề xuất nhằm thay thế cho bộ điều khiển PID như thể hiện trong hình 3a. Trong đó 2 đầu vào của bộ điều khiển ANFIS là sai số và tích phân của sai số đầu vào như thể hiện trong hình 4. Trường hợp cụ thể là tín hiệu được lựa chọn là giá trị điện áp DC của bộ biến đổi.



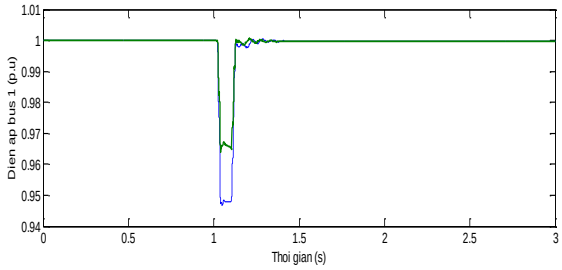
***Hình 4**. Sơ đồ khối của bộ ANFIS*

4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

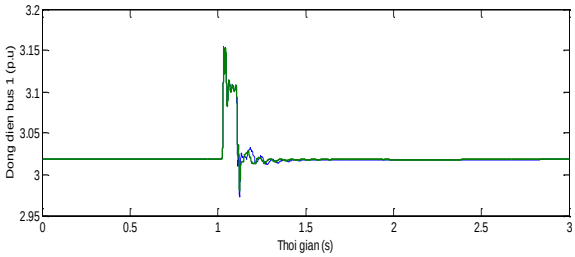
Các tuabin gió vận hành ở tốc độ

gió 12 m/s. Kết quả mô phỏng của hệ thống được thực hiên bằng công cụ MATLAB/Simulink. Hình 5, biểu diễn kết quả so sánh sự cố ngắn mạch của hệ thống nghiên cứu khi không có STATCOM (đường màu xanh biển), và khi có STATCOM(đường màu xanh lá). Sự cố ngắn mạch 3 pha xảy ra tại thời điểm t = 1s và kết thúc lúc t = (1 + 5/50) s.

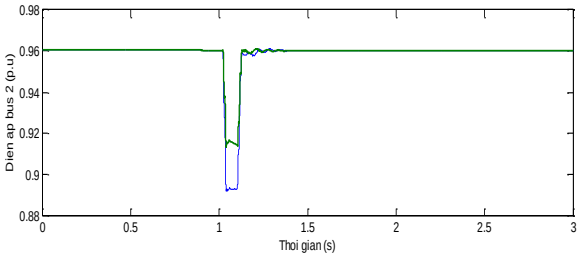
Có thể nhận thấy từ kết quả mô phỏng rằng đáp ứng quá độ của hệ thống nghiên cứu thể hiện trong Hình 5 (a)- (g) có đáp ứng tốt hơn khi STATCOM kết hợp với bộ điều khiển nơ- ron mờ thích nghi so với khi chưa có STATCOM. Do STATCOM có khả năng điều khiển công suất phản kháng nên giúp cho hệ thống ổn định nhanh hơn và dao động ít hơn.



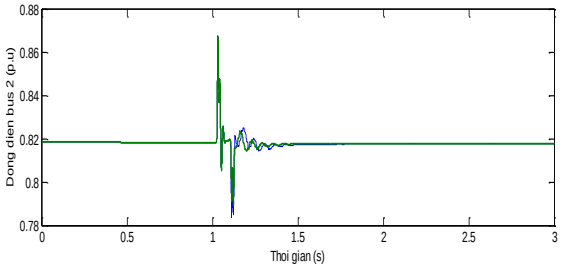
a) Điện áp tại bus 1



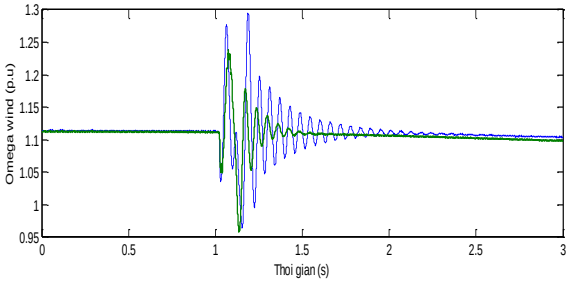
b) Dòng điện tại bus 1



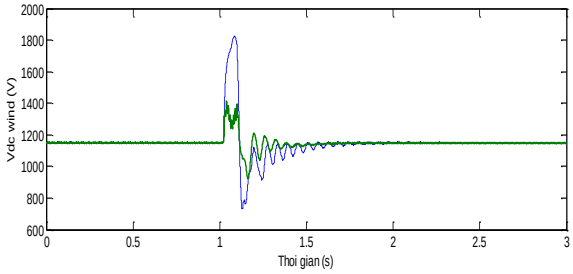
c) Điện áp tại bus 2



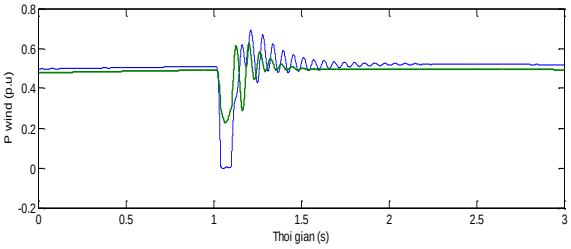
d) Dòng điện tại bus 2



e) Tốc độ rotor của DFIG

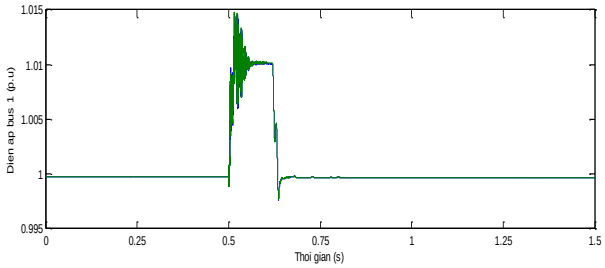


f) Điện áp V_{dc}trên DFIG

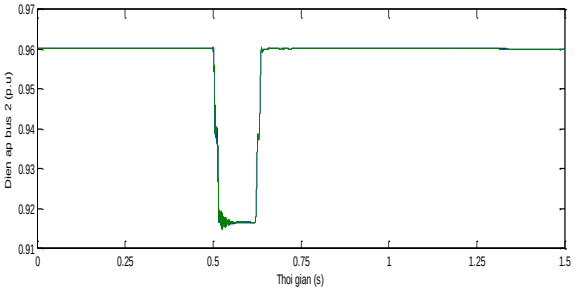


g) Công suất tác dụng của DFIG

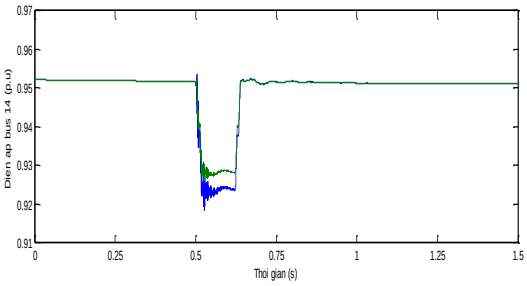
Hình 5: Biểu diễn kết quả so sánh sự cố ngắn mạch ba pha tại bus số 14 khi không có bộ điều khiển ANFIS cho STATCOM (đường màu xanh biển), và khi có bộ điều khiển ANFIS cho STATCOM (đường màu xanh lá).



a) Điện áp tại bus 1



b) Điện áp tại bus 2



c) Điện áp tại bus 14

Hình 6: Biểu diễn kết quả so sánh sự cố hở mạch trên đường dây nối giữa bus 1 và bus 2 khi không có bộ điều khiển ANFIS cho STATCOM (đường màu xanh biển), và khi có bộ điều khiển ANFIS cho STATCOM (đường màu xanh lá).

Từ kết quả mô phỏng trên ta thấy khi có có bộ điều khiển ANFIS và khi chỉ có bộ điều khiển PID thì điện áp tại bus 14 được cải thiện tốt hơn. Tuy nhiên, điện áp tại 2 bus máy phát là bus 1 và bus 2 không được cải thiện. Điều này là hợp lí vì điểm xãy ra sự cố nằm ở giữa bus 1 và bus 2 cách xa bus 14 và độ dao động này nhỏ hơn so với sự cố ngắn mạch 3 pha.

Điều này càng cho ta cơ sở để kết luận khả năng đáp ứng của STATCOM đã tăng lên nhờ bộ điều khiển ANFIS.

5. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày việc cải thiện ổn định động của một hệ thống điện gió sử dụng máy phát điện nguồn đôi (DFIG) có kết nối với hệ thống điện. Để cung cấp công suất phản kháng thích hợp cho hệ thống thiết bị bộ bù đồng bộ tĩnh (STATCOM) đã được đề xuất và kết nối vào bus 14 của hệ thống.

Để nâng cao đáp ứng của thiết bị STATCOM, bộ điều khiển nơ-ron mờ thích nghi (ANFIS) đã được thiết kế để bổ sung thêm thông tin điều khiển cho bộ điều khiển PID có sẵn của khối điều khiển dòng điện trong

STATCOM.

Kết quả so sánh trong miền thời gian với sự cố ngắn mạch 3 pha và sự cố hở đường dây truyền tải của hệ thống đã thể hiện được tính hiệu quả của bộ điều khiển ANFIS thiết kế cho STATCOM đề xuất trong việc hạn chế dao động của hệ thống.

Có thể kết luận từ kết quả mô phỏng rằng khi có STATCOM kết hợp với ANFIS đã cải thiện rõ rệt chất lượng điện năng cũng như ổn định của hệ thống nghiên cứu trong trường hợp sự cố xãy ra.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

TIẾNG VIỆT

[1] Phan Thanh Tùng, Vũ Chi Mai, Angelika Wasielke. Chương trình dự án năng lượng gió GIZ: Tình hình phát triển điện gió và khả năng cung ứng tài chính cho các dự án ở Việt Nam. 2012

[2] Nguyễn Phùng Quang. Máy điện dị bộ nguồn kép dùng làm máy phát trong hệ thống phát điện chạy sức gió, các thuật toán điều chỉnh bảo đảm phân ly giữa mômen và hệ số công suất. 1998

[3] Viện KHCN Môi Trường. Dự án hợp tác Quỹ bảo vệ môi trường Việt Nam và Hội đồng kỹ thuật điện quốc tế (IEC) "European Wind Energy Association – EWEA ". 02/2012

[4] Nguyễn Quốc Khánh 4/2011 " Thông tin về năng lượng gió VN" Dự án năng lượng Gió GIZ/MOIT tháng 4/2011

NƯỚC NGOÀI

[5] Tao Sun, Z Chen, Frede Blaabjerg. Transient Analysis of Grid-Connected Wind Turbines with DFIG After an External Short-Circuit Fault. NORDIC WIND POWER CONFERENCE, 1-2 March, 2004, CHALMERS university of technology

[6] Gilbert M. Masters, Stanford University; Wiley. Renewable and Efficient Electric Power Systems

[7] Toufik Bouaouiche, Mohamed Machmoum IREENA-LARGE, Saint Nazaire cedex, France. Control and Stability Analysis of a Doubly Fed Induction Generator

[8] Erickson, Al-Naseem, University of Colorado. Novel Power Electronics Systems for Wind Energy Application

[9] TS. Vũ Thành Tự Anh, Đàm Quang Minh, Đại học Khoa học tự nhiên Hà Nội. Năng lượng gió của Việt Nam. 2011

[10] How FACTS controllers benefits AC transmission systems: John J. Paserba, Fellow IEEE.

[11] How FACTS improve the performance of electrical grid: Rolf Grunbaum, Ake Petersson, Bjom Thorvaldsson (ABB Review3/2002).

[12] Lie Xu, Yi Wang "Dynamic Modeling and control of dfig – based wind turbines under unbalanced network conditions" IEEE; 2007

[13] Hee-Sang Ko, Gi-Gab Yoon, Won-Pyo Hong, 2008; “Active Use of DFIG- Based Variable-Speech Wind-Turbine for Voltage Regulation,” IEE transactions on industry applications , vol.44, no.6, November 2008.

[14] Li Wangand Dinh- Nhon Truong, “Dynamic Stability Improvement of Four Parallel- Operated PMSG- Based Offshore Wind Turbine Generator Fed to a Power System Using a STATCOM”. IEEE Transactions on power delivery, Vol.28, No.1, January 2013

[15] Li Wang and Dinh- Nhon Truong, “Stability Enhancement off DFIG- Based Offshore Wind Farm Fed to a Multi-Machine system Using a STATCOM”.IEEE Transactions on power system, Vol.28, No.3, August 2013.

[16] http://voer.edu.vn/m/suy-luan-voi-cac-tap-mo-fuzzy-logic/016c4f61

Thông tin liên hệ tác giả chính (người chịu trách nhiệm bài viết):

Họ tên: Nguyễn Hoàng Quân

Đơn vị: Trường CĐ Nghề Kiên Giang

Điện thoại: 0917 6393 92

Email: nhquan@caodangnghekg.edu.vn

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.