

NGHIÊN CỨU SỐ HÓA HỆ TRUYỀN ĐỘNG BÁM ĐIỀU KHIỂN QUAY KÊNH TẦM VÀ HƯỚNG CÁC TỔ HỢP CƠ KHÍ

STUDY OF THE IMPLEMENTATION OF A SERVOSYSTEM FOR CONTROLLING MECHANICAL COMPLEXES IN THE VERTICAL AND HORIZONTAL DIRECTIONS

Nguyễn Ngọc Tuấn¹, Bùi Đức Cường¹, Phạm Đức Trung²

¹Học viện Kỹ thuật quân sự, ²Trường Đại học Điện lực

Ngày nhận bài: 04/05/2019, Ngày chấp nhận đăng: 30/07/2019, Phản biện: TS. Trịnh Khánh Ly

Tóm tắt:

Bài báo trình bày việc thiết kế hệ thống truyền động bám cải tiến ЭСП-57 điều khiển bệ pháo phòng không 57 với hệ thống điều khiển số, sử dụng động cơ chấp hành BLDC. Mô hình hệ truyền động bám cải tiến được mô phỏng trên Matlab/Simulink và thử nghiệm trên mô hình vật lý. Bộ điều khiển được xây dựng dựa trên chip lập trình DSPIC. Kết quả mô phỏng và kết quả thử nghiệm trên mô hình hệ truyền động ЭСП-57 kênh hướng đã minh chứng cho các tính năng bộ điều khiển được thiết kế.

Từ khóa:

Hệ truyền động bám, điều khiển số, BLDC.

Abstract:

The article describes the design of improved servo-electric drive of the 57mm anti-aircraft artillery machine using a digital control system and BLDC. The servo-electric drive is modeled in Matlab/Simulink environment and evaluated on a physical machine. Its controller was built using a dsPIC microcontroller. The simulation and test results on mockup of drive system in horizontal direction proved capabilities of the designed controller.

Keywords:

Servo-electric drive, digital control, BLDC.

1. MỞ ĐẦU

Hệ truyền động bám ЭСП-57 đang sử dụng hiện nay được Liên Xô trang bị từ những năm 50 của thế kỷ XX được xây dựng trên cơ sở sử dụng động cơ điện một chiều với khuếch đại máy điện. Hệ thống này làm việc tốt trong chế độ tĩnh, có khả năng quá tải lớn, nhưng độ tin cậy làm việc không cao, hiệu suất năng lượng

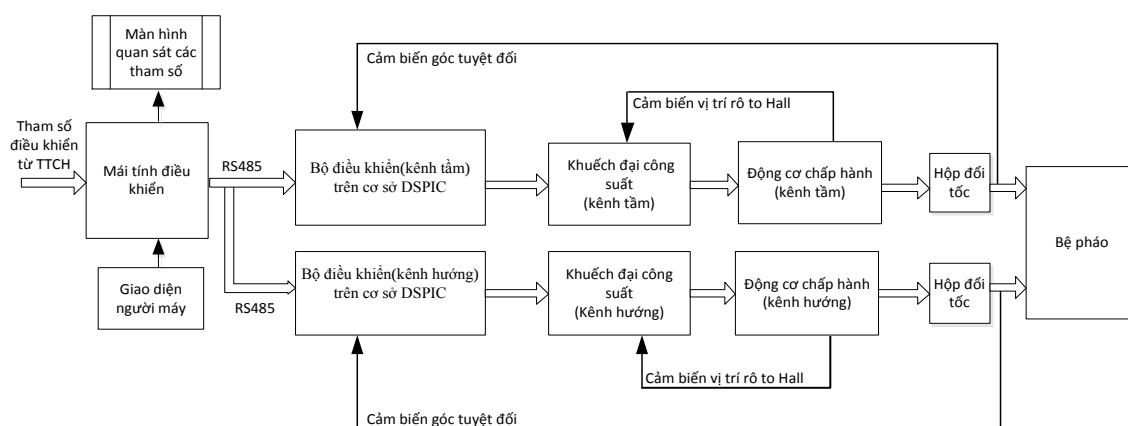
thấp, thường xuyên phải bảo dưỡng (do sự tồn tại của cổ góp chổi than của máy điện một chiều). Sự phát triển mạnh của khoa học kỹ thuật, sự ra đời của các thiết bị bán dẫn, kỹ thuật điều khiển số lập trình, hệ truyền động điện xoay chiều với nhiều tính năng ưu việt như độ tin cậy cao, an toàn, giá thành chế tạo rẻ ngày càng phát triển và sử dụng hiệu quả. Hệ

truyền động xây dựng trên cơ sở sử dụng động cơ BLDC thay thế động cơ một chiều kích từ động lập cùng với bộ điều khiển số sẽ đem lại hiệu quả lớn trong việc ứng dụng thiết kế, cải tiến các hệ truyền động điện[1,2,3].

2. XÂY DỰNG MÔ HÌNH HỆ TRUYỀN ĐỘNG BẮM SỐ

Hệ truyền động quay sử dụng động cơ một chiều (ЭСП-57) do Liên Xô sản xuất với động cơ chấp hành là động cơ một chiều kích từ độc lập МИ32ТА, khuếch đại công suất là ЭМΥ12А3, khuếch đại sơ bộ được thiết kế trên nền tảng của các bóng đèn điện tử. Với nhiều nhược điểm hệ truyền động ЭСП57 hoạt động kém hiệu quả, hỏng hóc nhiều nên cần được thay thế hiện đại hóa. Sự phát triển của các thiết bị bán dẫn, thiết bị số lập trình cùng với lý thuyết điều khiển hiện đại cho phép chúng ta xây dựng các hệ thống

truyền động điều khiển số có chất lượng cao. Ở Việt Nam, việc cải tiến hóa hệ truyền động ЭСП57 cũng đã được quan tâm thực hiện, đó là công trình nghiên cứu thực hiện ở nhà máy А34 nhưng mới chỉ dừng lại ở việc thay thế khối khuếch đại ЭМΥ12А3 bằng khuếch đại bán dẫn công suất, khuếch đại sơ bộ và xử lý tín hiệu cũng đã bán dẫn hóa, động cơ chấp hành vẫn là động cơ một chiều kích từ độc lập МИ32ТА, phần tử đo lường vị trí vẫn sử dụng là xen xin nên hệ thống vẫn còn tồn tại nhiều nhược điểm. Chính vì vậy, bài báo đi sâu nghiên cứu cải tiến hệ truyền động trên cơ sở ứng dụng kỹ thuật điều khiển số, nghiên cứu thay thế động cơ một chiều kích từ động lập bằng động cơ BLDC, thiết bị đo lường cảm biến góc sử dụng là encoder tuyệt đối. Sơ đồ khối chức năng hệ thống hệ truyền động bám số điều khiển quay kênh tầm và kênh hướng cải tiến được đưa ra như sau:



Hình 1. Sơ đồ khối chức năng hệ thống truyền động điều khiển quay bộ phận ЭСП-57 cải tiến

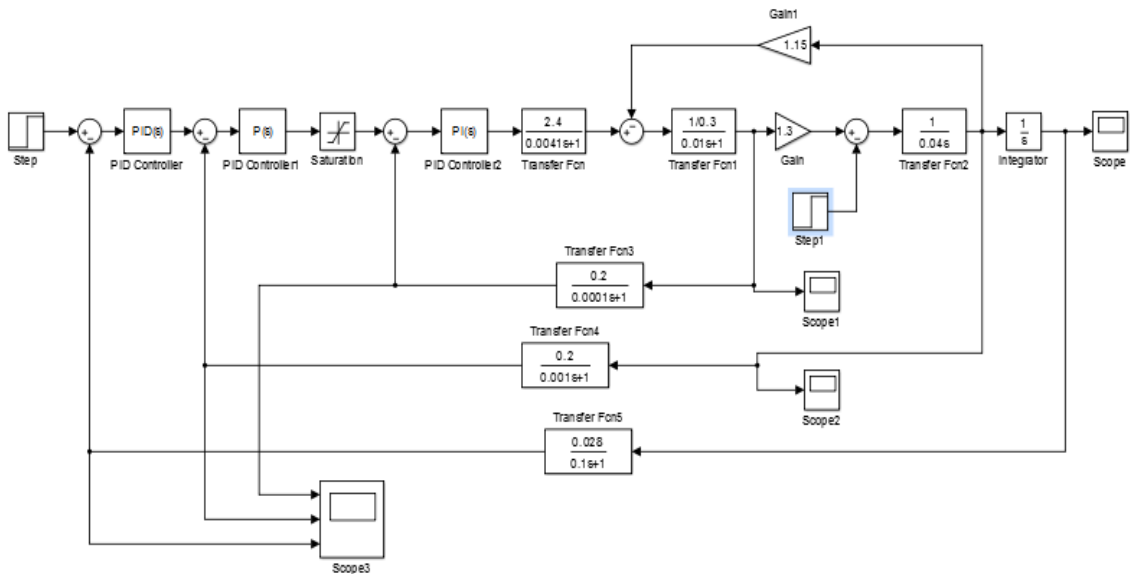
Việc tổng bộ điều khiển PID số trên bo mạch thiết kế hứa hẹn nhiều ứng dụng thiết thực trong quân sự được sử dụng thiết kế bộ điều khiển. Trong nghiên cứu

đã đưa ra xây dựng bộ điều khiển trên cơ sở bo mạch điều khiển trung tâm sử dụng chip lập trình DSPIC. Bằng việc tổng hợp hệ thống truyền động

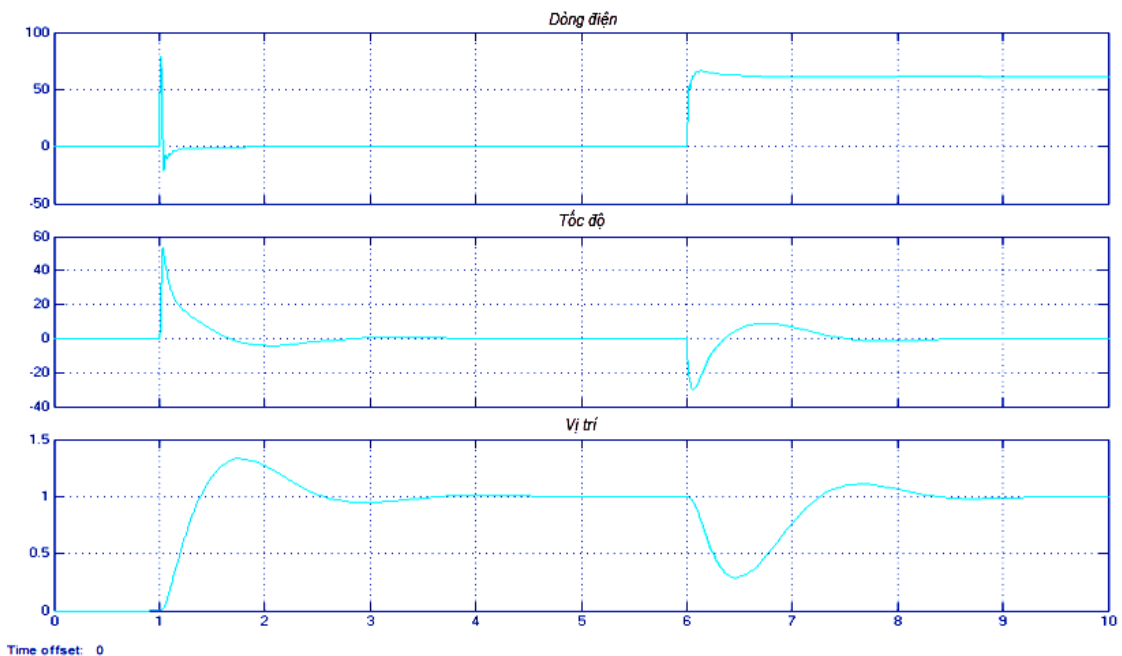
điện điều khiển cải tiến theo các vòng lệ thuộc sử dụng tiêu chuẩn tối ưu đối xứng cho kênh hướng, xây dựng sơ đồ mô phỏng trên phần mềm MatLab-simulink như sơ đồ hình 2.

Từ kết quả mô phỏng hệ truyền động kênh hướng điều khiển ЭСП-57 sử dụng

động cơ chấp hành BLDC ta thấy chất lượng hệ thống điều khiển đảm bảo. Độ quá điều chỉnh khoảng 30%, thời gian quá độ 2 giây, sai số tĩnh rất nhỏ (dưới 2%). Khi đóng tải, vị trí có bị thay đổi nhưng sau gần 2 giây lại bám sát giá trị đặt với sai số không quá 3%.



Hình 2. Sơ đồ mô phỏng hệ truyền động điều khiển ЭСП-57 cải tiến

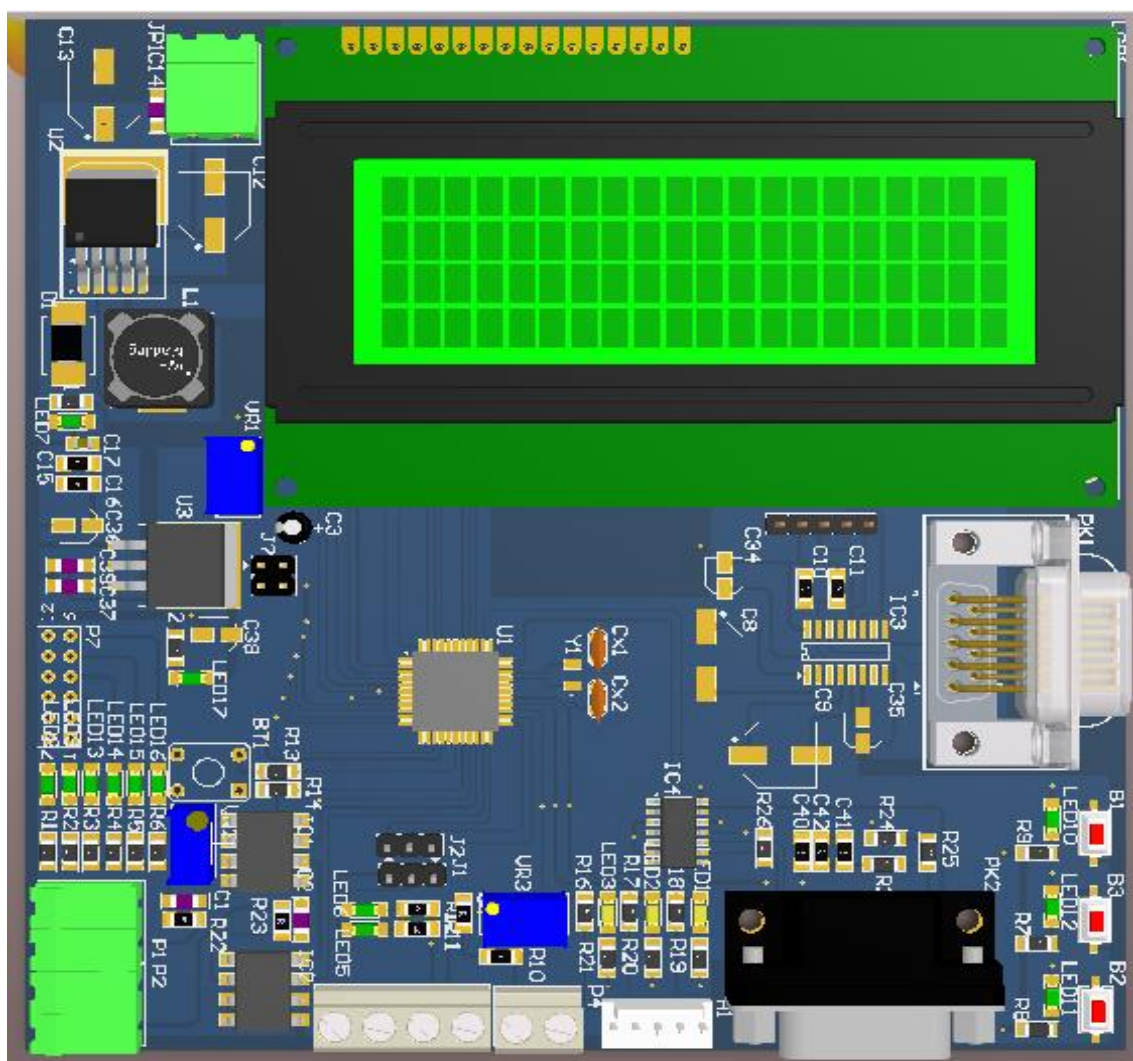


Hình 3. Kết quả mô phỏng dòng điện, tốc độ khi và vị trí khi có tải tác động

3. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

Ứng dụng các ưu điểm bộ điều khiển số [1,4,5], nhóm tác giả tổng hợp bộ điều khiển PID số thực hiện trên môđun điều khiển trung tâm tự thiết kế đưa ra hình 4. Chương trình thuật toán viết trên ngôn ngữ C, với chip DSPIC điều khiển trung tâm trên bo mạch điều khiển. Bo mạch thực hiện tổng hợp luật điều khiển hệ

truyền động điện cho động cơ BLDC, trên bo mạch thiết kế có tích hợp các cổng truyền thông như truyền thông USB, RS 485, RS-232, SPI, I2C, bo mạch có 4 kênh biến đổi tương tự số. Bo mạch có khả năng tự bảo vệ khi quá tải. Việc kết nối bo mạch với máy tính PC qua giao tiếp USB, kết nối với các thiết bị cấp trường theo chuẩn giao tiếp RS-485.



Hình 4. Môđun điều khiển số trung tâm sử dụng chip DSPIC

Hệ thống truyền động điều khiển sử dụng động cơ chấp hành là động cơ một chiều không cổ góp BLDC với nhiều ưu điểm

[6,7,8], mạch khuếch đại công suất thiết kế là khuếch đại xung công suất MOSFET. Thiết bị đo lường cảm biến vị

trí góc sử dụng là cảm biến góc tuyệt đối EPM50S8 [9,10]. Mô hình thực nghiệm cho kênh hướng hệ truyền động ЭСП-57 trong điều kiện phòng thí nghiệm như ở hình 5.

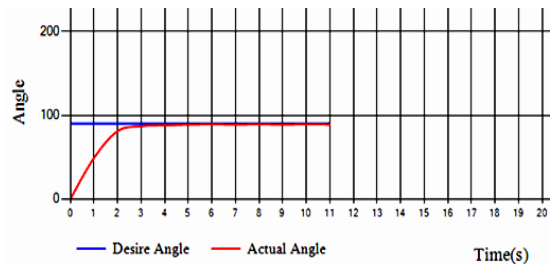


Hình 5. Mô hình điều khiển vị trí sử dụng động cơ BLDC

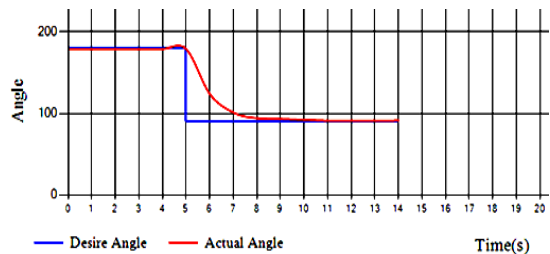
Hệ thống đảm bảo điều khiển bệ chuyển động theo kênh hướng với độ chính xác cao (sai số $\pm 0,5$ độ). Tham số điều khiển từ hệ thống điều khiển cấp trên hoặc từ trung tâm điều hành. Hệ thống có khả năng cảnh báo, thông báo và bảo vệ khi xuất hiện các sự cố. Các tham số điều khiển cũng như quá trình điều khiển có thể quan sát, giám sát trên màn hình. Kết quả thực nghiệm bộ điều khiển vị trí được đưa ra như hình 6.

Kết quả trên hình 6 cho thấy khi đặt góc quay là 90 độ, hệ truyền động điều khiển động cơ quay tăng nhanh từ vị trí 0 độ trong khoảng thời gian là 2,5 giây thì động cơ đã quay đến góc đặt và dừng lại với sai số 0,4 độ như hình 6a. Khi ta vị trí hiện tại là góc 180 độ, ta đặt vị trí góc mong muốn là 90 độ thì động cơ quay ngược lại và trong khoảng thời gian là 2,6 giây thì động cơ đã dừng lại tại vị trí 90,45 độ, sai số hệ bám vị trí là 0,45 độ

như hình 6b. Nhận thấy, bộ điều khiển số thiết kế đảm bảo độ chính xác theo yêu cầu (sai số trong khoảng $\pm 0,5$ độ).



a)



b)

Hình 6. Kết quả thực nghiệm bộ điều khiển vị trí số trên mô hình vật lý kênh hướng hệ truyền động ЭСП-57 trong điều kiện phòng thí nghiệm

4. KẾT LUẬN

Kết quả bài báo mới chỉ dừng lại thử nghiệm trong điều kiện phòng thí nghiệm trên mô hình vật lý nhóm tác giả tự xây dựng. Kết quả bài báo minh chứng việc thiết kế hệ thống truyền động bám sử dụng chip lập trình DSPIC thiết kế bộ điều khiển số, ứng dụng dụng bộ khếch đại xung công suất thay thế ЭМЯ và ứng dụng động cơ chấp hành BLDC thay thế động cơ một chiều là một hướng mới trong việc hiện đại hóa hệ truyền động ЭСП-57, hướng ứng dụng hứa hẹn nhiều thành công trong việc cải tiến hiện đại các hệ truyền động điều khiển các tổ hợp vũ khí được trang bị nhiều năm trước, đã lỗi

thời. Việc ứng dụng kỹ thuật điều khiển hiện đại, hiện thực hóa các thuật toán điều khiển thông minh như điều khiển mờ, thích nghi, mạng nơron vào việc tổng hợp

các hệ thống truyền động điều khiển trong các tổ hợp vũ khí sẽ được thực hiện dễ dàng và hiệu quả trên các bộ điều khiển số.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Richard C. Dorf, Robert H. Bishop. Modern Control Systems, 2017.
- [2] М.П. Белов, В.А Новиков, Л.Н.Рассудов. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов, 2007.
- [3] В.В. Москаленко. Электрический привод Москва - ACADEMA 2004.
- [4] Michael A. Johnson, Mohammad H.Moradi. PID Control New Identification and Design Methods. 2005.
- [5] José Carlos Gamazo-Real *, Ernesto Vázquez-Sánchez and Jaime Gómez-Gil. Position and speed control of brushless dc motors using sensorless techniques and application trends, 2010.
- [6] Shao, J. An Improved Microcontroller-Based Sensorless Brushless DC (BLDC) Motor Drive for Automotive Applications. IEEE Trans. Ind. Appl. 2006, 42, 1216-1221.
- [7] Brushless DC Motor Control using the LPC2141 Application Note; AN10661, NXP Semiconductors: Eindhoven, the Netherlands, October 2007.
- [8] 3-Phase BLDC Motor Control with Hall Sensors using 56000/E Digital Signal Controllers Application Note; AN1916, Freescale Semiconductor: TX, USA, 2005.
- [9] Lin, M.; Zhang, Z.; Lin, K. A Novel and Easy-Realizing Initial Rotor Position Detection Method and Speedup Algorithm for Sensorless BLDC Motor Drives. In Proceedings of the International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS 2008), Wuhan, China, October 2008; pp. 2860-2865.
- [10] Autonics EPM50S8 Encoder, Multi-turn Absolut manual.

Giới thiệu tác giả:



Tác giả Nguyễn Ngọc Tuấn tốt nghiệp đại học ngành tự động hóa tại Học viện Kỹ thuật quân sự năm 2006, bảo vệ luận án tiến sỹ tại Trường Đại học Tổng hợp Vô tuyến điện tử Ryazan, Liên bang Nga năm 2014. Tác giả hiện là Phó Chủ nhiệm Bộ môn Kỹ thuật điện, Khoa Kỹ thuật điều khiển, Học viện Kỹ thuật quân sự.

Lĩnh vực nghiên cứu: thiết kế các bộ điều khiển các hệ truyền động bám, nghiên cứu phát triển các phương pháp điều khiển hiện đại, số hóa và xử lý tín hiệu.



Tác giả Bùi Đức Cường nhận bằng Thạc sỹ ngành thiết bị điện của phương tiện bay tại Trường Đại học Hàng không Matxcơva năm 2009. Tác giả hiện là giảng viên Bộ môn Kỹ thuật điện, Khoa Kỹ thuật điều khiển, Học viện Kỹ thuật quân sự.

Lĩnh vực nghiên cứu: thiết kế các bộ điều khiển truyền động điện, nghiên cứu phát triển các phương pháp điều khiển hiện đại, số hóa và xử lý tín hiệu.



Tác giả Phạm Đức Trung tốt nghiệp đại học ngành hệ thống điện năm 2014, nhận bằng Thạc sỹ chuyên ngành kỹ thuật điện năm 2017 tại Trường Đại học Điện lực. Tác giả hiện là giảng viên Khoa Kỹ thuật điện, Trường Đại học Điện lực.

Lĩnh vực nghiên cứu: nghiên cứu các giải pháp đo lường và điều khiển nhằm tối ưu các thiết bị điện trong vận hành hệ thống điện.

