

NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM VÀ ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP HẠN CHẾ QUÁ ĐIỆN ÁP TRÊN THANH GÓP TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN MỘT CHIỀU CỦA TRẠM BIẾN ÁP

EXPERIMENTAL INVESTIGATION AND PROPOSAL OF A SOLUTION FOR MITIGATING OVERVOLTAGE OF THE DC BUS IN THE DC POWER SYSTEM OF POWER TRANSFORMER SUBSTATIONS

Vũ Hoàng Giang, Đặng Tiến Trung

Đại học Điện lực

Ngày nhận bài: 15/10/2021, Ngày chấp nhận đăng: 17/06/2022, Phản biện: PGS. TS Lê Văn Doanh

Tóm tắt:

Yêu cầu của phụ tải điện tự dùng một chiều của trạm biến áp là được cung cấp từ thanh góp với điện áp ổn định quanh giá trị định mức. Tuy nhiên, để nạp tốt nhất cho hệ thống ắc quy nối tới thanh góp này thì điện áp nạp tăng cường thường phải cao hơn và vượt quá 10% so với điện áp định mức. Hơn nữa, trong quá trình nạp, điện áp trên thanh góp có thể tăng cao hơn giá trị trên nếu có ắc quy trong hệ thống bị hỏng. Vì vậy đặt ra yêu cầu hạn chế quá điện áp trên thanh góp của tải trong các chế độ vận hành khác nhau. Bài báo giới thiệu kết quả nghiên cứu mô hình thực nghiệm và đề xuất giải pháp hạn chế quá điện áp trên thanh góp một chiều của tải bằng cách tách ra thành phân đoạn nạp cho ắc quy và phân đoạn cung cấp cho tải. Lựa chọn các phần tử mạch lực và sơ đồ điều khiển với ứng dụng PLC được giới thiệu và áp dụng cho hệ thống điện một chiều của trạm biến áp. Thuật toán điều khiển được kiểm chứng với mô hình thực nghiệm điện áp thấp và cho kết quả đáp ứng tốt xác nhận tính hợp lệ của sơ đồ điều khiển. Giải pháp được đề xuất có tính hiệu quả cao, đơn giản và chi phí thấp.

Từ khóa:

Ắc-quy; di-ốt; hạn chế quá điện áp; thanh góp điện áp một chiều; PLC.

Abstract:

The requirement of the internal DC load of power transformer substations is to be supplied from the DC bus with a stable voltage around the rated value. However, for the efficient boost charging of the battery system connected to this bus, the step-up charge voltage should usually be 10% higher and in excess of the rated value. Furthermore, during the charging operation, the voltage could be even higher than above-mentioned value if there is a breakdown battery in the system. Therefore, it is essential to restrain the overvoltage of the load DC bus in different operating modes. The paper presents an experimental investigation and a solution to mitigate the overvoltage of the DC bus by splitting it into the battery charging section and the load section. Following this, selection of power elements and control diagram with PLC application is introduced to a DC power system of power substation. The control algorithm is then verified in a low-voltage experimental model that shows satisfied response to validate the control diagram. The proposed solution is highly effective, simple and low-cost.

Keywords:

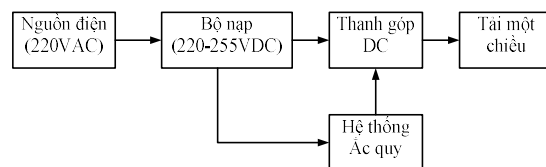
Battery; diode; overvoltage mitigation; DC bus voltage; PLC.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong các trạm biến áp cấp điện áp 110 kV trở lên, hệ thống điện một chiều đóng vai trò quan trọng đảm bảo chế độ vận hành tin cậy và ổn định của trạm. Nguồn điện một chiều do hệ thống chỉnh lưu và ắc quy tạo ra được sử dụng để cung cấp cho các hệ thống khác nhau như điều khiển, bảo vệ, đo đếm, tự động hóa, SCADA, chỉ thị trạng thái và báo hiệu sự cố [1].

Trong hệ thống điện một chiều, tủ nạp ắc quy là thiết bị biến đổi điện năng xoay chiều (AC) sang một chiều (DC) để nạp ắc quy và cung cấp cho phụ tải một chiều. Trong tủ nạp có mạch chỉnh lưu được cấu tạo bởi các cầu chỉnh lưu đi-ốt một pha trong hệ thống công suất thấp hoặc cầu chỉnh lưu thyristor công suất lớn. Bên cạnh nhiệm vụ chính cung cấp nguồn DC, tủ nạp còn có chức năng khác như phân phối nguồn, tự động nạp ắc quy, bảo vệ hệ thống, cảnh báo và giám sát.

Khảo sát hiện trạng của các trạm biến áp (TBA) hiện nay cho thấy điện một chiều cho TBA được cung cấp từ tủ phân phối một chiều có cấu trúc như trên xem Hình 1. Điện áp một chiều có giá trị định mức bằng 220 VDC; một số trạm đặc biệt có giá trị điện áp định mức là 110 VDC.



Hình 1. Sơ đồ hệ thống cung cấp điện một chiều tại TBA có điện áp một chiều 220 VDC

Hệ thống làm việc với hai chế độ chính là cung cấp điện từ nguồn điện xoay chiều và

từ nguồn ắc quy. Khi hoạt động bình thường, bộ nạp nhận điện áp xoay chiều của lưới điện và cấp điện cho thanh góp một chiều. Khi điện áp trên lưới không ổn định hoặc không hoạt động thì hệ thống ắc quy được đưa vào vận hành cung cấp điện cho tải một chiều.

Với hai chế độ vận hành kể trên, số liệu thu thập thực tế cho thấy điện áp trên thanh góp một chiều trong ngày của trạm thay đổi trong một phạm vi rất rộng. Sự thay đổi nhiều của điện áp xuất phát từ yêu cầu điện áp nạp cho ắc quy phải đủ lớn, thường lớn hơn điện áp định mức, để nạp đầy ắc quy. Có thể thấy, khi thực hiện nạp thả nổi hoặc nạp tăng cường, mức điện áp đưa ra đều cao hơn nhiều so điện áp định mức của thanh góp một chiều của tải. Như vậy, nếu thỏa mãn yêu cầu nạp của ắc quy thì điện áp lại lớn so với điện áp định mức của phụ tải. Ngược lại, nếu giảm điện áp để thỏa mãn yêu cầu của phụ tải thì ắc quy không được nạp đầy. Ngoài ra, trong quá trình nạp nếu các bộ nạp không có chức năng ổn định điện áp đầu ra và trong hệ thống có ắc quy bị hư hỏng thì điện áp trên thanh góp một chiều có thể tăng cao hơn nữa. Kết quả là giá trị điện áp này có thể vượt quá ngưỡng cho phép cung cấp cho các phụ tải một chiều.

Vấn đề vừa nêu xuất hiện ở nhiều hệ thống cung cấp điện một chiều cho các trạm biến áp trong hệ thống truyền tải và phân phối điện của Việt Nam, ví dụ các TBA 110 kV: Bờ Hồ (Hà Nội), Hải Hậu, Giao Thủy, Lạc Quần, Phi Trường (Nam Định).

Trên cơ sở các đánh giá trên, bài báo đề xuất một giải pháp nhằm đáp ứng được đồng thời hai yêu cầu cung cấp điện áp phù hợp cho phụ tải một chiều và đáp ứng yêu cầu nạp đầy cho hệ thống ắc quy trong trạm bằng cách phân đoạn thanh góp một chiều bằng các điôt và công tắc tơ. Đồng, cắt các công tắc tơ được điều khiển bằng PLC.

Trong mục tiếp theo, một số giải pháp sẽ được giới thiệu, từ đó thấy được nhược điểm của các giải pháp này và tạo tiền đề đề xuất giải pháp mới.

2. MỘT SỐ GIẢI PHÁP HẠN CHẾ QUÁ ĐIỆN ÁP TRÊN THANH GÓP MỘT CHIỀU

Để hạn chế quá điện áp trên thanh góp một chiều, một số giải pháp có thể áp dụng như: thay đổi điện áp của bộ nạp (áp dụng cho các hệ thống mới) hay mắc nối tiếp điện trở vào thanh góp một chiều (áp dụng cho các hệ thống hiện đang vận hành).

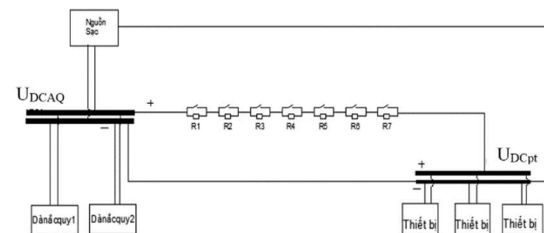
2.1. Thay đổi điện áp của bộ nạp

Yêu cầu thay đổi điện áp đầu ra của bộ nạp đòi hỏi nhà sản xuất phải thay đổi công nghệ để có thể đáp ứng yêu cầu cung cấp cho phụ tải một chiều và ổn định ở điện áp phù hợp. Việc thay đổi công nghệ đòi hỏi chi phí sản xuất và chi phí sản phẩm. Hơn nữa đối với các nhà sản xuất ở trong nước, việc thay đổi công nghệ và sản phẩm vẫn còn rất hạn chế.

Đối với các TBA đang vận hành thì giải pháp thay thế bộ nạp đòi hỏi chi phí cao.

2.2. Nói nối tiếp điện trở vào thanh góp một chiều

Đổi với các hệ thống hiện có, để tạo ra được các mức điện áp phù hợp cho hai mục đích đã đề cập thì có thể phân đoạn thanh góp một chiều bằng cách sử dụng các điện trở. Số lượng và giá trị của điện trở đưa vào để nối giữa hai thanh góp tùy thuộc vào giá trị điện áp mong muốn trên hai phân đoạn. Sơ đồ sử dụng điện trở để phân đoạn thanh góp một chiều được thể hiện trên Hình 2.



Hình 2. Sơ đồ phân đoạn thanh góp một chiều bằng điện trở

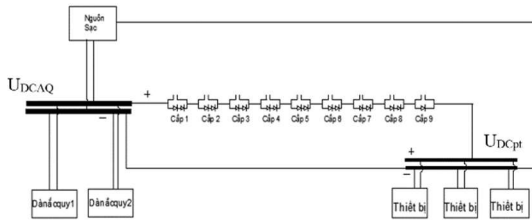
Giải pháp này có ưu điểm là có thể tạo ra được điện áp phù hợp để nạp cho ắc quy từ một phân đoạn và cung cấp cho tải một chiều từ phân đoạn còn lại trong điều kiện điện áp trên thanh góp nối tới ắc quy có biến động. Tuy nhiên, giải pháp có nhược điểm là gây ra tổn hao lớn qua các điện trở. Hơn nữa, dòng rò từ phía xoay chiều không được hạn chế có thể xâm nhập vào phía phụ tải một chiều.

Với các đặc điểm kể trên, giải pháp được đề xuất trong nghiên cứu này hướng tới ổn định điện áp trên thanh góp một chiều của tải và khắc phục được các nhược điểm về tổn hao của giải pháp sử dụng điện trở.

3. ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP SỬ DỤNG ĐİĐT VÀ BƠ ĐIỀU KHIỂN TỰ ĐỘNG PLC

3.1. Nguyên tắc chung

Để không chế điện áp cung cấp cho phụ tải một chiều, thanh góp một chiều được phân đoạn sử dụng các điôt. Sơ đồ thực hiện được thể hiện trên Hình 3.



Hình 3. Sơ đồ phân đoạn thanh góp một chiều bằng điôt

Các điôt được nối nối tiếp với nhau giữa hai phân đoạn: phân đoạn thứ nhất có điện áp U_{DCAQ} và phân đoạn thứ hai có điện áp $U_{DCpt} < U_{DCAQ}$. Sụt áp khi thông mạch của điôt được tận dụng để tạo ra độ chênh lệch điện áp giữa hai phân đoạn. Số lượng điôt được lựa chọn tùy theo độ chênh lệch điện áp cần tạo ra giữa hai phân đoạn. Các điôt được nối song song với công tắc tơ, nhờ đó số điôt được đưa vào mạch có thể thay đổi tùy ý bằng cách điều khiển đóng hoặc mở các công tắc tơ này. Số điôt được đưa vào mạch tùy thuộc vào mức chênh lệch điện áp thực tế.

3.2. Ví dụ áp dụng

1. Đề xuất xây dựng cho TBA thực tế

Để minh họa cho giải pháp đề xuất, mục này trình bày phân tích hiện trạng, tính toán và lựa chọn các phần tử chính trong

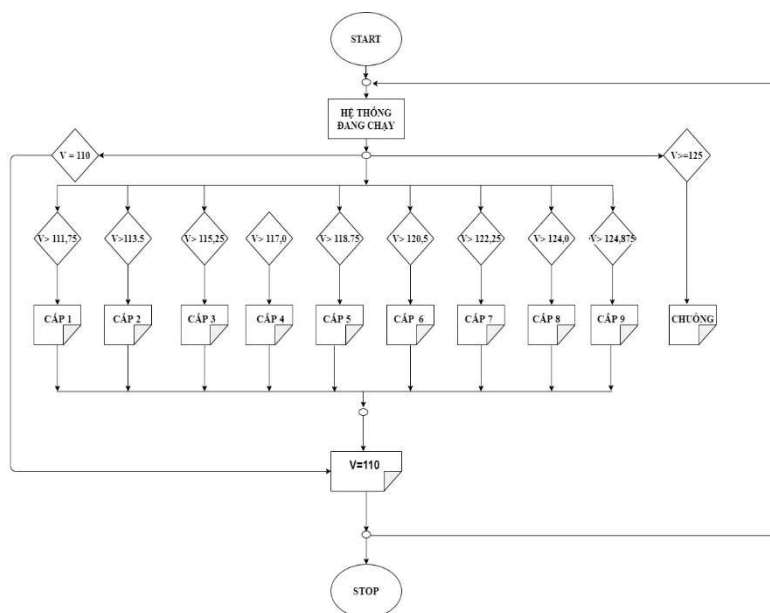
hệ thống để hạn chế điện áp trên thanh góp một chiều cung cấp cho tải.

Sơ đồ cung cấp điện một chiều của TBA 110 kV E1.18 Bờ Hồ tương tự như Hình 1. Điểm khác biệt là giá trị điện áp của bộ nạp từ 110 V – 125 V. Giá trị điện áp của hai phân đoạn đã đề cập trong mục 3.1 tương ứng là $U_{DCAQ} = 125$ V và $U_{DCpt} = 110$ V. Độ chênh lệch điện áp giữa hai phân đoạn là $125 - 110 = 15$ V

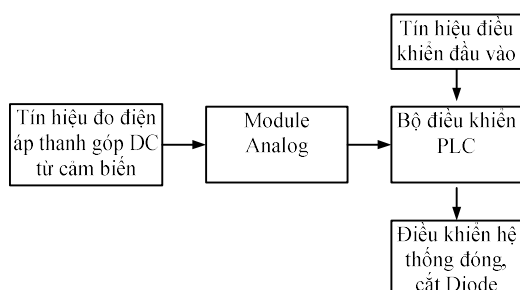
Nếu điện áp trên từng điôt được lựa chọn khi dẫn dòng là 0,875 V thì số điôt cần sử dụng là $15/0,875 \approx 17$.

Ứng với vùng điện áp chênh lệch giữa hai phân đoạn là 15 V, trong sơ đồ đề xuất sử dụng 9 cấp trong đó 8 cấp đầu sử dụng dụng 2 điôt nối song song với 1 công tắc tơ, cấp thứ 9 sử dụng một điôt, xem Hình 3. Do đó mỗi cấp trong 8 cấp đầu tiên cho phép thay đổi điện áp bằng 2 lần sụt áp trên điôt và bằng 1,75 V; riêng cấp thứ 9 cho phép thay đổi điện áp bằng 0,875 V. Như vậy sai lệch lớn nhất của điện áp trên thanh góp một chiều của tải so với giá trị định mức luôn được duy trì trong phạm vi 1,75 V nhỏ hơn nhiều so với giá trị 15 V khi không có giải pháp hạn chế.

Ngoài ra nếu điện áp trên thanh góp nạp ắc quy vượt quá giá trị cho phép, ví dụ 125 V, thì hệ thống đưa ra cảnh báo âm thanh và dừng nạp ắc quy.



Hình 4. Lưu đồ thuật toán hệ thống ổn định điện áp thanh góp một chiều



Hình 5. Sơ đồ khối điều khiển với PLC

Các thiết bị chính bao gồm:

- Mạch động lực gồm công tắc tơ và diốt có thông số cho trong phụ lục;
- PLC S7-200 của Siemens được sử dụng để điều khiển đóng mở các công tắc tơ. Lưu đồ thuật toán điều khiển được thể hiện trên Hình 4 và sơ đồ khối điều khiển được cho trên Hình 5. PLC S7-200 được sử dụng với module analog EM235.

Để có thể vận hành, điều khiển và giám sát từ xa hệ thống ổn định điện áp thanh góp nguồn DC, PLC cần được kết nối lên hệ

thống SCADA của trạm. Kết nối được thực hiện qua cổng truyền thông nối tiếp RS 485. Tại các nút thực hiện SCADA cho TBA được lắp đặt RTU - 560 để đưa các tín hiệu lên hệ thống SCADA [2].

Phần mềm Step 7 MicroWin sử dụng ngôn ngữ LAD (ladder logic) được dùng để lập trình cho họ PLC S7-200 của hãng Siemens và thiết lập điều khiển giữa họ PLC này và các module khác [3], [4].

Có thể thấy với các TBA đang vận hành có điện áp định mức của thanh góp một chiều là 220 VDC thì giải pháp đã đề xuất hoàn toàn có thể áp dụng. Ở đó, sơ đồ điều khiển cần thay đổi các ngưỡng điện áp cho các cấp trong lưu đồ thuật toán trên Hình 4.

2. Kiểm nghiệm bằng mô hình thí nghiệm

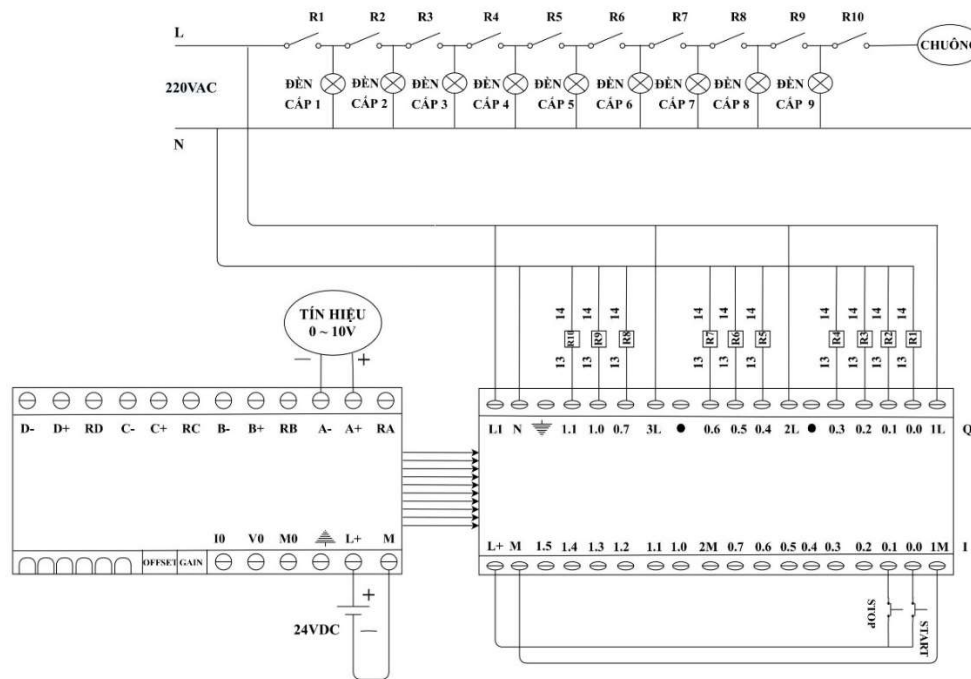
Để kiểm nghiệm sự hoạt động của toàn bộ sơ đồ trước khi áp dụng cho hệ thống thực tế, một mô hình thí nghiệm đã được xây dựng như sau:

- Hệ thống điều khiển PLC S7-200 CPU224, module analog EM235.
- Rơ le trung gian thể hiện cho công tắc tơ.
- Bóng đèn thể hiện cho điôt.

Thiết kế hệ thống mô phỏng từ những thiết bị trên cần thể hiện sự thay đổi của điện áp

và quá trình tác động của điôt khi đưa vào quá trình điều khiển tự động.

Khởi chuyển đổi tín hiệu có nhiệm vụ phát tín hiệu mô phỏng điện áp từ 0 đến 10 V tương ứng vùng điện áp thực tế từ 0 đến 125 V để cấp cho khối điều khiển, Hình 6.



Hình 6. Sơ đồ mô hình kiểm nghiệm



Hình 7. Mô hình và kết quả kiểm nghiệm

Với giá trị điện áp mô phỏng, bộ điều khiển đưa ra lệnh đóng, cắt các công tắc tơ theo đúng thuật toán đã nêu trong Hình 4 và thể hiện trực quan bằng số đèn sáng tương ứng. Hình 7 minh họa trạng thái của hệ thống ứng với 4 cấp đầu tiên. Kết quả của mô hình cho thấy bộ điều khiển làm việc chính xác ứng với các giá trị điện áp đầu vào của các cấp.

5. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày một giải pháp hạn chế quá điện áp trên thanh góp một chiều của trạm biến áp đang vận hành với bộ nạp không có chức năng điều chỉnh điện áp đầu ra. Hệ thống được xây dựng với thiết kế đơn giản, hiệu quả, dễ vận hành. Ngoài khả năng tăng điện áp để nạp cho ắc quy và duy trì điện áp định mức trên tải một chiều, hệ

thống còn cho phép hạn chế sự xâm nhập của thành phần xoay chiều vào phía thanh góp một chiều của tải. Trong các nghiên cứu tiếp theo, đề xuất phân đoạn thanh góp một chiều tiếp tục được thực hiện với các thiết bị khác để tạo ra được điện áp trên thanh góp một chiều của phụ tải ổn định hơn.

PHỤ LỤC

Bảng 1: Thông số diot 10A 1000V [5]

Nhãn hiệu	V_Z (V)			Z_Z (Ω)	I_Z (mA)
	Min	Typ	Max		
1N5273B	114	900	60	120	126

Bảng 2. Thông số kỹ thuật của công tắc tơ Chint [6]

Điện áp làm việc của cuộn hút	220V ~ 50Hz
Công suất chịu tải	63A
Số lượng tiếp điểm	2 tiếp điểm thường mở (NO)
Cấu tạo bảo vệ chống các tác động bởi môi trường bên ngoài	Nhựa PC chống cháy nổ
Vật liệu làm tiếp điểm chính	Đồng
Trọng lượng	200g

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] IEEE-Std-946, "IEEE Recommended Practice for the Design of DC Power Systems for Stationary Applications" IEEE Power and Energy Society, 2020.
- [2] Đ. T. Trung and V. Q. Hồi, Hệ thống điều khiển và thu thập dữ liệu SCADA, NXB Xây Dựng, 2013.
- [3] Siemens, "S7-200 Programmable Controller System Manual," 2008.
- [4] C. C. Đức, Kỹ thuật điều khiển lập trình PLC SIMATIC S7-200, Thành phố Hồ Chí Minh: NXB Hồ Chí Minh, 2008.
- [5] F. S. Corporation, "1N5273B Datasheet," 2007.
- [6] CHINT VIỆT NAM, [Online]. Available: <https://chintvn.com/san-pham/contactor-nxc/>. [Accessed 10 2021].

Giới thiệu tác giả:



Tác giả Vũ Hoàng Giang tốt nghiệp kỹ sư Hệ thống điện và Thạc sĩ Kỹ thuật điện tại Trường Đại học Bách khoa Hà Nội vào các năm 2002 và 2005. Năm 2014 nhận bằng Tiến sĩ Kỹ thuật điện tại Trường Đại học Claude Bernard Lyon 1, Cộng hòa Pháp. Hiện nay tác giả công tác tại Trường Đại học Điện lực.

Hướng nghiên cứu chính: chẩn đoán hư hỏng và ước lượng thông số của máy điện và các bộ biến đổi điện tử công suất, tích hợp hệ thống năng lượng tái tạo vào lưới điện.



Tác giả Đặng Tiến Trung tốt nghiệp đại học chuyên ngành điện - tự động hóa tại Trường Đại học Bách khoa Hà Nội năm 2004; nhận bằng Tiến sĩ năm 2019 tại Học viện Kỹ thuật quân sự. Tác giả hiện là giảng viên Khoa Kỹ thuật điện, Trường Đại học Điện lực.

Lĩnh vực nghiên cứu: Ứng dụng các giải pháp điều khiển hiện đại trong hệ thống điện.