

NGHIÊN CỨU ĐIỀU KHIỂN BÙ ĐIỆN ÁP TRONG TRƯỜNG HỢP TẢI KHÔNG TUYẾN TÍNH VÀ SỤT ÁP NGUỒN

Triệu Quốc Huy, Kim Anh Tuấn
Đại học Trà Vinh

Tóm tắt: Nghiên cứu đề xuất phương pháp điều khiển bù điện áp cải tiến trong trường hợp nguồn áp không cân bằng và tải không tuyến tính. Trong nghiên cứu trình sẽ bày phương pháp điều khiển bù điện áp trong điều kiện nguồn áp không cân bằng và tải không tuyến tính. Phương pháp điều khiển tuyến tính hóa hồi tiếp sẽ được lựa chọn để nghiên cứu và điều khiển cải tiến hệ thống bộ lọc tích cực mắc nối tiếp kết hợp song song trong việc cải thiện chất lượng điện năng trong các mạng phân phối, thay vì sử dụng bộ điều khiển PI thông thường. Các kết quả mô phỏng dùng phần mềm PSIM ở các trường hợp khác nhau được kiểm chứng để chứng minh rằng phương pháp đề xuất cho kết quả vận hành tốt hơn so với trường hợp dùng bộ điều khiển PI thông thường.

Từ khóa: điều khiển, bù điện áp

RESEARCH ON VOLTAGE COMPENSATION CONTROL IN CASES OF NONLINEAR LOADS AND SOURCE VOLTAGE SAG

Triệu Quốc Huy, Kim Anh Tuấn
Tra Vinh University

Abstract: This study proposes an improved voltage compensation control method in the case of unbalanced source voltage and nonlinear loads. The research presents a voltage compensation control approach under the conditions of voltage unbalance and nonlinear load characteristics. A feedback linearization control method is selected to enhance the control of a combined series-parallel active power filter system, aiming to improve power quality in distribution networks, instead of using conventional PI controllers. Simulation results using PSIM software under various scenarios are validated to demonstrate that the proposed method yields better performance compared to traditional PI control.

Keywords: control, voltage compensation

Nhận bài: 18/04/2025

Phản biện: 18/05/2025

Duyệt đăng: 22/05/2025

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong một thập kỉ trở lại đây, sự gia tăng của các nguồn năng lượng tái tạo như năng lượng gió, năng lượng mặt trời,... và việc sử dụng của các vật liệu bán dẫn bên trong các thiết bị của các nguồn năng lượng tái tạo, khi kết nối với hệ thống phân phối đã làm giảm đi chất lượng của lưới điện. Bên cạnh đó, việc đảm bảo chất lượng điện năng cũng ngày càng trở nên cấp thiết do điện năng ảnh hưởng trực tiếp đến hoạt động sản xuất kinh doanh của các khách hàng ngành điện, những người trả tiền cho yêu cầu năng lượng của mình và có quyền yêu cầu được đảm bảo nguồn điện cung cấp một cách liên tục với chất lượng điện áp đáp ứng đầy đủ các tiêu chuẩn.

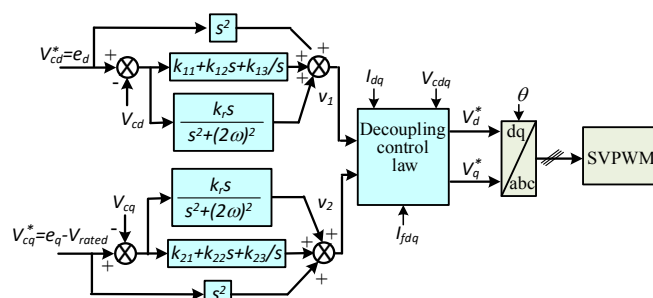
Vấn đề chất lượng điện năng bao gồm một loạt các rối loạn liên quan đến điện áp, dòng điện và độ lệch tần số. Các nhiễu loạn đó có thể là:

- Gián đoạn ngắn (Short interruption)
- Sụt/tăng điện áp (Voltage sag/ Voltage swell)
- Quá độ dòng điện và điện áp (Overcurrent/overvoltage)
- Sự méo dạng của các sóng dòng điện và điện áp (Current distortion/Voltage distortion)
- Chập chờn điện (Flicker/voltage fluctuation)
- Mất cân bằng (Unbalanced voltage)
- Độ lệch tần số nguồn (Frequency Deviation)

II. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

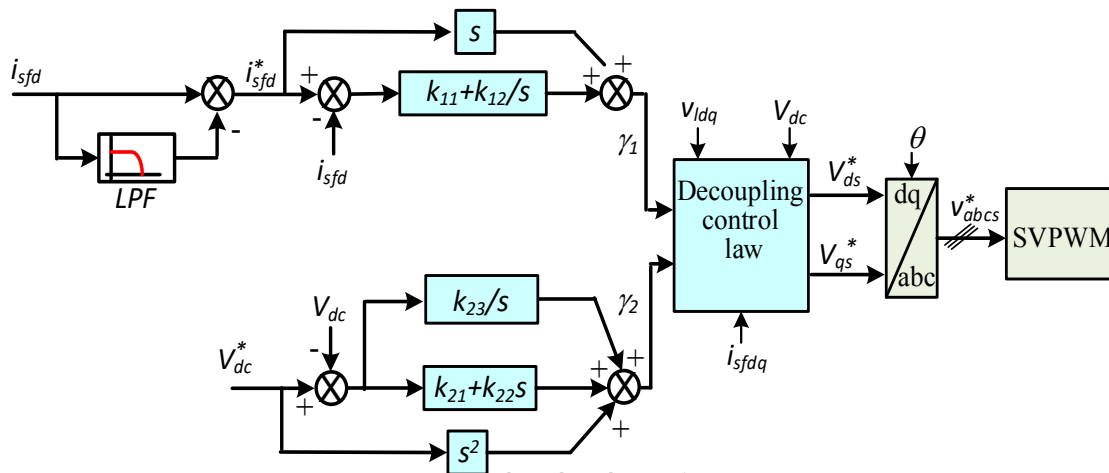
2.1. Nghiên cứu điều khiển bù điện áp trong trường hợp tải không tuyến tính và sụt áp nguồn

2.2.1. Điều khiển bộ bù nối tiếp



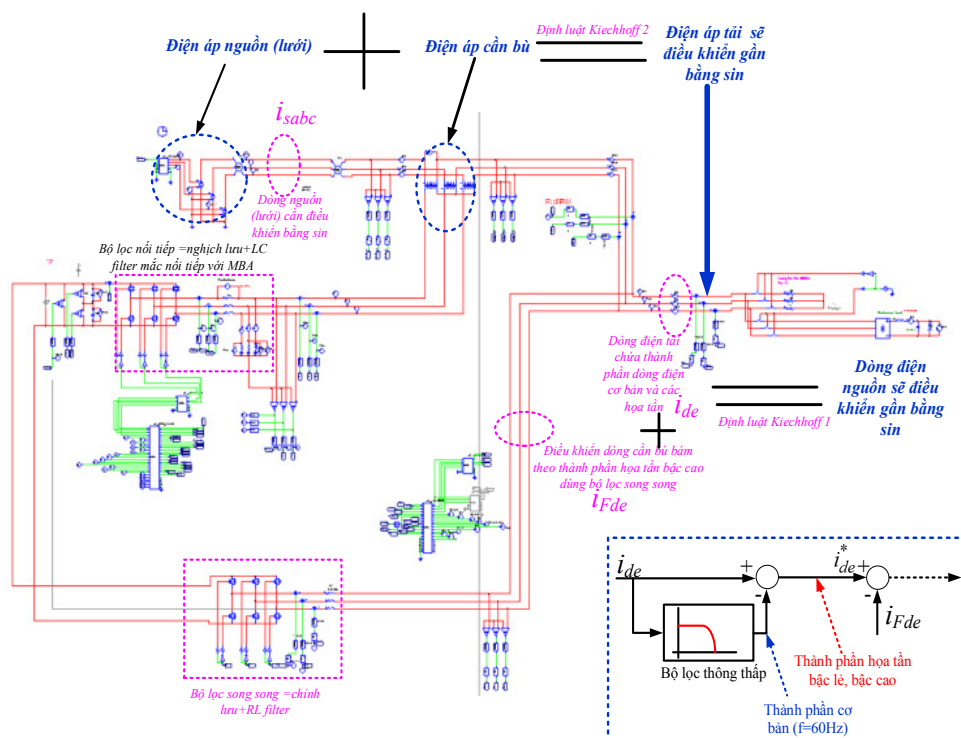
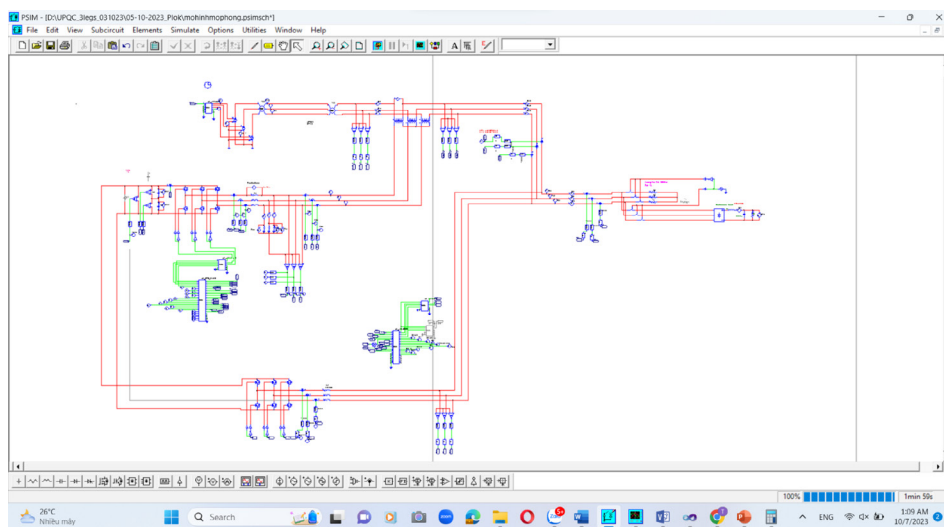
Hình 2.1 Sơ đồ khối điều khiển bộ bù nối tiếp

2.1.2. Điều khiển bộ bù song song



Hình 2.2 Sơ đồ khối điều khiển bộ bù song song

2.1.3. Mô hình mô phỏng dùng phần mềm PSIM cho bộ UPQC



Hình 2.3 Mô hình mô phỏng bộ bù và lọc UPQC bằng phương pháp điều khiển tuyến tính hóa hồi tiếp

Mô hình mô phỏng bộ bù và lọc UPQC trong phần mềm PSIM dùng phương pháp điều khiển tuyến tính hóa hồi tiếp được thể

hiện như hình trên

Trong đó các Thông số mô phỏng được thể hiện lần lượt qua các bảng từ bảng 2.3.1 đến 2.3.2.

Thông số	Giá trị
Điện áp lưới	180 [V_peak]
Tụ DC link	C=10[μF]
Thông số bộ lọc	L=0.01[mH], C=10[μF]
Tần số đóng cắt	10[kHz]
Máy biến áp nối tiếp	3[kVA], 180/180[V]

Bảng 2.3.1. Thông số mô phỏng của bộ lọc nối tiếp

Thông số	Giá trị
Điện áp lưới	180[V_peak]
Tần số lưới	60 (Hz)
Công suất định mức	1.5 (kW)
Điện áp DC	340 (V)
Tần số đóng cắt	10 (kHz)
Điện cảm bộ lọc	2 (mH)
Điện trở bộ lọc	0.05 (Ω)

2.3.2. Thông số mô phỏng của bộ lọc song song

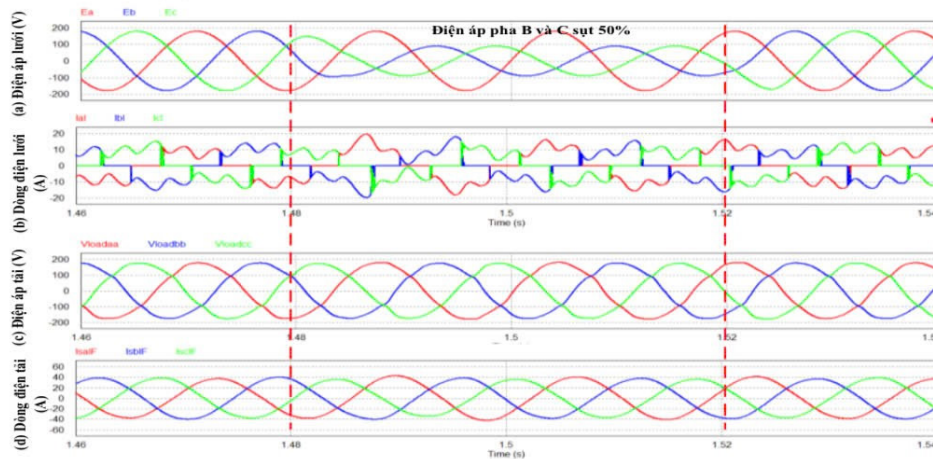
Thông số	Giá trị
Điện trở tải	15-25(Ω)
Điện cảm tải	1 (mH)
Tụ DC tải	220F)

Bảng 2.3.3. Thông số tải không tuyến tính

2.1.4 Kết quả mô phỏng bộ UPQC với phương pháp điều khiển tuyến tính hóa hồi tiếp

Vận hành của bộ UPQC dùng bộ điều khiển đề xuất (tuyến tính hóa hồi tiếp) được thể hiện trong hình 2.4. Trong trường hợp điện áp lưới pha B và pha C cùng giảm 50% như hình 2.4(a) so với điện

áp định mức và dòng điện tải phi tuyến có dạng như hình 2.4(b), bộ UPQC sẽ bù điện áp và dòng điện lưới nên dạng sóng điện áp sau khi bù sẽ có dạng gần như hoàn toàn sin như hình 2.4(c) và dạng sóng dòng điện nguồn sẽ có dạng gần như hoàn toàn sin như hình 2.4(d).

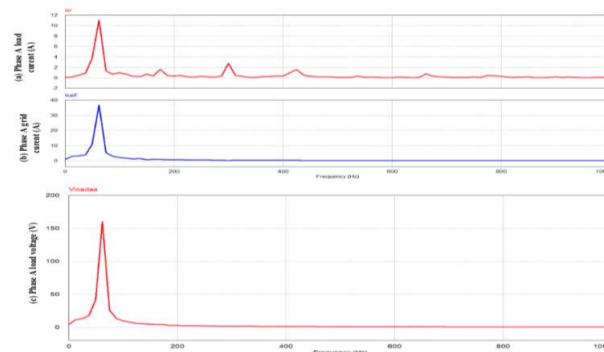


Hình 2.4. Kết quả mô phỏng bộ UPQC dùng bộ điều khiển đề xuất.

(a). Điện áp lưới/nguồn. (b). Dòng điện tải. (c). Điện áp tải. (d). Dòng điện lưới/nguồn

Phân tích biến đổi (fast fourier transform) cho dòng điện tải pha A đã được thực hiện làm ví dụ điển hình. Như được thể hiện trong hình 2.5(a), phân tích FFT của dạng sóng dòng điện pha A của tải có

chứa các họa tần bậc cao. Sau khi dùng bộ UPQC, dựa vào bộ điều khiển đề xuất để điều khiển bù điện áp ở bộ lọc nối tiếp và để điều khiển bù dòng điện ở bộ lọc song song thì họa tần của dòng điện nguồn và điện áp của tải được giảm rất nhiều, như được thể hiện lần lượt trong hình 2.5(b) và 2.5(c).



Hình 2.5. Phân tích FFT (Fast Fourier Transform) của các dạng sóng dùng bộ điều khiển đề xuất.

(a) Dòng điện tải pha A. (b). Dòng điện lưới/ nguồn pha A. (c). Điện áp tải pha A.

III. KẾT LUẬN

Mô hình toán học của UPQC và chiến lược điều khiển không tuyến tính dựa vào kỹ thuật điều khiển tuyến tính hóa hồi tiếp cho UPQC đã được đề xuất.

Hiệu quả của chiến lược điều khiển đề xuất đã được xác minh thông qua mô phỏng, trong đó điện

áp tải gần như hình sin và cùng pha với điện áp nguồn ngay cả trong điều kiện sụt áp lưới không cân bằng và tải tuyến tính và dòng điện lưới gần như hình sin.

Tính khả thi của điều khiển đề xuất được so sánh, cho thấy hiệu suất tốt hơn phương pháp PI thông thường. Nghiên cứu thực nghiệm để chứng minh kết quả mô phỏng là khả thi.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Smith, J.C., Lamoree, J., Vinett, P., Duffy, T., Klein, M., -The impact of voltage sags on industrial plant loads,. Proceeding International Conference on Power Quality: End-Use Applications and Perspectives (PQA'91), (1991) 171–178.
2. M Bollen, M.,-Understanding power quality problems, voltage sags and interruptions, IEEE Press, Piscataway, NJ, 1999.
3. Khalifa Al H., Thanh Hai N., Naji Al S. - An improved control strategy of 3P4W DVR systems under unbalanced and distorted voltage conditions, Electrical Power and Energy Systems 98 (2018) 233-242.
4. Babaei E., Kangarlu M. F., and Sabahi M. - Mitigation of voltage disturbances using dynamic voltage restorer based on direct converters, IEEE Transactions on Power Electronics 25 (4) (2010) 2676-2683.
5. Kim H. and Sul S.-K. - Compensation voltage control in dynamic voltage restorers by use of feed forward and state feedback scheme, IEEE Transactions on Power Electronics 20 (5) (2005) 1169-1177.
6. Jimichi T., Fujita H., and Akagi H. - Design and experimentation of a dynamic voltage restorer capable of significantly reducing an energy-storage element, IEEE Transactions on Industry Applications 44 (3) (2008) 817-825.