

**ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP**

**Trần Thị Tịnh**

**TÊN ĐỀ TÀI LUẬN VĂN**  
**Nghiên cứu nâng cao chất lượng cho thiết bị điều chỉnh điện áp  
trong lưới điện phân phối**

**LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT**  
**chuyên ngành kỹ thuật điều khiển và Tự động hóa**

**Thái Nguyên - 2014**

*Số hóa bởi Trung tâm Học liệu*

<http://www.lrc-tnu.edu.vn/>

**ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP**

**Trần Thị Tịnh**

**TÊN ĐỀ TÀI LUẬN VĂN**

**Nghiên cứu nâng cao chất lượng cho thiết bị điều chỉnh điện áp  
trong lưới điện phân phối.**

**Chuyên ngành: chuyên ngành kỹ thuật điều khiển và Tự động hóa  
Mã số: 605250**

**LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT**

**PHÒNG QUẢN LÝ ĐT SAU ĐẠI      NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC  
HỌC**

**KHOA CHUYÊN MÔN  
TRƯỞNG KHOA**

**Thái Nguyên - 2014**

## **LỜI CAM ĐOAN**

Tác giả xin cam đoan luận văn này là công trình do chính tác thực hiện dưới sự hướng dẫn của TS. Ngô Đức Minh. Nội dung luận văn có nghiên cứu sử dụng các tài liệu tham khảo như đã nêu trong phần tài liệu tham khảo.

Tác giả

Trần Thị Tịnh

## MỤC LỤC

<b>DANH MỤC CÁC HÌNH.....</b>	<b>i</b>
<b>MỞ ĐẦU .....</b>	<b>1</b>
<b><u>CHƯƠNG 1:</u>TỔNG QUAN VỀ HỆ THỐNG ĐIỆN VÀ LƯỚI PHÂN PHỐI</b>	<b>3</b>
<b>1.1. Lưới điện phân phối.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2. Ảnh hưởng của điện áp trong hoạt động của lưới điện .....</b>	<b>4</b>
1.2.1. Ảnh hưởng chung của lưới điện.....	4
1.2.2. Ảnh hưởng của điện áp nút đến phụ tải .....	7
<b>1.3.Những giải pháp điều chỉnh điện áp thông dụng .....</b>	<b>16</b>
<b>1.4 Kết luận chương 1 .....</b>	<b>18</b>
<b><u>CHƯƠNG 2:</u>MỘT SỐ THIẾT BỊ BÙ CÔNG SUẤT PHẢN KHÁNG ĐIỀU</b>	
<b>CHỈNH ĐIỆN ÁP TRONG LƯỚI ĐIỆN PHÂN PHỐI .....</b>	<b>20</b>
<b>2.1. Tổng quan về thiết bị bù công suất.....</b>	<b>20</b>
2.1.1. Nguyên lý hoạt động của các thiết bị trong FACTS.....	21
2.1.2. Nhận xét: .....	31
<b>2.2. Xây dựng cấu trúc mạch lực thiết bị BDPC - BESS .....</b>	<b>31</b>
2.2.1. Giới thiệu chung.....	31
2.2.2. Bộ biến đổi công suất.....	33
2.2.3. Điện cảm đầu ra của bộ biến đổi công suất .....	37
2.2.4. Kho trữ năng lượng một chiều .....	38
<b>2.3. Mô hình bộ biến đổi BDPC-BESS trong lưới điện phân phối .....</b>	<b>45</b>
<b>2.4. Cấu trúc hệ điều khiển BDPC-BESS .....</b>	<b>51</b>
2.4.1. Mô hình cấu trúc bộ điều khiển .....	51
2.4.2. Nguyên lý xác định góc pha vector điện áp.....	52
2.4.3. Điều chế vector không gian SVM cho hệ BESS .....	54
2.4.4. Thiết kế bộ điều chỉnh dòng điện cho hệ BESS .....	60
2.4.5. Cấu trúc bộ điều chỉnh kiểu PI.....	61

2.4.6. Bộ điều chỉnh kiểu Dead-Beat .....	63
2.4.7. Thiết kế bộ điều chỉnh điện áp tại điểm kết nối chung PCC ....	68
2.4.8. Bộ điều khiển công suất tác dụng .....	70
<b>2.5. Kết luận chương 2 .....</b>	<b>71</b>
<b><u>CHƯƠNG 3:</u> MÔ HÌNH HÓA MÔ PHÒNG MỘT SỐ THIẾT BỊ ĐIỀU</b>	
<b>CHỈNH ĐIỆN ÁP TRONG LƯỚI ĐIỆN PHÂN PHỐI .....</b>	<b>73</b>
<b>3.1. Mô phỏng hoạt động của BDPC trong lưới điện phân phối .....</b>	<b>73</b>
3.1.1. Cấu trúc hệ thống .....	73
3.1.2. Thiết kế các khối chính .....	73
3.1.3. Kết quả mô phỏng .....	77
<b>3.2. Mô phỏng hoạt động của SVC trong lưới điện phân phối .....</b>	<b>81</b>
3.2.1. Cấu trúc hệ thống .....	81
3.2.2. Kết quả mô phỏng .....	86
<b>3.3. Kết luận chương 3 .....</b>	<b>90</b>
<b><u>CHƯƠNG 4:</u> NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM TRẠM BÙ SCV TẠI THÁI</b>	
<b>NGUYÊN .....</b>	<b>91</b>
<b>4.1. Giới thiệu chung .....</b>	<b>91</b>
<b>4.2. Nghiên cứu thực nghiệm một số hoạt động của trạm SVC Thái Nguyên .....</b>	<b>96</b>
4.2.1. Kiểm tra các bộ lọc .....	96
4.2.2. Các bước thao tác đóng điện .....	97
4.2.3. Dừng hệ thống .....	102
4.2.4. Giám sát hoạt động của trạm trên màn hình điều khiển trung tâm ..	102
<b>4.3. Kết luận chương 4 .....</b>	<b>104</b>
<b>KẾT LUẬN VÀ ĐỀ NGHỊ .....</b>	<b>105</b>
<b>1. Kết luận .....</b>	<b>105</b>
<b>2. Kiến nghị .....</b>	<b>105</b>
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO .....</b>	<b>106</b>

## DANH MỤC CÁC HÌNH

Hình 1.1. Hệ thống điện .....	4
Hình 1.2. Dạng sóng điện áp lý tưởng và các thay đổi thông số lưới điện .....	5
Hình 1.3. Sự thay đổi của điện áp trên phụ tải trong ngày. ....	7
Hình 1.4. Vùng chất lượng điện áp    Hình 1.5. Chế độ làm việc trong miền CLĐA.....	10
Hình 1.6. Diễn biến của điện áp trong lưới phân phối.....	12
Hình 1.7. CLĐA phụ thuộc mức tải      Hình 1.8. Tiêu chuẩn.....	14
Hình 1.9. Đặc tính của đèn sợi đốt.....	15
Hình 1.10. Sự phụ thuộc của P, Q vào điện áp .....	16
Hình 2.1. Quá trình truyền tải điện năng trên đường dây.....	21
Hình 2.2. Nguyên lý truyền tải điện năng .....	21
Hình 2.3. Sơ đồ cấu trúc của TCSC .....	23
Hình 2.4. Sơ đồ cấu trúc của SSSC.....	24
Hình 2.5. Sơ đồ nguyên lý SSSC .....	24
Hình 2.6. Nguyên lý hoạt động của SSSC .....	25
Hình 2.7. Sơ đồ cấu trúc và đặc tính hoạt động của SVC.....	26
Hình 2.8. Sơ đồ cấu trúc và đặc tính hoạt động của Statcom .....	27
Hình 2.9. Sơ đồ nguyên lý làm việc của Statcom .....	27
Hình 2.10. Sơ đồ cấu trúc của UPFC .....	29
Hình 2.11. Sơ đồ kết nối UPFC .....	29
Hình 2.12. Sơ đồ cấu trúc của IPFC.....	30
Hình 2.13. Sơ đồ kết nối IPFC .....	30
Hình 2.14. Cấu trúc mạch lực của BESS .....	33
Hình 2.15. Cấu trúc và ký hiệu IGBT .....	34
Hình 2.16. Sơ đồ thử nghiệm IGBT .....	34
Hình 2.17. Đặc tính đóng mở van IGBT.....	35
Hình 2.18. Cấu tạo của ắc quy axit điện cực chì.....	40

Hình 2.19. Mạch điện nối với mạch ngoài và đường cong biểu diễn quá trình phóng nạp một ngăn trong Ắcquy.....	41
Hình 2.20. Sơ đồ tương đương của ắcquy .....	43
Hình 2.21. Quá trình phóng điện ắcquy phụ thuộc vào dòng phóng .....	44
Hình 2.22. Sự phụ thuộc của công suất vào dòng điện phóng.....	45
Hình 2.23. Sơ đồ lưới phân phối có kết nối thiết bị BDPC .....	46
Hình 2.24. Thay thế BDPC như một nguồn áp tại PCCii.....	46
Hình 2.25. Sơ đồ thay thế bộ biến đổi BESS .....	47
Hình 2.26. Mô hình tín hiệu trung bình bộ biến đổi BESS trong tọa độ abc. ....	48
Hình 2.27. Mô hình bộ biến đổi BESS .....	50
Hình 2.28. Mô hình bộ biến đổi BESS trong miền toán tử Laplace .....	50
Hình 2.29. Cấu trúc điều khiển hệ BESS trong mạng điện cục bộ thủy điện nhỏ ...	51
Hình 2.30. Biểu diễn các đại lượng vector trên tọa độ dq tựa điện áp .....	52
Hình 2.31. Cấu trúc khối đồng bộ tựa điện áp lưới PLL .....	54
Hình 2.32. Dạng tín hiệu tựa đồng bộ điện áp lưới có được bằng kết quả mô phỏng.....	54
Hình 2.33. Tám khả năng chuyển mạch trong bộ biến đổi van .....	57
Hình 2.34. Vị trí các vector chuẩn trên hệ tọa độ $\alpha\beta$ .....	57
Hình 2.35. Tổng hợp vector chuẩn trong sector 1 .....	58
Hình 2.36. Thời gian đóng/cắt mỗi van trong sector 1 .....	59
Hình 2.37. Dạng sóng biến điệu vector SVM có được bằng kết quả mô phỏng	60
Hình 2.38. Cấu trúc khử tương tác 2 thành phần dòng $i_{Bd}$ và $i_{Bq}$ .....	61
Hình 2.39. Cấu trúc bộ điều chỉnh dòng kiểu PI cho bộ biến đổi BESS .....	62
Hình 2.40. Cấu trúc mạch vòng điều khiển dòng điện kiểu Dead-Beat .....	65
Hình 2.41. Đáp ứng động học giữa tín hiệu đặt và tín hiệu thực đối với bộ điều chỉnh Dead-Beat.....	66
Hình 2.42. Cấu trúc bộ điều chỉnh dòng kiểu Dead-Beat .....	67
Hình 2.43. Cấu trúc điều khiển công suất tác dụng .....	71
Hình 3.1. Mô hình cấu trúc lưới phân phối với BDPC .....	73

Hình 3.2. Cấu trúc mạch lực của BDPC .....	74
Hình 3.3. Khối đo lường .....	75
Hình 3.4. Cấu trúc bộ điều khiển vòng ngoài cho bộ điều dòng điện kiểu PI	76
Hình 3. 5. Cấu trúc bộ điều khiển dòng điện kiểu PI.....	76
Hình 3. 6. Cấu trúc bộ điều khiển vòng ngoài cho bộ điều dòng điện kiểu D-B .....	77
Hình 3. 7. Cấu trúc bộ điều khiển dòng điện kiểu D-B .....	77
Hình 3.8. Điện áp lưới phía tải đo tại PCC2 khi không có BDPC.....	78
Hình 3.9. BDPC phát công suất phản kháng điều chỉnh ổn định điện áp trên tải ...	78
Hình 3.10. Điện áp lưới phía nguồn đo tại PCC1 .....	79
Hình 3.11 (3.8b) Điện áp lưới phía tải đo tại PCC2 khi có BDPC.....	79
Hình 3.12. Dòng điện bù của BDPC .....	79
Hình 3.13. Điện áp và dòng điện bù của BDPC .....	80
Hình 3.14. Cấu trúc mô phỏng trạm SVC trong lưới phân phối.....	81
Hình 3.15. Cấu trúc mô phỏng khối TCR .....	82
Hình 3.16. Cấu trúc mô phỏng khối TSC .....	82
Hình 3.17. Cấu trúc mô phỏng khối điều khiển SVC .....	84
Hình 3.18. Khối điều chỉnh điện áp .....	85
Hình 3.19. Khối phát xung điều khiển các Thyristor của TCR và TSC .....	85
Hình 3.20. Khối đo lường .....	86
Hình 3.21. Điện áp lưới đo tại PCC2 khi SVC chưa tác động.....	87
Hình 3.22. Chế độ đóng cắt các phân cấp TSC .....	87
Hình 3.23. Góc điều khiển alpha cho TCR.....	88
Hình 3.24. Điện áp lưới phân phối đo tại PCC2 .....	88
Hình 3.25. Dòng bù của TSC .....	89
Hình 3.26. Dòng bù của TCR.....	89
Hình 4.1. Hình ảnh trạm SVC Thái Nguyên .....	92
Hình 4.2. Sơ đồ nhất thứ trạm 220kV Thái Nguyên.....	92
Hình 4.3. Thiết bị TCR trạm SVC Thái Nguyên .....	93
Hình 4.4. Các khối TSC (FC) trạm SVC Thái Nguyên .....	94
Hình 4.5. Hệ thống bù tĩnh SVC.....	95



## MỞ ĐẦU

Trong thiết kế cũng như vận hành lưới điện, điện áp nút là một trong những thông số cơ bản và đặc biệt quan trọng. Giá trị điện áp tại các nút là một trong những thông số được tính chọn ngay từ giai đoạn thiết kế. Tùy theo các tiêu chí đề ra mà điện áp nút được chọn một giá trị khác nhau, không nhất thiết bằng giá trị định mức mà có thể lớn hơn hoặc nhỏ hơn. Trong thực tế vận hành, tùy theo mỗi kịch bản mà điều độ hệ thống yêu cầu thì giá trị điện áp tại mỗi nút sẽ được điều chỉnh lại. Nói một cách dễ hiểu là điều chỉnh điện áp nút là bài toán phải quan tâm triệt để trong khai thác vận hành hệ thống điện. Đối với lưới điện phân phối, điều chỉnh điện áp nút còn có thêm ý nghĩa cho vấn đề nâng cao chất lượng điện năng – đáp ứng đòi hỏi của tải khách hàng, và giảm các tổn thất trong mạng điện – nâng cao tính kinh tế cho phía người bán điện, giảm áp lực cho nguồn cung cấp. Tóm lại, điều chỉnh điện áp nút mang lại lợi ích to lớn cho xã hội.

Việc điều chỉnh điện áp có thể được thực hiện bằng nhiều phương pháp và các thiết bị khác nhau. Đầu tiên là phải kể tới phương pháp bù tự nhiên hay điều chỉnh đầu phân áp máy biến áp, nhưng trong phạm vi nghiên cứu ta không xét tới hai phương pháp này. Tiếp theo là kể đến các phương pháp bù (điều chỉnh điện áp) nhân tạo thực hiện bằng các bộ biến đổi điện tử kết hợp với thiết bị bù cuộn cảm hay tụ điện tĩnh. Không xét các trường hợp bù sử dụng máy điện quay (máy bù đồng bộ). Lịch sử phát triển các thiết bị bù có điều khiển thông qua thiết bị điện tử đến nay trải qua nhiều thế hệ và ngày càng tỏ rõ ưu việt vượt trội. Ban đầu, công suất bù được điều chỉnh thông qua điều chỉnh giá trị dòng điện bù nhờ các bộ biến đổi có chất lượng không cao, dòng bù không sin nên hiệu quả bù thấp. Mặt khác, dòng và áp phía lưới cũng không sin làm ô nhiễm lưới (ô nhiễm sóng hài) ảnh hưởng lớn đến các hoạt động của lưới điện trên một phạm vi rộng. Tuy nhiên, phạm vi nghiên cứu của

đề tài chỉ tập trung trong phạm vi lưới phân phối, quan tâm đến các thiết bị bù trong lưới phân phối nhằm nâng cao chất lượng bù mà thiết bị bù là có sử dụng bộ biến đổi điện tử công suất.

Nội dung luận văn gồm 4 chương:

Chương 1: Tổng quan về lưới điện phân phối và điều chỉnh điện áp.

Chương 2: Thiết bị bù công suất phản kháng và điều chỉnh điện áp trong lưới điện phân phối

Chương 3: Mô phỏng hoạt động của thiết bị điều chỉnh điện áp trong lưới điện phân phối

Chương 4: Nghiên cứu thực nghiệm thiết bị điều chỉnh điện áp tại trạm SVC Thái Nguyên.

Kết luận chung và kiến nghị