

ĐẠI HỌC THÁI NGUYÊN
TRƯỜNG ĐẠI HỌC KỸ THUẬT CÔNG NGHIỆP

TRẦN THỊ THU

**NGHIÊN CỨU CẤU TRÚC VÀ HỆ THỐNG ĐIỀU
KHIỂN BỘ BIẾN ĐỔI BÁN DẪN CÔNG SUẤT CHO HỆ
PIN MẶT TRỜI**

LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT

Thái Nguyên - 2014

MỤC LỤC

MỞ ĐẦU	1
1. Lý do chọn đề tài	1
2. Mục tiêu, đối tượng và phạm vi nghiên cứu	1
3. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài	2
4. Phương pháp nghiên cứu	2
5. Nội dung của đề tài	2
Chương 1: TỔNG QUAN VỀ HỆ THỐNG PIN MẶT TRỜI	3
1.1 Giới thiệu về pin mặt trời	3
1.1.1 Đặc tính làm việc của pin mặt trời.	4
1.1.2 Ứng dụng	7
1.1.3 Tầm năng lượng mặt trời.	7
1.1.4 Cách ghép nối các tấm năng lượng mặt trời.	8
1.2. Hệ thống điện pin mặt trời.	11
1.2.1. Cấu trúc chung	11
1.2.2. Ắc quy tích trữ năng lượng.	12
1.3. Thuật toán dò tìm điểm công suất lớn nhất (MPPT).	16
1.4. Bộ biến đổi DC/ DC	18
1.5. Bộ biến đổi DC/AC.	20
1.6. Kết luận chương 1	25
Chương 2: BỘ BIẾN ĐỔI DC-DC VỚI HỆ SỐ BIẾN ĐIỆN ÁP VÀ HIỆU SUẤT CAO	26
2.1. Bộ biến đổi nguồn DC-DC giảm áp (Buck converter)	27
2.2. Bộ biến đổi nguồn DC – DC tăng áp (Boost Converter)	29
2.3. Kết luận chương 2	36
Chương 3: NGHIÊN CỨU XÂY DỰNG PHƯƠNG PHÁP DÒ TÌM ĐIỂM CÔNG SUẤT LỚN NHẤT - MPPT	37
3.1. Nguyên lý dung hợp tải	38
3.2. Thuật toán xác định điểm làm việc có công suất lớn nhất MPPT	39
3.2.1. Phương pháp nhiễu loạn và quan sát P&O	41
3.2.2. Phương pháp điện dẫn gia tăng INC	44

3.2.3. Tổng kết so sánh các phương pháp MPPT	46
3.3. Phương pháp điều khiển MPPT.	46
3.3.1. Phương pháp điều khiển PI	46
3.3.2. Phương pháp điều khiển trực tiếp.	47
3.3.3. Phương pháp điều khiển đo trực tiếp tín hiệu ra.	49
3.4. Kết luận chương 3	50
CHƯƠNG 4: MÔ HÌNH TÍN HIỆU NHỎ BIẾN ĐỔI DC-DC DÙNG	
CUỘN KHÁNG HỖ CẢM	51
4.1. Các phương pháp mô hình hóa bộ biến đổi đóng cắt tần số cao	51
4.2. Phương pháp trung bình hóa phần tử đóng cắt	51
4.2.1. Sơ đồ tương đương bất biến của phần tử đóng cắt	53
4.2.2. Mô hình tương đương trung bình phần tử đóng cắt cho Buck converter.....	58
4.2.3. Mô hình trung bình cho khóa PWM tổng quát	60
4.3. Kết luận chương 4	65
Chương 5: KHẢO SÁT ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG CỦA HỆ THỐNG	66
5.1. Hàm truyền đạt cho Boost Converter ở chế độ dòng liên tục (CCM) ...	66
5.2. Mạch vòng điều chỉnh điện áp	69
5.3. Thiết kế các khâu điều chỉnh trong mạch vòng điện áp.....	70
5.3.1. Chọn tụ đầu ra	70
5.3.2. Lựa chọn điện trở của cuộn cảm rL	71
5.3.3. Tách biệt tần số của cặp điểm cực và điểm zero bên phải trục ảo RHPzero	71
5.3.4. Tăng cường độ dự trữ pha bằng mạch feedforward	72
5.3.5. Khảo sát tính ổn định của thiết kế	74
5.4. Mô phỏng kiểm chứng sơ đồ Boost Converter dùng cuộn kháng hỗ cảm ...	74
5.5. Kết luận chương 5.	83
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ	84
1. Kết luận	84
2. Kiến nghị	85
TÀI LIỆU THAM KHẢO	86

DANH MỤC HÌNH VẼ

Hình 1.1. Đường đặc tính làm việc $U - I$ của pin mặt trời	4
Hình 1.2. Sơ đồ tương đương của pin mặt trời	4
Hình 1.3. Sự phụ thuộc của đặc trưng VA của pin mặt trời vào cường độ bức xạ Mặt trời.....	5
Hình 1.4. Sự phụ thuộc của đường đặc tính của pin mặt trời và	6
nhiệt độ của pin	6
Hình 1.5. Đường đặc tính tải và đặc tính của pin mặt trời.....	6
Hình 1.6. Ghép nối tiếp hai môđun pin mặt trời (a).....	8
và đường đặc trưng V-A của các môđun và của cả hệ (b).....	8
Hình 1.7. Ghép song song hai môđun pin mặt trời (a).....	9
và đường đặc trưng VA của các môđun và của cả hệ (b)	9
Hình 1.8. Diốt nối song song với môđun để bảo vệ môđun và dàn pin mặt trời.	11
Hình 1.9. Sơ đồ khối hệ quang điện làm việc độc lập	12
Hình 1.10. Đặc tính phóng của ắc quy Power Sonic	13
Hình 1.11. Mạch chống hiện tượng phóng điện sâu của ắc quy	14
Hình 1.12. Bộ điều khiển MPPT trong hệ thống pin mặt trời.....	17
Hình 1.13. Sơ đồ tích hợp Boost – Flyback converter.....	20
Hình 1.14. Bộ biến đổi nguồn dòng CSI.....	23
Hình 1.15. Bộ biến đổi VSI nguồn áp.....	23
Hình 1.16. Bộ biến đổi DC/AC 1 pha dạng nửa cầu (trên).....	24
Hình 2.1. Ví dụ hệ thống PV sử dụng bộ biến đổi step-up DC/DC.....	26
Hình 2.2. Sơ đồ nguyên lý bộ biến đổi DC-DC giảm áp	27
Hình 2.3. Đồ thị dạng dòng áp.	28
Hình 2.4. Sơ đồ nguyên lý bộ biến đổi nguồn DC – DC tăng áp	29
Hình 2.5. Đồ thị dòng áp bộ biến đổi nguồn DC – DC tăng áp.....	29
Hình 2.6. Mối quan hệ giữa M và D khi xét đến yếu tố thực tế	30
Hình 2.7. Sơ đồ Boost converter với các yếu tố thực tế (step-up)	30
Hình 2.8. Hệ số biến điện áp khi xét đến yếu tố thực tế	31

Hình 2.9. Sơ đồ Boost converter với cuộn kháng hồ cảm.....	31
Hình 2.10. Sơ đồ tương đương của cuộn dây hồ cảm.....	32
Hình 2.11. Giảm đồ dòng áp của sơ đồ Boost converter với cuộn hồ cảm.....	34
Hình 2.12. Bộ biến đổi DC-DC không cách ly với cuộn kháng hồ cảm	35
Hình 2.13. Bộ biến đổi DC-DC có cuộn kháng hồ cảm với phóng – nạp	35
Hình 3.1. Ví dụ tấm pin mặt trời được mắc trực tiếp với một	37
tải thuần trở có thể thay đổi giá trị điện trở được.....	37
Hình 3.2. Đường đặc tính làm việc của pin và của tải thuần trở	37
có giá trị điện trở thay đổi được	37
Hình 3.3. Tổng trở vào R_{in} được điều chỉnh bằng D.....	39
Hình 3.4. Đường đặc tính làm việc của pin khi cường độ	40
bức xạ thay đổi ở cùng một mức nhiệt độ.....	40
Hình 3.5. Đặc tính làm việc I – V của pin khi nhiệt độ	40
thay đổi ở cùng một mức cường độ bức xạ.....	40
Hình 3.6. Phương pháp tìm điểm làm việc công suất lớn nhất P&O.....	42
Hình 3.7. Lưu đồ thuật toán Phương pháp P&O.....	43
Hình 3.8. Phương pháp điện dẫn gia tăng.....	44
Hình 3.9. Lưu đồ thuật toán của phương pháp điện dẫn gia tăng INC	45
Hình 3.11. Sơ đồ khối của phương pháp điều khiển trực tiếp MPPT.....	47
Hình 3.12. Quan hệ giữa tổng trở vào của mạch Boost và hệ số làm việc D	48
Hình 3.13. Lưu đồ thuật toán P&O dùng trong phương pháp điều khiển đo trực tiếp tín hiệu ra.....	49
Hình 4-1 Phần tử đóng cắt trong sơ đồ bộ biến đổi DC-DC.....	53
Hình 4-2. Sơ đồ khóa trong các bộ biến đổi, từ trái sang phải, từ trên xuống dưới: Buck, Boost, Buck-Boost, Cuk converters.....	54
Hình 4-3 Dạng dòng điện, điện áp tại các cổng của mạch điện của phần tử đóng cắt.	54
Hình 4-4 Sơ đồ Buck Converter.....	55
Hình 4-5 Dạng sóng điện áp, dòng điện của các phần tử trên sơ đồ Buck Converter (hình 4-4) trong chế độ dòng liên tục.....	56

Hình 4-6 Mạch điện tương đương của khóa PWM.....	56
Hình 4-7 Mạch điện tương đương tín hiệu lớn DC và tín hiệu nhỏ AC của phần tử đóng cắt.....	58
Hình 4-8 Mô hình cho chế độ dòng liên tục của Buck Converter.	58
Hình 4-9 Sơ đồ Boost Converter dùng cuộn kháng hồ cảm.	60
Hình 4-10 Sơ đồ thay thế cuộn kháng hồ cảm bằng máy biến áp lý tưởng và cuộn cảm từ hóa riêng biệt.	61
Hình 4-11 Dạng sóng dòng điện, điện áp của các phần tử trên sơ đồ Boost Converter dùng cuộn kháng hồ cảm.....	62
Hình 4-12 Sơ đồ thay thế các phần tử khóa bằng nguồn dòng, nguồn áp liên tục, có điều khiển.	63
Hình H. 5-1 Sơ đồ Boost Converter.....	66
Hình H. 5-2 Đồ thị Bode của khâu cặp điểm cực.	67
Hình H. 5-3 Đồ thị Bode của khâu có điểm zero bên phải trục ảo (điểm zero dương).	67
Hình H. 5-4 Ảnh hưởng của điểm zero dương đến độ dự trữ ổn định về pha. ...	68
Hình H. 5-5 Mạch vòng điều chỉnh điện áp cho chế độ dòng liên tục.	69
Hình H. 5-6 Thiết kế bộ điều chỉnh.....	70
Hình H. 5-8 Ví dụ về đặc tính tần số của một mạch phản hồi và khâu phản hồi mềm.	73
Hình 5-9 Cấu trúc mạch vòng điều chỉnh điện áp của sơ đồ Boost converter dùng cuộn kháng hồ cảm.....	75
Hình 5-10 Đồ thị Bode cho hệ thống mạch vòng điện áp: đường nét chấm $K_v * G_{dv}(s)$, đường nét đứt là đặc tính của bộ điều chỉnh $G_c(s)$, đường nét liền là đặc tính của hệ thống được thiết kế.....	76
Hình 5-11 Mô hình mô phỏng bộ biến đổi Boost Converter dùng cuộn kháng hồ cảm với mạch vòng điện áp.....	79
Hình 5-12 Kết quả mô phỏng điện áp đầu ra và dòng qua điốt D trong chế độ xác lập, mạch vòng hở.....	80

Hình 5-13 Chi tiết dạng xung dòng điện, điện áp, từ trên xuống dưới: dạng xung điều khiển van, dạng dòng qua cuộn cảm từ hóa i_{Lm} và dòng đầu vào i_g , dạng dòng qua điôt i_2 , dạng điện áp bên cuộn sơ cấp máy biến áp lý tưởng u_1	80
Hình 5-14 Mô phỏng tác dụng của mạch vòng điều chỉnh điện áp.	82
Hình 5-15 Đặc tính đáp ứng điện áp đầu ra phóng to.	83

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CÁC CHỮ VIẾT TẮT

STT	Ký hiệu	Diễn giải nội dung đầy đủ
1	DC - DC	Một chiều – một chiều
2	DC - AC	Một chiều – xoay chiều
3	MPPT	Thuật toán dò tìm điểm công suất lớn nhất
4	MPP	Điểm công suất lớn nhất
5	Hệ PV	Hệ pin mặt trời
6	VDC	Vôn một chiều
7	VAC	Vôn xoay chiều
8	V-A	Vôn – Ămpe
9	VSI	Bộ biến đổi nguồn áp
10	CSI	Bộ biến đổi nguồn dòng
11	PWM	Điều chế bề rộng xung
12	PI	Bộ điều khiển tỉ lệ – tích phân

MỞ ĐẦU

1. Lý do chọn đề tài

Ngày nay với tình hình dân số và nền công nghiệp phát triển không ngừng, năng lượng càng thể hiện rõ vai trò quan trọng và trở thành yếu tố không thể thiếu trong cuộc sống. Tuy nhiên trong khi nhu cầu sử dụng năng lượng đang ngày càng gia tăng thì các nguồn năng lượng truyền thống được khai thác sử dụng hàng ngày đang dần cạn kiệt và trở nên khan hiếm. Một số nguồn năng lượng đang được sử dụng như nguồn nguyên liệu hoá thạch (dầu mỏ, than đá...) đang cho thấy những tác động xấu đến môi trường, gây ô nhiễm bầu khí quyển như gây hiệu ứng nhà kính, thủng tầng ozôn, là một trong những nguyên nhân làm trái đất ấm dần lên. Các khí thải ra từ việc đốt các nguyên liệu này đã gây ra mưa axit, gây hại cho môi trường sống của con người. Còn nguồn năng lượng thuỷ điện (vốn cũng được coi là một loại năng lượng sạch) thì cũng không đáp ứng được nhu cầu tiêu thụ điện hiện nay trong khi tình trạng mức nước trong hồ chứa thường xuyên xuống dưới mực nước chết. Trước tình hình đó, vấn đề phải tìm được những nguồn năng lượng mới để đáp ứng nhu cầu sử dụng năng lượng đang lớn mạnh hàng ngày, thay thế những nguồn năng lượng có hại cho môi trường hoặc đang cạn kiệt đang trở nên cấp thiết, đòi hỏi nhiều sự quan tâm.

Luận văn với đề tài: “Nghiên cứu cấu trúc và hệ thống điều khiển bộ biến đổi bán dẫn công suất cho hệ pin mặt trời ” được xuất phát từ yêu cầu thực tế trên. như vậy sẽ tiết kiệm được nhiên liệu truyền thống và giảm tối thiểu sự ô nhiễm môi trường và phát triển ngành công nghiệp sản xuất thiết bị sử dụng năng lượng sạch tại Việt Nam.

2. Mục tiêu, đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Mục tiêu nghiên cứu của đề tài là nghiên cứu những cấu trúc tiêu biểu của bộ biến đổi dùng cho kết nối với pin mặt trời, nghiên cứu các thuật toán dò tìm điểm hoạt động cho công suất lớn nhất, lựa chọn một cấu trúc phù hợp, mô hình hóa hệ thống pin mặt trời-bộ biến đổi, khảo sát đánh giá chất lượng của hệ thống.

Với mục tiêu như vậy đối tượng và phạm vi nghiên cứu của luận văn sẽ là các bộ biến đổi dùng cho pin mặt trời, thuật toán dò tìm điểm công suất lớn nhất, mô hình hóa hệ thống để đánh giá chất lượng từ đó thiết kế hệ thống thực.

3. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài

Sử dụng năng lượng tái tạo là một vấn đề cấp thiết hiện nay, trong đó có hệ thống pin năng lượng mặt trời. Đối với hệ thống pin mặt trời bộ biến đổi bán dẫn có vai trò cực kỳ quan trọng trong đảm bảo lấy được năng lượng nhiều nhất và chuẩn hóa các thông số của nguồn điện để có thể cung cấp cho các phụ tải tại chỗ hoặc kết nối với lưới điện. Hiện nay trong và ngoài nước đây là những vấn đề được nhiều người quan tâm. Tuy nhiên một cấu hình tiêu chuẩn và phương pháp điều khiển cho bộ biến đổi kết nối pin mặt trời là vẫn chưa thực sự tồn tại. Do đó đề tài này có ý nghĩa khoa học và thực tiễn vô cùng lớn để nghiên cứu. Hệ thống điều khiển bộ biến đổi bán dẫn công suất cho hệ pin mặt trời sử dụng bộ biến đổi Boost converter làm bộ biến đổi DC-DC cho hệ thống, hơn nữa bộ biến đổi này cho hệ số biến điện áp và hiệu suất cao.

4. Phương pháp nghiên cứu

Khảo sát thực tế tại mô hình hệ pin mặt trời. Áp dụng phương pháp trung bình hóa phân tử đóng cắt các bộ biến đổi DC-DC, DC-AC, thu được mô hình tuyến tính hệ thống, từ đó áp dụng các phương pháp tuyến tính để tổng hợp hệ thống pin mặt trời.

5. Nội dung của đề tài

Thực hiện nhiệm vụ trên cấu trúc luận văn gồm có phần mở đầu; chương 1, 2, 3, 4 và 5; Kết luận và kiến nghị; Tài liệu tham khảo. Nội dung chính của luận văn:

Chương 1: Tổng quan về hệ thống pin mặt trời.

Chương 2: Bộ biến đổi DC-DC với hệ số biến điện áp và hiệu suất cao.

Chương 3: Nghiên cứu xây dựng phương pháp dò tìm điểm công suất lớn nhất – MPPT.

Chương 4: Mô hình tín hiệu nhỏ biến đổi DC/DC dùng cuộn kháng hồ cảm.

Chương 5: Khảo sát đánh giá chất lượng của hệ thống.

Kết luận và kiến nghị