

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

**NGÔ MINH ĐỨC**

**NGHIÊN CỨU HỆ NGUỒN PHÁT ĐIỆN SỨC GIÓ VÀ MẶT  
TRỜI CÓ ÁP DỤNG PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN HIỆN ĐẠI  
CHO BỘ BIẾN ĐỔI DC/AC**

**Chuyên ngành: Kỹ thuật điều khiển và tự động hóa**

**Mã số: 60520216**

**TÓM TẮT LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT**

**THÁI NGUYÊN 2016**

## LỜI CAM ĐOAN

Tôi là Ngô Minh Đức, học viên lớp cao học K16 chuyên ngành Kỹ thuật điều khiển và Tự động hóa, sau hai năm học tập và nghiên cứu, được sự giúp đỡ của các thầy cô giáo và đặc biệt là thầy giáo hướng dẫn tốt nghiệp TS. Đặng Danh Hoàng, tôi đã hoàn thành chương trình học tập và đề tài luận văn tốt nghiệp “Nghiên cứu hệ nguồn phát điện sức gió và mặt trời có áp dụng phương pháp điều khiển hiện đại cho bộ biến đổi DC/AC”.

Tôi xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của cá nhân dưới sự hướng dẫn của Thầy giáo TS. Đặng Danh Hoàng. Nội dung luận văn chỉ tham khảo và trích dẫn các tài liệu đã được ghi trong danh mục tài liệu tham khảo và không sao chép hay sử dụng bất kỳ tài liệu nào khác.

*Thái Nguyên, ngày 15 tháng 03 năm 2016*

**Học viên**

**Ngô Minh Đức**

## LỜI NÓI ĐẦU

Từ cuối thế kỷ 20 và đặc biệt trong 10 năm trở lại đây tình hình năng lượng đang thay đổi - có một số lượng lớn các nguồn cung cấp năng lượng không phải là dạng truyền thống đang được thúc đẩy phát triển mạnh mẽ không những riêng ở nước ta, mà trên phạm vi toàn cầu. Đó là các dạng nguồn phát điện theo công nghệ sạch. Ví dụ như: phong điện, thủy điện nhỏ, điện mặt trời, V.V... Chúng có thể được khai thác dưới các loại hình mạng điện khác nhau: có thể là mạng điện cục bộ, mạng phân tán có kết nối với lưới quốc gia, mạng điện thông minh... Trước đây, những loại hình mạng điện này chưa được quan tâm khai thác và phát triển, lý do chính là đặc điểm của các dạng nguồn này có tính chất mềm (siêu mềm), không ổn định, tính kinh tế của hệ thống còn thấp, chất lượng điện năng cung cấp chưa đảm bảo. Ngày nay, các nguồn năng lượng sạch phát triển dưới dạng các hệ nguồn phân tán, công suất nhỏ có cơ hội được hiện thực hóa nhờ sự tiến bộ của các bộ biến đổi bán dẫn công suất và kỹ thuật điều khiển hiện đại.

Hiện tại, mô hình mạng điện phân tán có sự tham gia của nguồn máy phát điện sức gió và pin mặt trời đang được nghiên cứu và ứng dụng khá phổ biến. Trong đó, phụ tải điện có thể bao gồm cả phụ tải một chiều và phụ tải xoay chiều:

- Nguồn cấp từ phía máy điện sức gió và pin mặt trời có ý nghĩa tận dụng nguồn năng lượng tại chỗ góp phần giảm áp lực nguồn phát trên lưới, thực hiện tái cấu trúc lưới điện phân phối mang lại lợi ích cả về kinh tế và kỹ thuật cho hệ thống điện quốc gia.

- Nguồn cấp từ phía điện lưới sẽ phát huy tác dụng nhằm đảm bảo cấp điện khi các nguồn điện từ năng lượng tái tạo (máy điện sức gió và pin mặt trời) không đáp ứng đủ hoặc hoàn toàn nhu cầu sử dụng điện của hộ tiêu thụ.

Việt Nam nằm trong khu vực cận nhiệt đới gió mùa có thuận lợi cơ bản để phát triển năng lượng gió và năng lượng mặt trời. Vì vậy, vấn đề tiếp cận các nguồn điện năng lượng tái tạo (Solar Energy or Wind Energy Source) cho nghiên cứu và ứng dụng trong hệ thống điện Việt Nam là vấn đề cấp thiết trong giai đoạn hiện nay.

Mục tiêu nghiên cứu của đề tài “Nghiên cứu hệ nguồn phát điện sử dụng năng lượng gió và mặt trời có áp dụng phương pháp điều khiển hiện đại cho bộ biến đổi DAC” là xây dựng một mô hình khai thác một cách hiệu quả nhất cho các nguồn điện sử dụng năng lượng tái tạo và cụ thể là cho hai dạng điển hình nhất phù hợp với điều

kiện thực tế ở Việt Nam là máy điện sức gió và pin mặt trời. Trong đó, đề xuất phương pháp điều khiển hiện đại áp dụng cho điều khiển bộ biến đổi DC/AC.

Nội dung luận văn được trình bày thành 4 chương:

- Tổng quan về năng lượng tái tạo
- Mô hình hệ nguồn phát điện sử dụng năng lượng mặt trời
- Mô hình hệ nguồn phát điện sử dụng năng lượng gió
- Hệ nguồn phát điện lai sử dụng pin mặt trời và máy điện gió

Trong đó, áp dụng hệ điều khiển hiện đại cho các bộ biến đổi DAC trong máy phát không đồng bộ nguồn kép (DFIG) và mô hình hóa mô phỏng hệ máy phát DFIG trong một số chế độ vận hành thực tế.

Do kiến thức còn hạn chế, bản thân chưa thể nghiên cứu được hết khối lượng kiến thức liên quan đến đề tài. Nên nội dung luận văn không thể tránh khỏi những hạn chế, thiếu sót. Em kính mong nhận được sự đóng góp ý kiến từ phía các Thầy Cô và người đọc quan tâm.

Nhân đây, em xin trân thành cảm ơn Nhà trường, các thầy cô và cán bộ Phòng Ban chức năng đã tạo điều kiện cho lớp học K16 nói chung và bản thân em hoàn thành khóa học. Đặc biệt em xin trân thành cảm ơn thầy giáo TS. Đặng Danh Hoàng, người đã dành nhiều thời gian và sự giúp đỡ em hoàn thành bản luận văn này.

*Thái Nguyên, ngày 10 tháng 03 năm 2016*

**Học viên**

**Ngô Minh Đức**

## MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN .....	i
LỜI NÓI ĐẦU .....	iii
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ NĂNG LƯỢNG TÁI TẠO.....	1
1.1 GIỚI THIỆU CHUNG[8].....	1
1.2 NĂNG LƯỢNG TÁI TẠO .....	3
1.2.1 Năng lượng mặt trời.....	4
1.2.2 Thủy điện nhỏ .....	6
1.2.3 Năng lượng gió .....	8
1.2.4 Năng lượng địa nhiệt .....	10
1.2.5 Năng lượng sinh khối (BIOMASS) .....	11
1.3 MÔ HÌNH SỬ DỤNG NĂNG LƯỢNG TÁI TẠO TRONG HỆ THỐNG ĐIỆN	12
1.4 KẾT LUẬN CHƯƠNG 1 .....	15
CHƯƠNG 2. NGUỒN ĐIỆN PIN MẶT TRỜI.....	16
2.1 NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI [1-4] .....	16
2.1.1 Quang phổ mặt trời .....	16
2.1.2 Vị trí mặt trời tại các thời điểm trong ngày .....	18
2.2 PIN MẶT TRỜI [1-3] .....	20
2.2.1 Giới thiệu chung .....	20
2.2.2 Quang phổ mặt trời tác động đến PV cell.....	21
2.2.3 Tế bào quang điện (PV cell) .....	22
2.2.3.1 Sơ đồ mạch điện tương đương của một PV cell .....	23
2.2.3.2 Những ảnh hưởng khác tác động đến PV Cell .....	26
2.2.4 Phương thức tổ hợp nguồn PV từ cells đến modules đến arrays .....	29
2.2.4.1 Tổ hợp các Cell thành Module .....	30
2.2.4.2 Tổ hợp các modules thành Arrays .....	30
2.2.4.3 Thử nghiệm đường cong V-I của pin mặt trời trong điều kiện tiêu chuẩn.....	32
2.2.4.4 Ảnh hưởng của nhiệt độ và cường độ ánh sáng đến đặc tính V-I của PV module.....	33
KẾT LUẬN CHƯƠNG 2.....	35
CHƯƠNG 3. NGUỒN PHÁT ĐIỆN SỨC GIÓ .....	36
3.1 NĂNG LƯỢNG GIÓ [1-4], [8] .....	36
3.2 TURBINE GIÓ [1-4], [8].....	37
3.3 CÔNG SUẤT GIÓ [1-4] .....	41
3.4 MÁY PHÁT ĐIỆN SỨC GIÓ (WG) [1-4] .....	42

3.4.1 Các máy phát đồng bộ .....	42
3.4.2 Máy phát cảm ứng không đồng bộ .....	43
3.4.3 Máy phát không đồng bộ cảm ứng từ hai phía - DFIG.....	44
3.5 ĐIỀU KHIỂN TỐC ĐỘ CHO CÔNG SUẤT CỰC ĐẠI [1-4] .....	46
3.5.1 Tầm quan trọng của sự thay đổi tốc độ rotor.....	46
3.5.2 Các hệ thống kết nối lưới gián tiếp.....	48
3.6 CÔNG SUẤT GIÓ TRUNG BÌNH [1-4].....	48
3.7 ƯỚC TÍNH GẦN ĐÚNG NĂNG LƯỢNG GIÓ [1-4].....	49
KẾT LUẬN CHƯƠNG 3 .....	49
CHƯƠNG 4. XÂY DỰNG HỆ NGUỒN PHÁT ĐIỆN LAI SỬ DỤNG PIN MẶT TRỜI VÀ MÁY PHÁT ĐIỆN SỨC GIÓ .....	50
4.1 ĐẶT VẤN ĐỀ.....	50
4.2 HỆ NGUỒN PHÁT ĐIỆN LAI PIN MẶT TRỜI VÀ MÁY ĐIỆN GIÓ[5-8] .....	51
4.2.1 Mô hình hóa hệ thống .....	51
4.2.2 Nguồn pin mặt trời và bộ biến đổi DC/DC (Converter) .....	53
4.2.2.1 Bộ biến đổi DC-DC không cách ly.....	54
4.2.2.2 Bộ biến đổi DC-DC có cách ly .....	59
4.2.2.3 Điều khiển bộ biến đổi DC-DC .....	59
4.2.3 Máy phát điện sức gió và các bộ biến đổi AC/DC/AC.....	61
4.3 MÔ HÌNH TOÁN HỌC VÀ CẤU TRÚC ĐIỀU KHIỂN DFIG [6-7].....	65
4.3.1 Phép biến đổi hệ tọa độ.....	65
4.3.2 Mô hình máy điện không đồng bộ nguồn kép (DFIG)[6-7] .....	67
4.3.3 Mô hình điều khiển phía máy phát Converter 2 [6-7] .....	69
4.3.4 Mô hình điều khiển phía lưới Converter 1, [6-7].....	75
4.4 MÔ PHỎNG MỘT SỐ CHẾ ĐỘ LÀM VIỆC CỦA HỆ THỐNG [8] .....	77
4.4.1 Cấu trúc mô phỏng.....	77
4.4.2 Mô phỏng hoạt động của hệ nguồn lai.....	78
KẾT LUẬN CHƯƠNG 4.....	84
KẾT LUẬN và KIẾN NGHỊ .....	85
KẾT LUẬN .....	85
KIẾN NGHỊ .....	86
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	87

**DANH MỤC BẢNG BIỂU**

Bảng 1.1 Bảng tổng hợp tiềm năng của năng lượng Mặt trời .....	5
Bảng 1.2 Số liệu về bức xạ năng lượng Mặt trời của các vùng ở Việt Nam.....	6
Bảng 1.3 Sự phát triển điện gió giai đoạn từ 1985 đến 2004 .....	9
Bảng 1.4 Nhiệt độ địa nhiệt của một số địa điểm ở Việt Nam.....	11

## DANH MỤC HÌNH VẼ

Hình 1.1 Nhu cầu năng lượng trên thế giới .....	4
Hình 1.2 Tiêu thụ các loại năng lượng trên thế giới .....	4
Hình 1.3 Tốc độ triển khai năng lượng gió giai đoạn 2000-2011 trên thế giới.....	9
Hình 1.4 Mô hình mạng điện độc lập nguồn pin mặt trời cấp điện cho một hộ gia đình.....	13
Hình 1.5 Mô hình mạng điện cục bộ nguồn thủy điện nhỏ công suất từ 100 kW đến 2000 kW cấp điện cho thôn bản .....	14
Hình 1.6 Mô hình mạng hỗn hợp có điều tiết (thông minh) năng lượng giữa nguồn năng lượng tái tạo và lưới kết nối .....	14
Hình 2.1 Quang phổ phát ra từ một vật đen ở nhiệt độ 288 K .....	17
Hình 2.2 Quang phổ của bức xạ mặt trời tương ứng với một vật đen ở 5800K.....	18
Hình 2.3 Mô tả vị trí của mặt trời theo góc độ cao và góc phương vị.....	18
Hình 2.4 Mô tả các khái niệm về kinh tuyến mặt trời, kinh tuyến địa phương và góc giờ .....	19
Hình 2.5 Quang phổ mặt trời tại AM 1.5 .....	22
Hình 2.6 Tác động của photon tạo ra các cặp electron-lỗ gần đường giao nhau, điện trường trong vùng nghèo sẽ đẩy lỗ vào vùng p và đẩy electron vào vùng n của PV cell .....	23
Hình 2.7 Mô tả mạch điện nguồn PV với tải và quy ước chiều của dòng điện.....	23
Hình 2.8 Sơ đồ mạch tương đương đơn giản cho một PV cell.....	23
Hình 2.9 Sơ đồ mô tả hai thông số quan trọng đối với PV cell là dòng ngắn mạch $I_{sc}$ và điện áp hở mạch $V_{oc}$ .....	24
Hình 2.10 Biểu diễn mối quan hệ dòng – áp của PV cell cho hai điều kiện "dark" (không được chiếu sáng) và "light" (được chiếu sáng). .....	25
Hình 2.11 Điện áp và công suất của PV cell phụ thuộc cường độ sáng $w/m^2$ .....	25
Hình 2.12 Mạch tương đương của một chuỗi các PV cell nối tiếp khi có hiệu ứng che khuất và giải pháp khắc phục .....	26
Hình 2.13 Mô phỏng đặc tính của Array có các module nhận được cường độ chiếu xạ không đều nhau.....	27
Hình 2.14 Mô hình một PV cell tổng quát trong thực tế gồm đầy đủ cả $R_p$ và $R_s$ . .....	28
Hình 2.15 Đồ thị biểu diễn mối quan hệ V-I cho một PV cell tổng quát .....	29
có $R_p = 1\Omega$ và $R_s = 0.05\Omega$ .....	29
Hình 2.16 Những tổ hợp cơ bản của pin mặt trời cell, module, và array .....	30
Hình 2.17 Mô tả tổ hợp 36 cells mắc nối tiếp. ....	30
Hình 2.18 Sơ đồ nối và đặc tính V-I của array gồm 3 module nối tiếp.....	31
Hình 2.19 Sơ đồ nối và đặc tính V-I của array gồm 3 module song song.....	31
Hình 2.20 Hai phương thức tổ hợp cho array với 6 modules .....	32



Hình 2.21 Mô tả thí nghiệm mạch điện nguồn PV và tải .....	33
Hình 2.22 Mô tả đặc tính V-I ; P-V và điểm công suất tối đa (MPP) của một PV module .....	33
Hình 2.23 Mô tả đặc tính của một PV module khi thay đổi cường độ ánh sáng và khi thay đổi nhiệt độ PV (đo tại tiếp giáp của PV) .....	34
Hình 3.1 Tốc độ phát triển năng lượng gió trên thế giới .....	36
Hình 3.2 Các nước dẫn đầu về năng lượng gió năm 2012 .....	37
Hình 3.3 Mô hình kết cấu một số loại turbine trục ngang và trục đứng .....	38
Hình 3.4 Một số kiểu dáng mới của turbine trục đứng .....	38
Hình 3.5 Turbine trục ngang .....	40
Hình 3.6 Mô hình turbine và tổ hợp phễu đón gió .....	41
Hình 3.7 Một số loại máy phát dùng trong hệ phát điện turbine gió .....	42
Hình 3.8 Mô hình máy phát đồng bộ 3 pha và turbine sức gió .....	43
Hình 3.9 Mô tả nguyên lý cấu tạo phần stator và rotor của máy điện không đồng bộ .....	44
Hình 3.10 Các chế độ vận hành của DFIG [7] .....	45
Hình 3.11 Mô tả dòng chảy năng lượng ở các chế độ trên đồng bộ và dưới đồng bộ .....	45
Hình 3.12 Biểu đồ quan hệ giữa tốc độ gió và hiệu suất cánh với 3 cấp tốc độ rotor .....	47
Hình 3.13 Biểu đồ xác định thời điểm chuyển cấp tốc độ rotor để đạt hiệu suất cánh cao nhất .....	47
Hình 3.14 Mô hình turbine – máy phát cảm ứng kết nối lưới gián tiếp .....	48
Hình 4.1 Mô hình hệ thống và cấu trúc điều khiển mạng điện nguồn lai PV-DFIG-B .....	50
Hình 4.2 Mô hình hệ thống mạng điện nguồn lai PV-DFIG-B .....	51
Hình 4.3 Biểu đồ năng lượng hệ nguồn lai pin mặt trời và máy phát điện sức gió .....	52
Hình 4.4 Sơ đồ nguyên lý bộ giảm áp Buck .....	54
Hình 4.5 Sơ đồ nguyên lý mạch Boost .....	55
Hình 4.6 Sơ đồ nguyên lý mạch Buck - Boost .....	56
Hình 4.7 Sơ đồ nguyên lý bộ biến đổi Curk .....	56
Hình 4.8 Sơ đồ mạch bộ Curk khi khoá SW mở thông dòng .....	57
Hình 4.10 Bộ chuyển đổi DC-DC có cách ly .....	59
Hình 4.11 Sơ đồ cấu trúc mạch vòng điều khiển điện áp .....	60
Hình 4.13 Mô hình máy phát điện kiểu DFIG .....	61
Hình 4.14 Hệ thống máy phát điện turbine gió .....	62
Hình 4.15 Các vùng làm việc của một turbine gió .....	63
Hình 4.16 Các phương pháp điều khiển DFIG .....	65
Hình 4.17 Biến đổi các hệ trục tọa độ .....	66
Hình 4.18 Sơ đồ khối điều khiển phía máy phát .....	70
Hình 4.19 Cấu trúc điều khiển kinh điển phía máy phát .....	71

Hình 4.20 Mạch điện phía lưới a) và mô hình phía lưới b).....	75
Hình 4.21 Cấu trúc mô phỏng hoạt động chính của hệ thống .....	78
Hình 4.22 Mô phỏng tốc độ rotor thay đổi theo tốc độ gió .....	79
Hình 4.23 Mô phỏng điện áp 3 pha stator của DFIG .....	79
Hình 4.24 Mô phỏng dòng stator có giá trị biên độ thay đổi.....	80
Hình 4.25 Mô phỏng dòng stator có tần số không đổi và biên dạng luôn sin (trích trong khoảng thời gian từ 4,0s đến 4,2s.....	80
Hình 4.26 Mô phỏng dòng điện rotor phát lên lưới qua Inverter 1 .....	80
Hình 4.27a Mô phỏng dòng điện trao đổi giữa lưới và Inverter 1.....	81
Hình 4.7b Mô phỏng dòng và áp 3 pha giữa Converter 1 với lưới để thấy rõ sự đổi chiều dòng điện tại 3,3s.....	81
Hình 4.29 Mô phỏng dòng Converter 2 đưa vào mạch kích từ rotor tại các thời điểm tốc độ rotor thay đổi qua điểm đồng bộ.....	82
Hình 4.30 Mô phỏng dòng một chiều giữa Inverter 2 và ắc quy.....	82
Hình 4.31 Mô phỏng điện áp một chiều đo trên ắc quy .....	83
Hình 4.32 Mô phỏng dung lượng đo trên ắc quy thay đổi theo chế độ tích phóng năng lượng trao đổi với mạch rotor của DFIG .....	83
Hình 4.32a Khi $V_{dc}=1$ (pu), dòng điện qua Converter 1 phát vào lưới không có đổi chiều ...	84
Hình 4.32b Khi tăng $V_{dc}=1,1$ (pu), dòng điện qua Converter 1 phát vào lưới tăng lên .....	84